



الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

كـــود الطـرق السعودي

٢٠٢٣
الإصدار الأول

نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق وإدارتها
كود الطرق السعودي ٥٠١ - نظم إدارة صيانة الرصف

رؤيـــة VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA


كـــود الطـرق السعـودي
SAUDI HIGHWAY CODE

القائمة الرئيسة لكود الطرق السعودي			
م	المحور	الكود	العنوان
١	مقدمة	كود الطرق السعودي ١٠١	عام
٢	التخطيط والدراسات الأولية	كود الطرق السعودي ٢٠١	عملية التخطيط
٣		كود الطرق السعودي ٢٠٢	الأعمال المساحية ورسم الخرائط
٤		كود الطرق السعودي ٢٠٣	الدراسات الأولية
٥	تصميم الطرق والجسور والأنفاق	كود الطرق السعودي ٣٠١	التصميم الهندسي للطرق
٦		كود الطرق السعودي ٣٠٢	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - الهيدرولوجيا والتصميم الهيدروليكي
٧		كود الطرق السعودي ٣٠٣	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - مناطق الاستراحة، ومحطات فحص الشاحنات، ومواقف السيارات والمرائب
٨		كود الطرق السعودي ٣٠٤	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم أنظمة السلامة الخاملة
٩		كود الطرق السعودي ٣٠٥	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - تصميم منطقة أعمال الطرق
١٠		كود الطرق السعودي ٣٠٦	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - المنافع العامة، وإنارة الطرق والشوارع، وأجهزة التحكم والمراقبة
١١		كود الطرق السعودي ٣٠٧	تصميم مرافق الطرق ومنافعها - زراعة المسطحات الخضراء، والإعلانات الخارجية
١٢		كود الطرق السعودي ٣٠٨	تصميم الرصف
١٣		كود الطرق السعودي ٣٠٩	مواصفات المواد والاختبارات القياسية
١٤		كود الطرق السعودي ٣١٠	تصميم الجسور والأنفاق
١٥	إنشاء الطرق والجسور والأنفاق	كود الطرق السعودي ٤٠١	إنشاء الطرق
١٦		كود الطرق السعودي ٤٠٢	إنشاء الجسور والانفاق
١٧		كود الطرق السعودي ٤٠٣	إنشاء مرافق الطرق
١٨	نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق وإدارتها	كود الطرق السعودي ٥٠١	نظم إدارة صيانة الرصف
١٩		كود الطرق السعودي ٥٠٢	نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها
٢٠		كود الطرق السعودي ٥٠٣	نظم صيانة مرافق الطرق وإدارتها
٢١	هندسة المرور و سلامة الطرق	كود الطرق السعودي ٦٠١	هندسة المرور
٢٢		كود الطرق السعودي ٦٠٢	الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري
٢٣		كود الطرق السعودي ٦٠٣	سلامة الطرق
٢٤	الجوانب البيئية للطرق	كود الطرق السعودي ٧٠١	الجوانب البيئية للطرق
٢٥	متطلبات المركبات ذاتية القيادة	كود الطرق السعودي ٨٠١	متطلبات المركبات ذاتية القيادة

الهيئة العامة للطرق
المملكة العربية السعودية، الرياض، وادي الحياة، حي المروج-١٢٢٦٤
٠١١٨٧٤٤٤٤٤ هاتف محلي/ ٩٦٦٠١١٨٧٤٤٤٤٤+ خارج المملكة العربية السعودية

© جميع الحقوق محفوظة للهيئة العامة للطرق ١٤٤٥هـ | ٢٠٢٣م

الهيئة العامة للطرق
Roads General Authority

وزارة النقل والخدمات اللوجستية
Ministry of Transport and Logistic Services

وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان
Ministry of Municipal Rural Affairs & Housing

SASO
المواصفات السعودية
Saudi Standards

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

EXPRO
هيئة كفاءة الإنفاق والمشروعات الحكومية
Expenditure & Projects Efficiency Authority

المملكة العربية السعودية
الهيئة الملكية للجبيل وينبع
Royal Commission for Jubail and Yanbu
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

اللجنة الوزارية للسلامة المرورية
الأمانة العامة
The Ministerial Committee of Traffic Safety
General Secretariat

المركز الوطني لسلامة الطرق
National Road Safety Center

مركز دعم هيئات التطوير
DEVELOPMENT AUTHORITIES SUPPORT CENTER

أرامكو
aramco

اللجنة التوجيهية

معالي م. بدر بن عبدالله الدلامي **رئيس اللجنة**		
أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**	م. عبدالله بن عبدالرحمن الربيعة **عضو**	م. بدر بن علي الحقباني **عضو**
م. رامي بن إسماعيل جلي **عضو**	م. علي بن سعيد الغامدي **عضو**	أ. طامس بن علي الحمادي **عضو**
م. خالد بن وليد الرشيد **عضو**	م. عبدالله بن محمود كاشغري **عضو**	م. أجدل بن محمد السلمي **عضو**
م. عمر بن عبدالرحمن الضبعان **عضو**	د. خالد بن يحيى القحطاني **عضو**	م. هذلول بن حسين الهذلول **عضو**
م. عبدالله بن سليمان السليمان **عضو**	م. طارق بن زياد الشامي **عضو**	م. سالم بن جبران القحطاني **عضو**
م. نواف بن أحمد الظبياني **سكرتارية اللجنة**	م. مياسم بنت مبارك باجويبر **سكرتارية اللجنة**	

مدير عام مشروع كود الطرق السعودي

أ.د. علي بن سعيد الغامدي

اللجنة المشرفة

أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**		
أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **المدير الفني العام**	م. تركي بن عبدالله العمودي **المدير الفني**	
م. عبدالعزيز بن علي السحيباني **المدير الإداري**	م. محمد بن فايز المنيع **عضو**	

الفريق الفني

أ.د. علي بن سعيد الغامدي **مدير عام المشروع**	أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي **المدير الفني العام**	م. تركي بن عبدالله العمودي **المدير الفني**
م. عثمان بن مختار محمد **عضو**	م. مياسم بنت مبارك باجويبر **عضو**	م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي **عضو**
م. مشعل بن عبدالله باوزير **عضو**	م. إبراهيم بن حسين أبوحليقة **عضو**	م. فهد بن علي المحمود **عضو**
م. يوسف بن عبدالعزيز العمار **عضو**	م. عمر بن أسامة كبوش **عضو**	م. أوس بن عبدالمنعم بخاري **عضو**

الفريق الإداري

م. عبدالعزيز بن علي السحيباني **المدير الإداري**	م. نواف بن أحمد الظبياني **مدير التواصل**	أ. نجلاء بنت سعيد جراد **مشرف تطوير الموقع الإلكتروني**
م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي **مشرف الترجمة**	أ. موضي بنت ابراهيم الربيشى **عضو**	أ. شوق بنت خالد الخريجي **عضو**
أ. نادر بن فياض الشراري **عضو**	أ. عبدالله بن محمد العمري **عضو**	م. عبدالله بن عبدالرحمن الملاحي **عضو**

الفريق القانوني

أ. نجود بنت عبداللطيف بدران **عضو**	أ. أحمد بن مصلح الثقفي **عضو**

اللجنة الفنية (كود الطرق السعودي ٥٠١)

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي	أ.د. عبدالله بن إبراهيم المنصور	أ.د. حمد بن إبراهيم العبدالوهاب
رئيس	عضو	عضو

فريق تدقيق الترجمة الفني

أ.د. سعد بن عبدالرحمن القاضي	م. تركي بن عبدالله العمودي	م. فيصل بن عبدالرحيم العنزي
رئيس	عضو	عضو
م. مشعل بن عبدالله باوزير	م. عثمان بن مختار محمد	م. مياسم بنت مبارك باجويبر
عضو	عضو	عضو
م. عبدالله بن عبدالعزيز بخش	م. عبدالعزيز بن عبدالله العسكر	م. إبراهيم بن حسين أبوحليقة
عضو	عضو	عضو

فريق تدقيق الترجمة اللغوي

د. هيفاء بنت محمد الفريح	د. فاطمة بنت علي الألمعي	د. نورة بنت عبدالعزيز الشعلان
رئيس	عضو	عضو
أ.د. زاهية بنت سالم جويرو	أ. نوف بنت عيسى المالكي	
عضو	عضو	

جدول المحتويات

جدول المحتويات ..... أ
قائمة الأشكال ..... ز
قائمة الجداول ..... ك
١- مقدمة ١
١-١ ملخص الأبواب ١
١-٢ النطاق ١
١-٣ المواصفات والأكواد المرجعية ١
٢- نظام إدارة صيانة الرصف ٣
٢-١ المقدمة ٣
٢-٢ عناصر نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) ٤
٢-٣ عمليات نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) ٤
٢-٤ مستويات نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) ٥
٢-٥ نظم إدارة صيانة الرصف الخاصة بالمناطق الحضرية والريفية ٦
٢-٦ فوائد نظام إدارة صيانة الرصف ٦
٢-٧ المفاهيم الأساسية ٦
٣- النظام المرجعي الشبكي (NRS) ٨
٣-١ المقدمة ٨
٣-٢ المرجعية الخطية ٨
٣-٢-١ طريقة النقطة الكيلومترية ٨
٣-٢-٢ طريقة العلامة الكيلومترية ٩
٣-٢-٣ طريقة العلامة المرجعية ١٠
٣-٢-٤ طريقة النقاط المرجعية ١١
٣-٣ الإسناد المكاني ١٢
٣-٤ التصنيف الوظيفي للطرق ١٢
٣-٥ النظام المرجعي لنظام إدارة صيانة الرصف ١٦
٣-٥-١ القطاع العرضي ١٧
٣-٥-٢ اتجاه مسار الطريق ١٨
٣-٥-٣ تحديد النقاط المرجعية والمحطات ٢٠
٣-٥-٤ ترميز وتطبيقات النظام المرجعي الشبكي النموذجية ٢١
٤- بيانات قائمة جرد الطريق ٣١
٤-١ المقدمة ٣١
٤-٢ نطاق قائمة الجرد ٣١
٤-٣ تصنيف الطرق ٣١

٤-٤ طريقة الجرد ٣٢
٤-٥ أنواع بيانات الجرد ٣٣
٤-٥-١ تعريف المقطع ٣٣
٤-٥-٢ الجرد الهندسي (الجيومتري) ٣٣
٤-٥-٣ قائمة جرد الهيكل الإنشائي ٣٣
٤-٥-٤ بيانات التكاليف ٣٣
٤-٥-٥ بيانات الطقس وأنظمة صرف المياه ٣٣
٤-٥-٦ بيانات المرور ٣٣
٥- تقييم حالة الرصف ٣٥
٥-١ المقدمة ٣٥
٥-٢ تقييم حالة الرصف ٣٥
٥-٢-١ المقدمة ٣٥
٥-٢-٢ الفحص البصري ٣٦
٥-٢-٣ خشونة الرصف وجودة الركوب ٣٨
٥-٢-٤ التقييم الإنشائي ٣٩
٥-٢-٥ مقاومة الانزلاق ٤٠
٥-٢-٦ رادار الاختراق الأرضي (GPR) ٤١
٥-٢-٧ اختبار الجسّات (التثقيب) ٤٢
٥-٣ تقييم حالة الرصف المرن ٤٢
٥-٣-١ تقييم الحالة في المناطق الحضرية ٤٣
٥-٣-٢ تقييم الحالة في المناطق الريفية ٥٠
٥-٤ تقييم حالة الرصف الصلب ٥١
٥-٤-١ تقييم الحالة في المناطق الحضرية ٥٢
٥-٤-٢ تقييم الحالة في المناطق الريفية ٥٤
٥-٥ تقييم حالة الأسطح غير المُعبّدة ٥٤
٥-٥-١ الأسباب المحتملة لحدوث العيب ٥٥
٥-٥-٢ قيم مؤشر حالة الطرق غير المعبدة (URCI) ٥٦
٥-٦ نماذج التنبؤ بحالة الرصف ٥٦
٥-٦-١ العوامل التي تؤثر على التنبؤ بحالة الرصف ٥٧
٥-٦-٢ تقنيات توقع حالة الرصف ٥٧
٥-٦-٣ البيانات لنماذج أداء الرصف ٥٨
٥-٦-٤ المقياس المُجَمَّع لحالة الرصف ٥٨
٥-٦-٥ نُهج نمذجة الأداء ٦٠
٥-٧ تأثير الصيانة على حالة الرصف ٦٢
٥-٧-١ أنواع الصيانة ٦٢

٥-٧-٢ تأثير الصيانة الروتينية ٦٣
٥-٧-٣ تأثير الصيانة الدورية ٦٣
٥-٧-٤ تأثير صيانة تجديد الطبقة السطحية ٦٣
٥-٨ تقييم قياسات حالة الرصف ٦٣
٥-٨-١ تقييم نظام مستوى الشبكة ٦٣
٥-٨-٢ تقييم نظام مستوى المشروع ٦٥
٥-٩ نظام مياه الأمطار ٦٦
٥-١٠ التحكم بالمزروعات على الطرق ٦٦
٥-١٠-١ الآثار الإيجابية ٦٦
٥-١٠-٢ الآثار السلبية ٦٦
٥-١١ التحكم بالجودة وضمان الجودة ٦٦
٥-١١-١ التحكم بالجودة ٦٦
٥-١١-٢ ضمان الجودة ٦٧
٦- قرار الصيانة ٦٨
٦-١ المقدمة ٦٨
٦-٢ أنواع الصيانة ٦٨
٦-٣ عوامل اتخاذ قرار الصيانة ٧٠
٦-٣-١ تقييم احتياجات صيانة الرصف ٧٠
٦-٣-٢ إستراتيجيات الرصف ٧١
٦-٣-٣ عيوب الرصف المرن ٧٢
٦-٣-٤ عيوب الرصف الصلب ٧٣
٦-٣-٥ استخدام تقنيات الحفاظ على الرصف للحفاظ على أداءِ الرصف ٧٣
٦-٤ التقنيات المستخدمة في قرار الصيانة ٧٥
٦-٤-١ أشجار القرار ٧٥
٦-٥ تحديد فعاليّة-تكلفة معالجة الصيانة ٧٩
٦-٥-١ تقنيات تقييم فعاليّة-التكلفة ٧٩
٦-٦ نماذج أداء الصيانة ٧٩
٦-٦-١ نماذج العائلة ٨٠
٦-٦-٢ نماذج خاصة بالموقع ٨٠
٦-٧ عمر خدمة الصيانة ٨١
٧- أولويات الصيانة ٨٢
٧-١ المقدمة ٨٢
٧-٢ وظيفة برمجة الأولويات ٨٣
٧-٣ طرائق برمجة الأولويات ٨٤
٧-٣-١ طريقة الترتيب ٨٦

٧-٣-٢ طريقة تحديد الأولويات..... ٨٧
٧-٣-٣ طريقة تعظيم الاستفادة: ٨٩
٧-٣-٤ أسلوب برمجة الأولويات المستند إلى المعلمات..... ٩٢
٧-٤ برنامج تنفيذ الصيانة..... ٩٣
٨- دمج نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ٩٤
٨-١ المقدمة ٩٤
٨-٢ حافظ على سير العملية..... ٩٤
المراجـع..... ٩٥
الملحق أ: الرصف المرن ٩٧
أ-١ عيوب الرصف المرن ٩٧
أ-١-١ الشقوق التمساحية (الكلال). ٩٧
أ-١-٢ نزف (طفح)..... ٩٧
أ-١-٣ الشقوق الشبكية ٩٨
أ-١-٤ التحدبات والتقعرات..... ٩٩
أ-١-٥ التموّجات ١٠٠
أ-١-٦ الهبوط ١٠١
أ-١-٧ تشققات الحواف..... ١٠١
أ-١-٨ تشققات الفواصل الانعكاسية، (من بلاطات خرسانة الأسمنت البورتلاندي الطولية والعرضيّة). ١٠٢
أ-١-٩ هبوط الكتف/المسار..... ١٠٣
أ-١-١٠ تشققات طولية وعرضية؛ (تشققات الفواصل الانعكاسية في غير بلاطات خرسانة الأسمنت البورتلاندي). ١٠٤
أ-١-١١ رقع حفريات المنافع العامة. ١٠٥
أ-١-١٢ الركام المصقول. ١٠٦
أ-١-١٣ الحُفر. ١٠٧
أ-١-١٤ تقاطع السكة الحديدية (مزلقان). ١٠٨
أ-١-١٥ التخدد. ١٠٨
أ-١-١٦ الزحف. ١٠٩
أ-١-١٧ تشققات انزلاقية. ١١٠
أ-١-١٨ الانتفاخ ١١٠
أ-١-١٩ التآكل (تآكل السطح) الأسفلت المكوّن من خليط كثيف. ١١١
أ-١-٢٠ التطاير. ١١٢
أ-٢ حساب مؤشر حالة الرصف للرصف الأسفلتي..... ١١٢
أ-٣ حساب مؤشر العيوب الحضرية (UDI) للرصف المرن..... ١٢٤
الملحق ب: الرصف الصلب ١٢٨
ب-١ عيوب الرصف الصلب..... ١٢٨
ب-١-١ تفجر/التواء ١٢٨

ب-١-٢ انكسار ركن. ١٢٨
ب-١-٣ البلاطات المُقسمة. ١٢٩
ب-١-٤ شقوق المتانة. ١٣٠
ب-١-٥ التصدع. ١٣١
ب-١-٦ تلف عازل الفواصل. ١٣٢
ب-١-٧ هبوط الكتف/المسار. ١٣٣
ب-١-٨ التشققات الخطية (الشقوق الطولية والعرضية والقُطرية). ١٣٤
ب-١-٩ الترقيع، كبير (أكبر من ٠,٥ م٢ (٥,٥ قدم٢))، وحفر المنافع. ١٣٥
ب-١-١٠ الترقيع، صغير (أقل من ٠,٥ م٢ (٥,٥ قدم٢)). ١٣٥
ب-١-١١ الركام المصقول. ١٣٦
ب-١-١٢ الانتفاخات. ١٣٦
ب-١-١٣ النضح. ١٣٧
ب-١-١٤ الثقب. ١٣٨
ب-١-١٥ تقاطع سكة الحديد/مزلقان. ١٣٩
ب-١-١٦ التقشّر، والشق الخريطي، والتجزُّع. ١٣٩
ب-١-١٧ الشقوق الانكماشيّة. ١٤٠
ب-١-١٨ تشظّي الركن. ١٤١
ب-١-١٩ تشظي الفواصل. ١٤٢
ب-٢ حساب مؤشر حالة الرصف (PCI) للرصف الصلب ١٤٣
الملحق ج: طريق غير معبد ١٥٣
ج-١ عيوب الطرق غير المعبدة ١٥٣
ج-١-١ قطاع عرضي غير ملائم. ١٥٣
ج-١-٢ صرف المياه غير الكافي على جانب الطرق. ١٥٤
ج-١-٣ التموجات. ١٥٥
ج-١-٤ الغبار. ١٥٦
ج-١-٥ الحُفر. ١٥٦
ج-١-٦ الأخاديد. ١٥٨
ج-١-٧ الركام السائب. ١٥٩
ج-٢ حساب مؤشر الحالة للطرق غير المعبدة ١٦٠
الملحق د. دمج نظام إدارة صيانة الرصف مع تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ١٦٨
د-١ دور نظم المعلومات الجغرافية ١٦٨
د-٢ حالة طبقات الرصف ١٧٠
د-٢-١ تكامل حالة الرصف مع برنامج (ARC/INFO) ١٧١
د-٢-٢ تكامل حالة الرصف مع برنامج (ArcCAD) ١٧١
د-٣ طبقات الصيانة ١٧١

د-٤ الصيانة المنفذة ١٧٢
د-٥ حافظ على العملية الحالية ١٧٥
الملحق هـ. مسرد المصطلحات ١٧٦
الملحق و. الاختصارات والرموز ١٨٦
الملحق ز. الوحدات ١٨٩

قائمة الأشكال

الشكل (٢–١) نظام إدارة الطرق (HMS) بما في ذلك نظام إدارة الرصف (PMS) ونظام إدارة الصيانة (MMS) ونظام إدارة صيانة الرصف (PMMS). ٣

الشكل (٢–٢) عناصر نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS). ٤

الشكل (٢–٣) عمليات نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS). ٥

الشكل (٢–٤) التطبيقات على مستوى الشبكة وعلى مستوى المشروع في نظام إدارة صيانة الرصف. ٦

الشكل (٣–١) طريقة النقطة الكيلومترية (Bennett et al., 2005). ٩

الشكل (٣–٢) طريقة العلامة الكيلومترية (Bennett et al., 2005). ١٠

الشكل (٣–٣) طريقة وضع العلامات المرجعية (Bennett et al., 2005). ١١

الشكل (٣–٤) طريقة النقاط المرجعية (Bennett et al., 2005). ١٢

الشكل (٣–٥) التصنيف الوظيفي للطرق والشوارع في المملكة العربية السعودية. ١٣

الشكل (٣–٦) جزء من شبكة طرق حضرية تُظهر التسلسل الهرمي للطرق الحضرية. ١٤

الشكل (٣–٧) النظام المرجعي الشبكي. ١٧

الشكل (٣–٨) الرموز المرجعية لموضع قطاع عرضي نمطي – طريق حضري مزدوج. ١٨

الشكل (٣–٩) الرموز المرجعية لموضع قطاع عرضي نمطي – طريق ريفي مزدوج. ١٨

الشكل (٣–١٠) الاتجاه التصاعدي للطرق في المملكة العربية السعودية. ٢٠

الشكل (٣–١١) الخيار الثاني لنظام الترميز (Dammam Municipality, 1417). ٢٤

الشكل (٣–١٢) تحديد الشارع الرئيس في المناطق الحضرية (Dammam Municipality, 1417). ٢٤

الشكل (٣–١٣) تمييز الشوارع الثانوية في المناطق الحضرية. ٢٥

الشكل (٣–١٤) الخيار الثالث لنظام الترميز الحضري. ٢٦

الشكل (٣–١٥) مثال على طريقة ترميز الطريق في الخيار الثالث (Dammam Municipality, 1417). ٢٨

الشكل (٣–١٦) مثال على ترميز الطريق الرئيس (Dammam Municipality, 1417). ٢٩

الشكل (٣–١٧) مثال على ترميز التقاطعات (Dammam Municipality, 1417). ٢٩

الشكل (٣–١٨) مثال على ترميز دوار (Dammam Municipality, 1417). ٣٠

الشكل (٣–١٩) مثال على ترميز طريق محلي. ٣٠

الشكل (٤–١) نموذج لبيانات الجرد الهندسي (الجيومتري) لطريق ريفي. ٣٢

الشكل (٤–٢) أنواع بيانات الجرد المطلوبة لنظام إدارة صيانة الرصف. ٣٤

الشكل (٥–١) طرق تقييم حالة الرصف. ٣٥

الشكل (٥–٢) مركبة المسح المؤتمت (نظام قياس الشقوق بالليزر). ٣٦

الشكل (٥–٣) المدى القياسي لتصنيف مؤشر حالة الرصف (PCI). ٣٧

الشكل (٥–٤) جهاز قياس خشونة الرصف (القطاع الطولي للطريق). ٣٩

الشكل (٥–٥) التكوين النمطي لمركبة مؤشر الخشونة الدولي (IRI). ٣٩

الشكل (٥–٦) معدة مقياس انحراف الثقل الساقط (FWD). ٤٠

الشكل (٥–٧) معدة مقاومة الانزلاق. ٤١

الشكل (٥–٨) معدة رادار الاختراق الأرضي. ٤٢

الشكل (٥–٩) مدى قيم مؤشر الخشونة الدولي النموذجية. ٤٥
الشكل (٥–١٠) اختبار جهاز مقياس انحراف الثقل ومخطط انحراف السطح المقابل. ٤٧
الشكل (٥–١١) نظام مقياس انحراف سرعة المرور النموذجي. ٤٨
الشكل (٥–١٢) إعدادات قياس رادار الاختراق الأرضي. ٤٩
الشكل (٥–١٣) انحراف الثقل الساقط في الرصف الصلب. ٥٣
الشكل (٥–١٤) تأثير الصيانة المتوقع على حالة الرصف. ٦٢
الشكل (٦–١) العلاقة بين حالة الرصف والفئات المختلفة من معالجة الرصف (AASHTO, 2012). ٦٩
الشكل (٦–٢) تأثير إجراء معالجات الصيانة الوقائية المتتالية (AASHTO, 2012). ٧٢
الشكل (٦–٣) الوقت المناسب لأنشطة الرصف (الصيانة وإعادة التأهيل) قبل الإصلاح الشامل. ٧٢
الشكل (٦–٤) شجرة القرار بناءً على مؤشر حالة الرصف (AASHTO , 2012). ٧٥
الشكل (٦–٥) شجرة قرار بناءً على مؤشر (IRI)، نسبة الشقوق والحفر (Republic of Tajikistan, Ministry of Transport, 2016). ٧٧
الشكل (٦–٦) شجرة قرار بناءً على مؤشر (UDI) و (IRI) و (SN) (Riyadh Municipality, 1417AH). ٧٨
الشكل (٦–٧) شجرة اتخاذ قرار الصيانة للطرق ذات المستوى العالي (Al-Mansour, 2014). ٧٨
الشكل (٧–١) الخطوات الرئيسة في برمجة الأولويات (Haas et al.,1994). ٨٢
الشكل (٧–٢) تطوير البرنامج باستخدام التحليل لسنة واحدة (AASHTO, 2012). ٨٥
الشكل (٧–٣) تطوير البرنامج باستخدام التحليل متعدد السنوات (AASHTO, 2012). ٨٥
الشكل (٧–٤) رسم توضيحي لحساب الفوائد باستخدام زيادة أداء الرصف. ٨٨
الشكل (أ–١) أمثلة على الشقوق التمساحية (الكلال)- مستويات الشدة المختلفة. ٩٧
الشكل (أ–٢) أمثلة على مستويات النزف - مستويات الشدة المختلفة. ٩٨
الشكل (أ–٣) وصف الشقوق الشبكية ٩٩
الشكل (أ–٤) أمثلة على الشقوق الشبكية- المستويات المختلفة للشدة. ٩٩
الشكل (أ–٥) أمثلة على التحدبات والتقعرات - المستويات المختلفة للشدة ١٠٠
الشكل (أ–٦) أمثلة على التموجات - المستويات المختلفة للشدة. ١٠١
الشكل (أ–٧) أمثلة على الهبوطات - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة. ١٠١
الشكل (أ–٨) أمثلة على تشققات الحواف - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة. ١٠٢
الشكل (أ–٩) أمثلة على تشققات الفواصل الانعكاسية (من بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي الطولية والعرضيّة) - المستويات المختلفة للشدة. ١٠٣
الشكل (أ–١٠) أمثلة على هبوط الكتف/ المسار - المستويات المختلفة الشدة. ١٠٤
الشكل (أ–١١) قياس تشقّقات طولية وعرضية (تشققات الفواصل الانعكاسية في غير بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي). ١٠٥
الشكل (أ–١٢) أمثلة على التشقّقات الطولية والعرضية (تشققات الفواصل الانعكاسية في غير بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي) - المستويات المختلفة للشدة. ١٠٥
الشكل (أ–١٣) أمثلة على رقع حفريات المنافع للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة. ١٠٦
الشكل (أ–١٤) الركام المصقول. ١٠٦
الشكل (أ–١٥) أمثلة على الحُفر - المستويات المختلفة للشدة. ١٠٨
الشكل (أ–١٦) أمثلة على تقاطعات السكك الحديد - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة. ١٠٨
الشكل (أ–١٧) أمثلة على التخدد -المستويات الثلاثة المختلفة للشدة. ١٠٩

الشكل (أ–١٨) الزحف - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة. ١١٠
الشكل (أ–١٩) أمثلة على التشققات الانزلاقية- المستويات المختلفة للشدة. ١١٠
الشكل (أ–٢٠) أمثلة على التآكل (تآكل السطح) - المستويات المختلفة للشدة. ١١١
الشكل (أ–٢١) أمثلة على التطاير - المستويات المختلفة للشدة. ١١٢
الشكل (أ–٢٢) اختيار الحد الادنى من لعدد وحدات العينة. ١١٧
الشكل (أ–٢٣) قيمة خصم التصحيح (CDV). ١١٧
الشكل (أ–٢٤) ورقة استبانة حالة الرصف الأسفلتي. ١١٨
الشكل (أ–٢٥) تعديل عدد قيم الخصم. ١١٨
الشكل (أ–٢٦) حساب قيمة PCI المصححة للرصف المرن. ١١٩
الشكل (أ–٢٧) أنواع العيوب وقيمة الخصم بناءً على نوع الأسفلت ١٢٤
الشكل (ب–١) أمثلة على التقجر/الالتواء - للمستويات المختلفة للشدة. ١٢٨
الشكل (ب–٢) أمثلة على انكسار الزاوية - للمستويات المختلفة للشدة. ١٢٩
الشكل (ب–٣) أمثلة على البلاطات - المُقسمة للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٠
الشكل (ب–٤) أمثلة على شقوق المتانة - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣١
الشكل (ب–٥) أمثلة على التصدع - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٢
الشكل (ب–٦) أمثلة على تلف عازل الفواصل - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٣
الشكل (ب–٧) أمثلة على هبوط الكتف/المسار - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٣
الشكل (ب–٨) أمثلة على التشققات الخطية - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٤
الشكل (ب–٩) أمثلة على الترقيع الكبير وحفر المنافع - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٥
الشكل (ب–١٠) أمثلة على الترقيع الصغير - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٦
الشكل (ب–١١) قياس الركام المصقول. ١٣٦
الشكل (ب–١٢) قياس الانتفاخات. ١٣٧
الشكل (ب–١٣) أمثلة على النضح ١٣٨
الشكل (ب–١٤) أمثلة على للثقوب الصغيرة- المستويات المختلفة الشدة. ١٣٩
الشكل (ب–١٥) أمثلة على تقاطع السكة الحديد - للمستويات المختلفة للشدة. ١٣٩
الشكل (ب–١٦) أمثلة على التقشّر والشق الخريطي والتجزُّع - للمستويات المختلفة للشدة. ١٤٠
الشكل (ب–١٧) أمثلة على الشقوق الانكماشيّة للمستويات المختلفة للشدة. ١٤١
الشكل (ب–١٨) أمثلة على تشظّي الركن - للمستويات المختلفة للشدة. ١٤٢
الشكل (ب–١٩) أمثلة على تشظّي الفواصل - للمستويات المختلفة للشدة. ١٤٣
الشكل (ب–٢٠) مثال على ورقة بيانات مسح حالة الرصف الصلب ذي الفواصل. ١٤٦
الشكل (ب–٢١) قيم الكشف المصححة للرصف الصلب. ١٤٧
الشكل (ب–٢٢) مثال على ورقة بيانات مسح حالة الرصف الصلب ذي الفواصل – حساب PCA. ١٤٨
الشكل (ب–٢٣) أنواع العيوب وقيمة الخصم بناءً على نوع الخرسانة. ١٥٢
الشكل (ج–١) المقطع العرضي غير المناسب. ١٥٣
الشكل (ج–٢) صرف المياه غير الملائم على جانب الطريق. ١٥٤
الشكل (ج–٣) التموجات. ١٥٥
الشكل (ج–٤) الغبار. ١٥٦

الشكل (ج–٥) الحفر. ١٥٨
الشكل (ج–٦) الأخاديد. ١٥٩
الشكل (ج–٧) الركام السائب. ١٦٠
الشكل (ج–٨) مثال على ورقة بيانات مسح عيوب الطرف غير المعبدة. ١٦١
الشكل (ج–٩) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- المقطع العرضي غير المناسب. ١٦٣
الشكل (ج–١٠) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الصرف غير الكافي على جانب الطريق. ١٦٣
الشكل (ج–١١) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- التموجات. ١٦٤
الشكل (ج–١٢) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الحُفر. ١٦٥
الشكل (ج–١٣) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الأخاديد. ١٦٦
الشكل (ج–١٤) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الركام السائب. ١٦٦
الشكل (ج–١٥) قيمة الخصم الإجمالي ومؤشر حالة الطريق غير المرصوف (URCI). ١٦٧
الشكل (د–١) ترميز مقياس تصنيف مؤشر حالة الرصف لخريطة المخرجات في نظام المعلومات الجغرافية. ١٧٠
الشكل (د–٢) مثال على درجة حالة الرصف (PCR) ومؤشر الخشونة الدولي (IRI) في نظام المعلومات الجغرافية (Al-Mansour, 2014). ١٧١
الشكل (د–٣) مثال لقرار طبقة (Al-Mansour, 2014). ١٧٢
الشكل (د–٤) التسلسل الزمني لخطوات التنفيذ. ١٧٣
الشكل (د–٥) يُظهر مثالًا لمؤشر حالة الرصف مقابل مخطط مبعثر للعمر. ١٧٤

قائمة الجداول

الجدول (١–١) مسميات وعناوين مواصفات (AASHTO) و (ASTM) المتعلقة بإجراءات نظام إدارة الرصف وخصائص المواد واختبارها. ٢
الجدول (٣–١) ملخص الأصناف الوظيفية في المناطق الريفية. ١٥
الجدول (٣–٢) ملخص الأصناف الوظيفية في المناطق الحضرية. ١٦
الجدول (٣–٣) رموز الأصول لمقطع الطريق. ١٧
الجدول (٣–٤) قرار الاتجاه التصاعدي بناءً على اتجاه الطريق. ١٩
الجدول (٣–٥) رموز وأرقام مناطق الطرق. ١٩
الجدول (٣–٦) رموز المناطق الإدارية في المناطق الحضرية. ٢٥
الجدول (٣–٧) وصف السمات وأرقام ترميزها. ٢٦
الجدول (٥–١) الاختلاف بين المسح المؤتمت والمسح اليدوي. ٣٨
الجدول (٥–٢) معالجة العيوب باستخدام نظام قياس الشقوق بالليزر. ٤٣
الجدول (٥–٣) تكرار عملية مسح قياس الشقوق بالليزر في المناطق الحضرية. ٤٤
الجدول (٥–٤) نوع العيب في الرصف المرن. ٤٤
الجدول (٥–٥) تكرار مسح تقييم الفحص البصري. ٤٥
الجدول (٥–٦) التكرار المقترح لقياسات مؤشر الخشونة الدولي. ٤٦
الجدول (٥–٧) أنواع أجهزة مقاومة الانزلاق. ٤٦
الجدول (٥–٨) تكرار مسح مقاومة الانزلاق. ٤٧
الجدول (٥–٩) مواقع اختبار مقياس انحراف الثقل الساقط الموصى بها (رصف مرن). ٤٨
الجدول (٥–١٠) تكرار مسح مقياس انحراف الثقل الساقط. ٤٩
الجدول (٥–١١) تكرار عملية مسح قياس الشقوق بالليزر في المناطق الريفية. ٥٠
الجدول (٥–١٢) تكرار مسح تقييم الفحص البصري في المناطق الريفية. ٥٠
الجدول (٥–١٣) التكرار المقترح لقياسات مؤشر الخشونة الدولي. ٥١
الجدول (٥–١٤) تكرار مسح مقاومة الانزلاق في المناطق الريفية. ٥١
الجدول (٥–١٥) تكرار عملية مسح قياس الشقوق بالليزر في المناطق الريفية. ٥١
الجدول (٥–١٦) نوع العيب في الرصف الصلب. ٥٢
الجدول (٥–١٧) مواقع اختبار مقياس انحراف الثقل الساقط الموصى بها (رصف صلب). ٥٣
الجدول (٥–١٨) عيوب الطرق غير المُعبّدة أو الطرق ذات الأسطح الركامية. ٥٥
الجدول (٥–١٩) العيوب في الطرق غير المعبدة وأسباب حدوثها. ٥٥
الجدول (٥–٢٠) قيمة مؤشر حالة الطرق غير المعبدة (URCI) وتقييمها. ٥٦
الجدول (٥–٢١) مؤشرات حالة الرصف. ٥٩
الجدول (٥–٢٢) فئات مؤشر جودة الركوب (RQI) ومداها. ٦٠
الجدول (٥–٢٣) مزايا المتغير المتنبأ به وعيوبه. ٦١
الجدول (٦–١) تصنيف أنشطة الرصف حسب الغرض. ٧٠
الجدول (٦–٢) مشكلات الرصف التي تُمنع أو تُبطأ باستخدام الحفاظ على الرصف. ٧٤
الجدول (٦–٣) مشكلات الرصف التي تُصحح باستخدام الحفاظ على الرصف. ٧٤

الجدول (٦–٤) مؤشرات على فوات الأوان لاستخدام تقنية الحفاظ على الرصف..... ٧٥
الجدول (٦–٥) ترتيب الحفر القياسي لشجرة قرار مؤشر الخشونة الدولي (IRI)..... ٧٦
الجدول (٦–٦) معدل الشقوق القياسي لشجرة قرار مؤشر الخشونة الدولي (IRI)..... ٧٦
الجدول (٦–٧) طرق تحليل فعاليّة-التكلفة الشائعة..... ٧٩
الجدول (٦–٨) العمر المتوقع لمعالجات الصيانة النموذجية..... ٨١
الجدول (٧–١) مقارنة طرق ترتيب الأولويات..... ٨٦
الجدول (٧–٢) مثال على مصفوفة احتمالية الانتقال..... ٩٠
الجدول (٧–٣) عامل المرور..... ٩٠
الجدول (٧–٤) عامل سجل الصيانة..... ٩١
الجدول (٧–٥) عامل فعاليّة-التكلفة..... ٩١
الجدول (أ–١) مستويات الشدة في الحفرة..... ١٠٧
الجدول (أ–٢) مجموعة تصنيف العيوب..... ١٢٤
الجدول (أ–٣) قيم الكثافة المعدلة (’Di)..... ١٢٥
الجدول (أ–٤) استخلاص قيم عيوب الرصف في UDI..... ١٢٦
الجدول (أ–٥) أمثلة على حساب UDI..... ١٢٧
الجدول (ب–١) مستويات الشدة للبلاطات المقسمة..... ١٣٠
الجدول (ب–٢) مستويات شدة التصدع..... ١٣١
الجدول (ب–٣) مستويات الشدة للثقوب..... ١٣٨
الجدول (ب–٤) مستويات شدة تشظي الزاوية..... ١٤١
الجدول (ب–٥) مستويات شدة تشظي الفاصل..... ١٤٢
الجدول (ج–١) مستوى الشدّة في الحفرة..... ١٥٧
الجدول (ج–٢) قيم الخصم للغبار..... ١٦٤

١- مقدمة:

١-١ ملخص الأبواب:

ينقسم مجلد كود الطرق السعودي ٥٠١ (نظم إدارة صيانة الرصف) إلى ثمانية أبواب. وفيما يلي عرض موجز لتلك الأبواب:

الباب (١). المقدمة – يعرض هذا الباب نطاق هذا الجزء من الكود ومواصفاته وأكواده المرجعية.

الباب (٢). نظام إدارة صيانة الرصف - يقدم هذا الباب نظرة عامة على نظام إدارة الرصف (PMS)، ونظام إدارة صيانة الرصف (PMMS)، ويشرح عناصر نظام إدارة صيانة الرصف ومكوناته ومستوياته ومزاياه، ويشمل الأنظمة الخاصة بالمناطق الحضرية والريفية.

الباب (٣). النظام المرجعي الشبكي - يقدّم هذا الباب جميع المعلومات الفنية اللازمة للأنظمة المرجعية الشبكية (NRS)، وأنواع الأنظمة المرجعية الخطية للمراجع الشبكية والمكانية. ويشمل -أيضًا- التصنيف الوظيفي للطرق الحضرية والريفية، والنظام المرجعي لنظام إدارة صيانة الرصف لكل من المناطق الحضرية والريفية.

الباب (٤). بيانات جرد الطرق – يقدم هذا الباب المعلمات والنطاقات العامة لبيانات جرد الطرق، وتصنيف الطرق لأغراض الجرد، وطريقة بيانات الجرد، وأنواع بيانات الجرد.

الباب (٥). تقييم حالة الرصف - يوفر هذا الباب جميع المعلومات الفنية اللازمة لتقييم حالة الرصف. ويشمل: أنواع التقييم الوظيفية والإنشائية لحالة الرصف؛ الفحص اليدوي والمؤتمت، وخشونة الرصف، ومقاومة الانزلاق، والقدرة الإنشائية، والرادار المخترق للأرض، واختبار الحفر. ويشمل أيضًا: تقييم حالة الرصف المرن، والرصف الصلب، والطرق غير المعبدة في المناطق الحضرية والريفية. كما يتضمن وصفًا لنماذج توقع حالة الرصف، وتأثير الصيانة عليها، وتقييم حالة الرصف على مستوى المشروع وعلى مستوى الشبكة، وأخيرًا يوفر مراقبة الجودة، وضمان تقييم حالة الرصف.

الباب (٦). قرار الصيانة - يقدم هذا الباب وصفًا لقرار الصيانة، وأنواع الصيانة، وتقييم احتياجات صيانة الرصف، واستراتيجيات صيانة الرصف، وتقنيات قرار الصيانة، ونماذج أداء الصيانة، وعمر خدمة الصيانة.

الباب (٧). أولويات الصيانة - يوفر هذا الباب جميع المعلومات الفنية اللازمة لأولوية الصيانة، ووظيفة البرمجة ذات الأولوية، وطرق البرمجة ذات الأولوية، وبرنامج تنفيذ الصيانة.

الباب (٨). دمج نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) مع نظام المعلومات الجغرافية (GIS) - يقدم هذا الباب (والملحق د) وصفًا لدمج نظام إدارة صيانة الرصف مع استخدام نظام المعلومات الجغرافية، وطبقات حالة الرصف، وطبقة الصيانة، والخرائط المُرمّزة بالألوان.

١-٢ النطاق:

يتمثل نطاق هذا المجلد في توفير إرشادات الكود ومواصفاته المتعلقة بتطوير نظام إدارة صيانة الرصف. وستأخذ الإرشادات في الاعتبار جميع أنواع الرصف: المرن، والصلب، والطرق غير المُعبّدة. وستميز بين الطرق الحضرية، والريفية. كما ستأخذ في الاعتبار أحدث التطورات والتقنيات (دوليًا وإقليميًا). وستستخدم -أيضًا- الأدلة، والمعدات، والممارسات المحلية في جهات الطرق المختلفة. لا يشمل نطاق هذا المجلد إدارة أصول الطرق، والجسور، والأنفاق، ومواصفات أنشطة صيانة رصف الطرق.

١-٣ المواصفات والأكواد المرجعية:

يجب أن تكون مواصفات وأكواد جميع المواد والإجراءات على النحو المحدد في هذه المواصفات، وفي وثائق العقد -إن وجدت- في إصدارها الأخير:

- مواصفات الاتحاد الأمريكي للمسؤولين الحكوميين عن الطرق والنقل (AASHTO) القياسية بشأن: مواد النقل، وطرق المُعاينة، والاختبار.
- الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM).

ترد في الجدول (١-١) مواصفات (AASHTO) و (ASTM) المنطبقة على كود الطرق السعودي ٥٠١ (هذا المجلد).

الجدول (١–١) مسميات وعناوين مواصفات (AASHTO) و (ASTM) المتعلقة بإجراءات نظام إدارة الرصف وخصائص المواد واختبارها.

AASTHO	ASTM	المسمى بالإنجليزية	ترجمة المسمى إلى العربية
T256		Standard Method of Test for Pavement Deflection Measurements	طريقة الاختبار القياسية لقياسات انحراف الرصف
	D5858	Standard Guide for Calculating in Situ Equivalent Elastic Moduli of Pavement Materials Using Layered Elastic Theory	الدليل القياسي لحساب معامل المرونة المكافئ في الموقع لمواد الرصف باستخدام نظرية الطبقات المرنة
	D6433	Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys	الممارسة القياسية لمسوحات مؤشر حالة الرصف للطرق وساحات مواقف السيارات

٢- نظام إدارة صيانة الرصف:

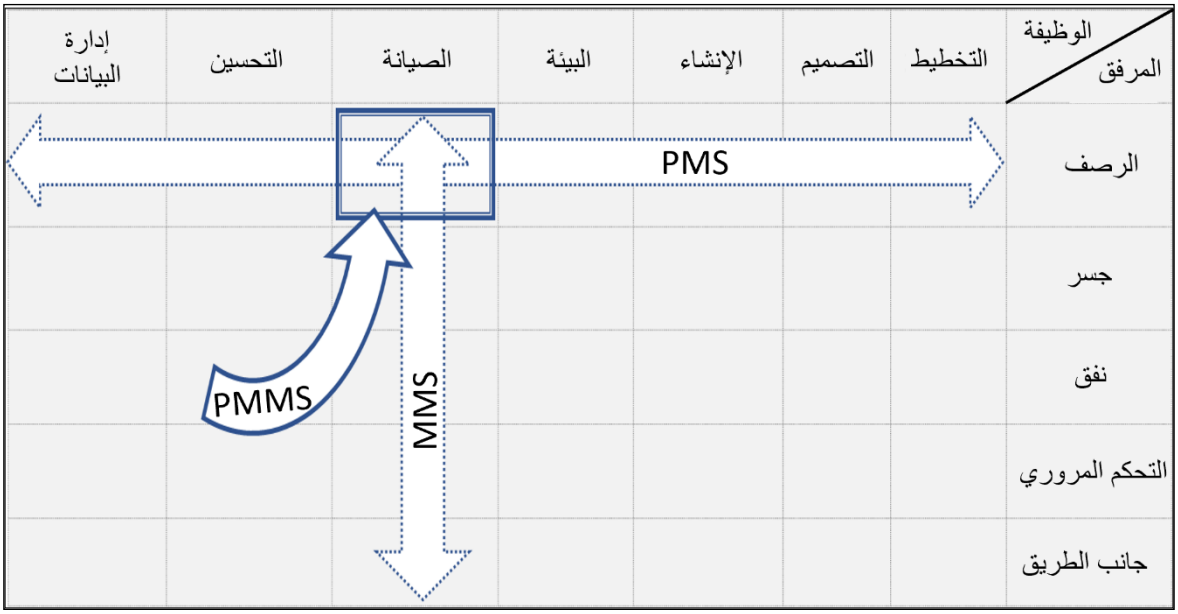
٢-١ المقدمة:

شهدت شبكة الطرق في المملكة العربية السعودية نموًا سريعًا -للغاية- في العقود القليلة الماضية. وكان تطوير شبكة الطرق وتحقيق أعلى المواصفات؛ أحد الأهداف الرئيسة لمسؤولي الطرق. وكان التحدي الرئيس في هذا الوقت؛ هو: الحفاظ على الشبكة التي تخدم العموم بمواصفات أداء آمنة ومقبولة. ويحتوي نظام إدارة الطرق (HMS) على مجموعة متنوعة من المكونات التي تدير المرافق؛ مثل: الرصف، وأرصفة المشاة، والجسور، والأنفاق، والتحكم المروري، مع العديد من الوظائف؛ مثل: التخطيط، والتصميم، والإنشاء، والصيانة، والتقييم، وإدارة البيانات. تُعرّف (AASHTO) إدارة الرصف بأنها: "...التوجيه الفعال والكفؤ للأنشطة المختلفة، التي ينطوي عليها توفير رصف في حالة مقبولة، لعموم المتنقلين، بأقل تكلفة لدورة الحياة، والحفاظ عليها (AASHTO, 1985). يتضمن نظام إدارة الرصف (PMS): إدارة جميع الأنشطة المتعلقة بشبكة الرصف. ويتطلب نظام إدارة الرصف الموثوق به نهجًا منظمًا ومنهجيًا للجهات المسؤولة؛ لإجراء أنشطة إدارة الرصف. ويهدف النظام إلى إدارة أنشطة الصيانة ضمن الموارد المتاحة، وزيادة فعاليّة الصيانة؛ من خلال اتباع أساليب وإجراءات منهجية للحصول على البيانات، وتسجيلها، وتقييمها.

يشتمل نظام إدارة الرصف (PMS) على العديد من العمليات الوظيفية على الرصف؛ بما في ذلك صيانتها، بينما يدير نظام إدارة الصيانة (MMS): صيانة جميع جوانب مرافق الطرق، بما في ذلك الرصف؛ لذلك يحتوي كل من نظام إدارة الرصف (PMS) ونظام إدارة الصيانة (MMS) على نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS)، وهو مصطلح يستخدم -غالبًا- في المنشورات العلمية بوصفه مكونًا للنظام.

يهدف هذا المجلد إلى وصف إطار عمل نظام إدارة صيانة الرصف وإعداده؛ لاستخدامه كمرجع في كود الطرق السعودي. يُعدّ نظام إدارة صيانة الرصف طريقة علمية منهجية تهدف إلى استغلال الموارد المتاحة، والاستفادة منها إلى أقصى حد، وتقليل تكاليف أعمال الصيانة؛ من خلال اعتماد طرق منهجية لجمع البيانات والمعلومات، وحفظها، وتحديد حالة الطريق، وتحديد برامج الصيانة المطلوبة، وتحديد تكاليفها، وتحديد أولويات أعمال الصيانة، ووضع الخطط والبرامج. لا توجد مواصفات ثابتة وموحدة لنظم إدارة الرصف. ولكن هناك عناصر أساسية تشكِّل نظم إدارة صيانة الرصف. ومن ثم يتعين على كل جهة طرق إعداد نظامها بما يتماشى مع خصائص شبكة الطرق، والموارد المتاحة.

الشكل (٢-١) يوضِّح الاختلافات، والعلاقة بين أنظمة الإدارة الثلاث لصيانة الطرق. سيساعد هذا المجلد في إعداد نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) فقط.



الشكل (٢–١) نظام إدارة الطرق (HMS) بما في ذلك نظام إدارة الرصف (PMS) ونظام إدارة الصيانة (MMS) ونظام إدارة صيانة الرصف (PMMS).

٢-٢ عناصر نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS):

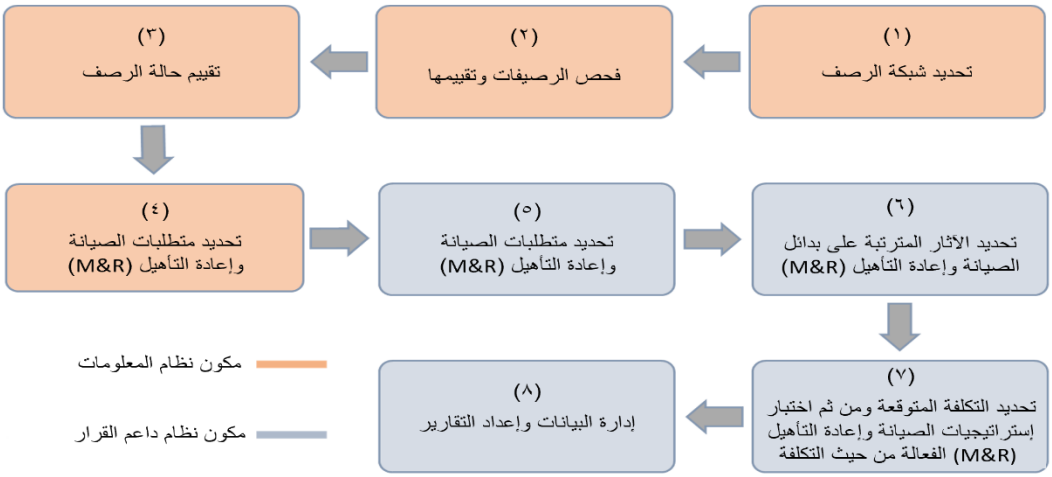
نظام إدارة صيانة الرصف؛ هو: مجموعة من الأدوات أو الطرائق، التي تساعد صانعي القرار في إيجاد الاستراتيجيات المثلى؛ لتوفير رصف في حالة صالحة للخدمة، وصيانته خلال فترة معينة. وتشمل العناصر المشتركة لأي نظام إدارة صيانة الرصف ما يلي: تحديد شبكة الطرق، وتقسيمها إلى مقاطع يمكن التحكم فيها، إنشاء جرد لكل مقطع، تجميع حالة الرصف، تحديد نشاط الصيانة، إعداد طريقة لتحديد أولويات المقاطع، توثيق النتائج، وإعداد تقارير عنها. يتطلب تنفيذ هذه العناصر مجموعة من العمليات والإجراءات. تُطبق هذه العمليات والإجراءات على مقاطع من شبكة الطرق؛ سواء في المناطق الحضرية، أو الريفية. وستُناقش هذه العناصر في الأبواب التالية من هذا المجلد. الشكل (٢-٢) يعرض العناصر الرئيسة لنظام إدارة صيانة الرصف.

٢-٣ عمليات نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS):

تتكون عمليات إدارة صيانة الرصف بشكل رئيس من مكونين رئيسين؛ الأول: هو نظام معلومات، وهو المجموعة الفنية للمكونات المترابطة التي تجمع (أو تسترجع) المعلومات، وتعالجها، وتخزنها، وتوزعها؛ لدعم صنع القرار والتحكم داخل الجهة المسؤولة؛ لتحليل المواقف المعقدة وتصورها. والثاني: هو نظام دعم القرار؛ لمعالجة هذه البيانات، وتحليلها؛ لمساعدة صانع القرار على اتخاذ قرارات مستنيرة فيما يتعلق بصيانة الرصف على مستويي الشبكة والمشروع. الشكل (٢-٣) يعرِض المكونين الرئيسين وعملياتهما. ترتبط العمليات الأربع الأولى بمكون نظام المعلومات، والأخرى مرتبطة بنظام دعم القرار. تُوصف عملية إدارة صيانة الرصف من مستويي إدارة عامّين: مستوى الشبكة، الذي يتضمن قرارات إدارية شاملة، ومستوى المشروع، الذي يتضمن قرارات فنية لمشاريع محددة.



الشكل (٢–٢) عناصر نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS).

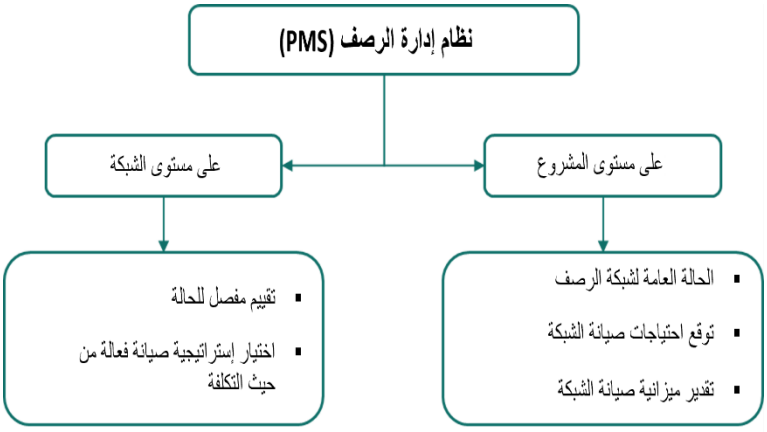


الشكل (٢–٣) عمليات نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS).

٢-٤ مستويات نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS):

عادة ما تُنفذ إدارة صيانة الرصف على مستوى المشروع وعلى مستوى الشبكة. وتتضمن الإدارة على مستوى الشبكة تقييم جميع مقاطع الرصف الواقعة تحت مسؤولية الجهة. يتمثل الهدف الرئيس للإدارة على مستوى الشبكة؛ في إجراء برنامج إصلاح الرصف ذي الأولوية على مستوى الجهة، الذي سينتج عنه برنامج الصيانة الأكثر فعاليّة من حيث التكلفة في ظل قيود الميزانية الإجمالية. وهو يعتمد على بيانات تقريبية أكثر من الإدارة على مستوى المشروع. على مستوى الشبكة، يُجاب عن الأسئلة المتعلقة باحتياجات الميزانية الحالية والمستقبلية والحالة العامة للشبكة. بالإضافة إلى ذلك، تساعد الإدارة على مستوى الشبكة في تحديد أولويات مقطع الرصف، الذي ينبغي اختياره للصيانة أو إعادة التأهيل. مستوى الفحص المستخدم في هذا النوع من التقييم أساسي بشكل عام، ويتكون بصورة أساسية من شبكة مقاطع الرصف بأكملها أو جزء منها. يتطلب النهج على مستوى الشبكة كميات كبيرة من البيانات، وتجميعًا دقيقًا، ونماذج حاسوبية، وأفرادًا لديهم التدريب المناسب. يمكن ألّا يوفر نهج مستوى الشبكة المجرد -دائمًا- بيانات كافية حول مقاطع الطرق الفردية؛ لتمكين مهندسي الطرق من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن المشروع. على الرغم من أن النهج على مستوى الشبكة متين ومعقد، إلا إنه يتطلب كميات كبيرة من البيانات، والموارد، والاهتمام بالتفاصيل؛ لضمان الإدارة الفعالة للرصف.

تشارك الإدارة على مستوى المشروع في موقع معين، وعادة ما تأتي بعد التحليل على مستوى الشبكة. بعد تحديد مقطع للإصلاح على مستوى الشبكة، يُجرى تحليل أكثر تفصيلًا على مستوى المشروع. يمكن أن يشتمل التحليل التفصيلي على اختبارات إضافية؛ مثل الفحص البصري، وغالبًا ما يُجرى اختبار غير إتلافي واختبار الجسّات؛ لجمع معلومات إضافية حول حالة الرصف، وسبب التدهور. على مستوى المشروع يُتخذ قرار صادر من الإدارة عن أكثر أنواع الصيانة وإعادة التأهيل فعاليّة؛ من حيث التكلفة، بالإضافة إلى وقت تطبيق الصيانة. عادة ما يُحلل تقييم مستوى المشروع -بشكل مفصل أكثر- مقارنة بمستوى الشبكة. تُقيم مقاطع الرصف التي رُشحت لإجراءات الصيانة، وإعادة التأهيل في أثناء التحليل على مستوى الشبكة. تُطبّق معظم نظم إدارة الرصف نهجًا على مستوى المشروع. ورغم أن نهج مستوى المشروع أقل قدرة على إنتاج الحلول المثلى، والسيناريوهات المشروطة من إدارة الرصف على مستوى الشبكة، إلا إنه مفيد؛ لأنه يحافظ على المعلومات التفصيلية اللازمة لاتخاذ قرارات على مستوى المشروع. ويوضح الشكل (٢-٤) التطبيقات على مستوى الشبكة وعلى مستوى المشروع في نظام إدارة صيانة الرصف.



الشكل (٢–٤) التطبيقات على مستوى الشبكة وعلى مستوى المشروع في نظام إدارة صيانة الرصف.

٢-٥ نظم إدارة صيانة الرصف الخاصة بالمناطق الحضرية والريفية:

تختلف الطرق الحضرية والريفية في الوظيفة والهيكل. فالطرق في المناطق الحضرية؛ هي: مسارات للعديد من خطوط المنافع العامة. والطريقة الوحيدة للوصول إلى هذه الخطوط -في حال ظهورها، أو إنشاء الجديد منها- هي حفر هيكل الطريق. ونتيجة لهذا الحفر؛ تتعرض الطرق الحضرية لمزيد من العيوب في سطح الرصف وهيكله. وللحصول على نظام إدارة صيانة رصف فعال في المناطق الحضرية؛ يجب مراعاة هذا الوضع عند إعداده. تتأثر أنواع عيوب الرصف، وتعددها، وكثافتها في الطرق الحضرية -بشكل كبير- بترقيع أعمال الحفر للمنافع العامة. وثمة شاغل آخر يتمثل في أن طرائق تقييم حالة الرصف وإجراءاته تتأثر -أيضًا- بنوع الطريق. يمكن ألّا تكون قياسات مقاومة الانزلاق -على سبيل المثال- ضرورية للطرق في المناطق الحضرية ذات السرعات التشغيلية المنخفضة. تتأثر قرارات الصيانة، وبرامج الأولويات، وتوقيت تنفيذ الصيانة بما إذا كان الطريق يقع في المناطق الحضرية أو الريفية؛ لذلك يجب إنشاء نظام إدارة صيانة الرصف بصورة منفصلة لكلا نوعي الطرق.

٢-٦ فوائد نظام إدارة صيانة الرصف:

الوصف المبسط لفوائد نظام إدارة صيانة الرصف؛ هو: ما سيساعد مهندسي الرصف والإدارة العليا في اتخاذ قرارات فعالة؛ من حيث التكلفة تتعلق: بـ (ماذا) و (أين) و (متى) فيما يتعلق بصيانة الرصف وإعادة تأهيله. ما المعالجة الفعالة من حيث التكلفة؟ وأين المناطق التي تنبغي معالجتها؟ ومتى أفضل وقت لتنفيذ المعالجة؟

كما يمكن أن يؤدي تنفيذ نظام إدارة الرصف في جهة مسؤولة إلى العديد من الفوائد. إن تاريخ حالات الإنشاء الناجحة والمفيدة لنظم إدارة الرصف معروفة وغنية. على الرغم من أنه يُصعب -أحيانًا- تقدير الفوائد الاقتصادية المباشرة لتنفيذ نظام إدارة الرصف، تكمن إحدى الفوائد -التي لا جدال فيها- في اختيار بدائل الصيانة، وإعادة التأهيل الأكثر فعاليّة من حيث التكلفة. تتيح هذه الفائدة -على الأقل- الاستخدام الأكثر كفاءة للأموال المتاحة للجهة.

وبالإضافة إلى الفوائد الاقتصادية المباشرة؛ فإن لنظام إدارة الرصف العديد من الاستخدامات المحتملة الأخرى، ومنها:

- الحصول بسهولة أكبر على معلومات أكثر دقة بشأن شبكة الرصف.
- التحديد الكمي لتقييم حالة شبكة الرصف.
- القدرة على مراقبة فاعلية خطط المعالجة الفردية.
- تحديد ما يلزم فعله؛ لتخطيط الأنشطة المستقبلية، ووضع ميزانية لتلك الأنشطة.
- التشجيع على تقديم مقترحات التمويل للهيئات التشريعية؛ لتعزيز أنشطة صيانة الرصف، وإعادة تأهيله.
- تبرير قرارات تحديد أولويات المشروع، ودعمها عند التواصل مع المسؤولين الحكوميين.
- زيادة مصداقيتك عند العمل مع الإدارة العليا لجهة الطرق.
- توفير أساس لتخصيص الأموال لمختلف المناطق أو الجهات.
- الإسهام في اختيار إجراءات أو استراتيجيات إعادة التأهيل الأكثر مناسبة، لأقسام إدارة الرصف المختلفة.

٢-٧ المفاهيم الأساسية:

كل جهة من جهات الطرق التي تتبنى نظام إدارة صيانة الرصف، تتوقع -بشكل عام- استيفاء بعض التوقعات الرئيسة. أولًا: يجب أن يكون نظام إدارة صيانة الرصف قادرًا على توقع أداء الرصف، وتقدير تكاليف استراتيجيات الصيانة المختلفة، وبدائل المعالجة.

ثانيا: يجب أن يكون نظام إدارة صيانة الرصف مرنًا (ديناميكيًا)؛ للاستجابة بشكل صحيح للانحرافات المحتملة بين الأداء الحقيقي والمتوقع. ثالثا: ينبغي أن يقبل نظام إدارة الرصف التغييرات الداخلية، ويخضع لتحديثات النظام المتعلقة بالمفاهيم الأساسية السابقة. بالنظر إلى هذه السمات؛ يُعدّ نظام إدارة صيانة الرصف ممارسة فعالة إذا:

- أُتبعت الإجراءات والبروتوكولات الموضوعية لظروف الرصف.
- كانت المعايير المحلية/الإقليمية الضرورية مناسبة، وأُخذت بعين الاعتبار.
- أُعتمدت إجراءات النمذجة والتحليل التي تتسم بالشفافية.
- اِستُهدف المستوى المهني والدعم الإداري بشكل مستمر.

ينبغي التركيز -بشكل خاص- على فهم احتياجات إدارة صيانة الرصف المحددة لكل جهة، وتحديدها كميًّا. ينبغي مراعاة النقاط التالية عند إعداد نظام إدارة صيانة الرصف.

- الشمولية: يجب أن يتضمن نظام إدارة صيانة الرصف جميع المعلمات والمؤشرات ذات الصلة، والضرورية لشرح أداء الرصف. وهذا يعني أنه بمجرد أن يصبح النموذج معقدًا، ولا تمتلك الجهة بيانات الإدخال اللازمة لتنشيطه؛ فلا يمكن لهذا النموذج أن يؤدي إلى تقديرات موثوقة.
- التكامل: يمكن ألّا يؤدي الاستخدام المستقل لنماذج أداء الرصف ضمن نظام إدارة صيانة الرصف -بالضرورة- إلى مخرجات عملية ومفيدة. يجب ربط النماذج الفردية بالطرق ذات الصلة، وأن تكون متسقة داخليًا في علاقاتها المتبادلة؛ لضمان إمكانية تحقيق توقع مناسب وقوي للأداء المستقبلي، لكل من التدفقات التقنية والاقتصادية. يُعدّ تكامل النظام والنموذج نهجًا شائعًا لمعالجة القضايا متعددة المعلمات؛ كما هو الحال في إدارة الرصف، واتخاذ القرارات ذات الصلة.
- المصداقية: ينبغي أن تكون النماذج داخل النظام قادرة على تقديم توقعات أولية موثوقة، وإن كانت مفتوحة للمعايرة اللاحقة. هذا يعني أن نظام إدارة صيانة الرصف سوف يتعامل مع أوجه عدم اليقين المرتبطة بمقارنة الأداء الفعلي والأداء المتوقع؛ لذلك وبغض النظر عن حالة المعايرة/إعادة المعايرة لنماذج نظام إدارة صيانة الرصف؛ فإن التقديرات الموثوقة ضرورية -دائمًا- لتجنب الآثار السلبية على كل من تقييم حالة الرصف، والتخطيط المالي للجهة.
- القدرة على الاستجابة: ينبغي أن تكون النماذج داخل النظام مرنة ومستجيبة للمعلمات ذات الصلة؛ مثل: المناخ، والأحمال المرورية، وقوة الرصف. ومن الناحية المثالية ينبغي أن تنشئ النماذج رابطًا بين سياسات الجهة وبرامج العمل، التي يمكن تحقيقها على أفضل وجه؛ من خلال استخدام مستويات مختلفة من الخدمة، سواء على مستوى صاحب العمل، أو على المستوى الفني.

٣- النظام المرجعي الشبكي (NRS):

٣-١ المقدمة:

يُعدّ النظام المرجعي الشبكي (NRS) جزءًا مهمًا من إدارة صيانة الرصف؛ لأنه يتيح للجهات المسؤولة إدارة البيانات مكانيًا، وفيما يتعلق بالوقت. وهذا مهم؛ لأن التحليل الهادف يتطلب عمومًا بيانات حالة متعددة السنوات لمقاطع الرصف نفسها لتحديد اتجاهات تدهور الرصف وتوفير استراتيجيات الحفظ المثلى.

بالإضافة إلى ذلك، تسمح المرجعية الدقيقة -أيضًا- لمؤشرات حالة طبقة التكسية والمعلمات الأخرى ذات الصلة؛ لتحديد المقاطع التي تحتاج إلى تدخل، واختيار التدخلات المناسبة لتلك المقاطع، وتصميم معالجات محددة؛ لِذا تُعدّ جودة البيانات المرجعية للموقع أمرًا بالغ الأهمية لإدارة الرصف بكفاءة.

تشمل ممارسات إدارة الجودة عمليات فحص لبيانات الموقع. يمكن أن تؤثر مشكلات مرجعية الموقع في جودة بيانات حالة الرصف والقرارات التي تدعمها هذه البيانات. على سبيل المثال: يمكن أن تجعل بيانات الموقع الضعيفة من الصعب تداخل مؤشرات الرصف (على سبيل المثال: الخشونة والتشقق)، وإعداد سلاسل زمنية لتوقع الأداء، وربط الظروف بحركة المرور، وغير ذلك.

تُستخدم الطريقة المرجعية للموقع في الحقل؛ للتأكد من استخدام العنوان الصحيح لوصف الموقع، وإمكانية العثور على الموقع المناسب باستخدام عنوانه. يجب أن يكون المرجع موثقًا بشكل جيد، ومصممًا لاستيعاب جميع الحالات. وتشتمل جميع الطرائق المرجعية للمواقع على العناصر التالية:

- تحديد نقطة معروفة؛ على سبيل المثال: (علامة كيلومترية).
- الاتجاه؛ على سبيل المثال: (تزايدي أو تناقصي).
- قياس المسافة؛ على سبيل المثال:(الإزاحة أو التنحية).

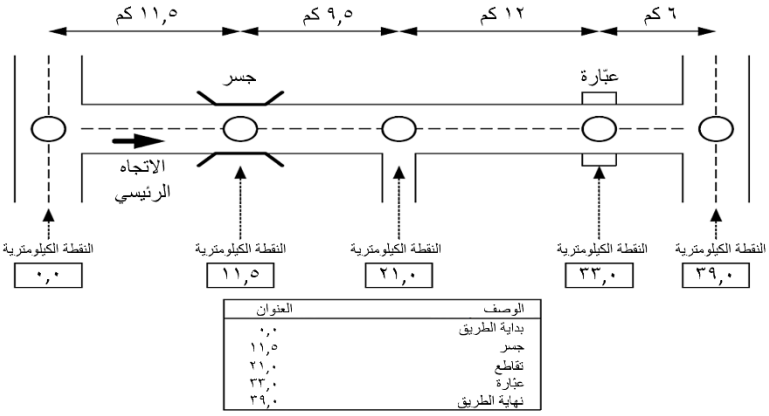
هناك طريقتان شائعتان للإشارة المرجعية إلى الموقع: خطية: تعطي عنوانًا، يتكون من مسافة واتجاه من نقطة معروفة. ومكانية: تعطي عنوانًا، يتكون من مجموعة من الإحداثيات. يتم ذلك عادة باستخدام بيانات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).

٣-٢ المرجعية الخطية:

المرجعية الخطية؛ هي: الطريقة المرجعية الأكثر استخدامًا لبيانات الطريق. وعلى عكس المرجعية المكانية، لا تتطلب أي تقنية متطورة، ويمكن فهمها بسهولة. تستخدم معظم تقنيات جمع البيانات المرجعية الخطية لتسجيل البيانات. وتُسجل البيانات بين بداية ونقطة نهاية. عادةً ما يُعبر عن العناوين بالنسبة إلى نقطة البداية والنقاط الوسيطة بشكل مثالي. يؤدي استخدام النقاط المرجعية الوسيطة إلى تحسين الدقة الكلية؛ عن طريق الحدّ من أي خطأ متراكم في قياسات المسافة. ويكاد يكون من الضروري -دائمًا- (ربط البيانات) عند نقطة النهاية. وهذا لأنه -بغض النظر عن مدى جودة معايرة عداد المسافات- سيكون هناك -دائمًا- بعض من الحد المسموح به من الأخطاء، ما يعني أن المسوحات المتتالية ستقيس أطوالًا مختلفة قليلًا في كل مرة. وتُزاد الأطوال التي مُسحت أو تُقلل لتتناسب مع الطول المقبول للمقطع، وتُعدل البيانات وفقًا لذلك. هناك أربع طرائق مرجعية خطية أساسية مستخدمة مع بيانات الطرق؛ وهي موصوفة في الأجزاء الفرعية من (٣-٢-١) حتى (٣-٢-٤).

٣-٢-١ طريقة النقطة الكيلومترية :

تستخدم هذه الطريقة المسافة المُقاسة من نقطة معينة أو معروفة إلى الموقع المشار إليه. غالبًا ما تكون نقطة البداية هي بداية الطريق، أو النقطة التي تدخل عندها مدينة أو منطقة. عنوان أي نقطة على طول الطريق؛ هو: القيمة العددية لمسافة النقطة من بداية الطريق (الشكل ٣-١).



الوصف	العنوان
بداية الطريق	٠,٠
جسر	١١,٥
تقاطع	٢١,٠
عبّارة	٣٣,٠
نهاية الطريق	٣٩,٠

الشكل (٣–١) طريقة النقطة الكيلومترية (Bennett et al., 2005).

مزايا النقاط الكيلومترية:

- ليست هناك حاجة للاحتفاظ بلافتات أو علامات مرجعية منتظمة؛ حيث تُقاس الإزاحة من بداية الطريق (أو نقطة البداية المرجعية).
- المسافة بين أي نقطتين؛ هي: ببساطة الفرق بين العنوانين "من" و "إلى".
- من السهل فهمها وحسابها.

عيوب النقاط الكيلومترية:

- يحتاج العمال الميدانيون إلى القياس من النقطة الكيلومترية للحصول على مرجع؛ لذلك يجب عليهم معرفة مكان بدء الطريق، والاتجاه الأساسي.
- العناوين غير مستقرة؛ إذا أُعيدت محاذاة الطرق، فيمكن أن تتغير جميع النقاط الموجودة على الطرق التي تتجاوز النقطة الكيلومترية. بينما يمكن التقليل من التأثيرات؛ من خلال وجود محطات مرجعية منتظمة، إلا إنها لا تزال تنشئ مشكلة التوفيق بين البيانات التاريخية. على سبيل المثال: يمكن أن يكون حادث وقع في ١٩,٢٣ في أحد الأعوام ولكنه أصبح عند ١٨,٤٩ بعد إعادة المحاذاة.

٣-٢-٢ طريقة العلامة الكيلومترية:

ربما تكون طريقة العلامة الكيلومترية الطريقة الأكثر استخدامًا. الفرق الرئيس بين النقاط الكيلومترية والعلامات الكيلومترية؛ هو أن العلامات الكيلومترية تتضمن علامات واضحة، وإشارات موضوعة على فترات منتظمة على طول الطريق، عادة كل كيلومتر. تُميز العلامات الكيلومترية بقياسات المسافة، لكن مستوى التفاصيل يختلف بين الدول.

في كثير من الأحيان -بسبب تغييرات الإنشاء- لا تشير العلامات الكيلومترية إلى النقاط الكيلومترية الحقيقية. وعند حدوث ذلك - غالبًا- ما تُستخدم معادلة لربط موقع الكيلومتر الذي وضِعت علامة عليه بالنقطة الكيلومترية الحقيقية (الشكل ٣-٢).

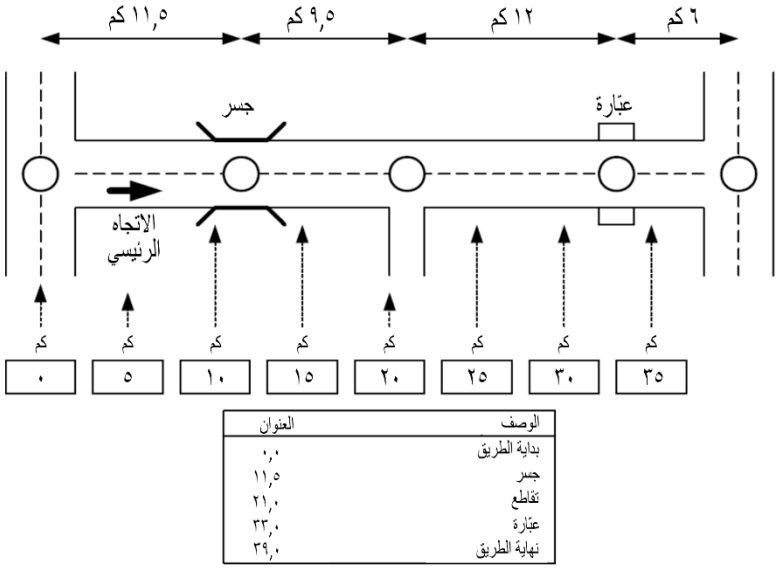
مزايا العلامات الكيلومترية:

- يفهم جميع المستخدمين معلومات الموقع بسهولة.
- المعلومات متاحة للاستخدام العام.
- التسلسل العددي يوفر توجيهًا سهلًا.
- المسافة بين أي نقطتين هي الفرق بين العنوانين (من) و (إلى).

عيوب العلامات الكيلومترية:

- تكلفة إنشائها والحفاظ عليها باهظة.
- بمكن أن يكون من المستحيل الحفاظ على الترقيم المتتالي بسبب عمليات إعادة المحاذاة.
- يجب أن تُوضع بدقة في أثناء المسح الأولّي. ليس عمليًا دائمًا؛ على سبيل المثال: يمكن أن تمنع المداخل/الطرق الخاصة وضع العلامة في الموقع الصحيح.
- يجب وضع العلامات المستبدلة في الموقع نفسه.
- يجب نقل جميع العلامات في السلسلة، إذا حدثت أي تغييرات على طول الطريق؛ ينبغي استخدام معادلات التغيير لتصحيح المسافات للمسافات الفعلية.

- قياس المسافة المعروض على العلامة لن يكون دقيقا أبدًا؛ ويمكن أن يؤدي هذا إلى الارتباك بين أولئك الذين يستخدمون العلامات كمراجع.



الشكل (٣–٢) طريقة العلامة الكيلومترية (Bennett et al., 2005).

٣-٢-٣ طريقة العلامة المرجعية:

هذه الطريقة مشابهة لطريقة العلامة الكيلومترية، عدا أن اللافتات لا توضع على فترات منتظمة. تُوضع لافتة أو علامة بجوار الطريق بمعرّف فريد. ويمكن أن يكون هذا المعرّف مسافة أو مجرد رقم. وعلى الرغم من أن العلامة المرجعية لا تتغير أبدًا، إلا أن النقطة الكيلومترية المرتبطة بالعلامة يمكن أن تتغير. وطالما حوفظ على هذه المسافات بشكل صحيح؛ ستكون الطريقة ناجحة. ومن أشكال طريقة العلامة المرجعية استخدام النقاط المرجعية (الشكل ٣-٣).

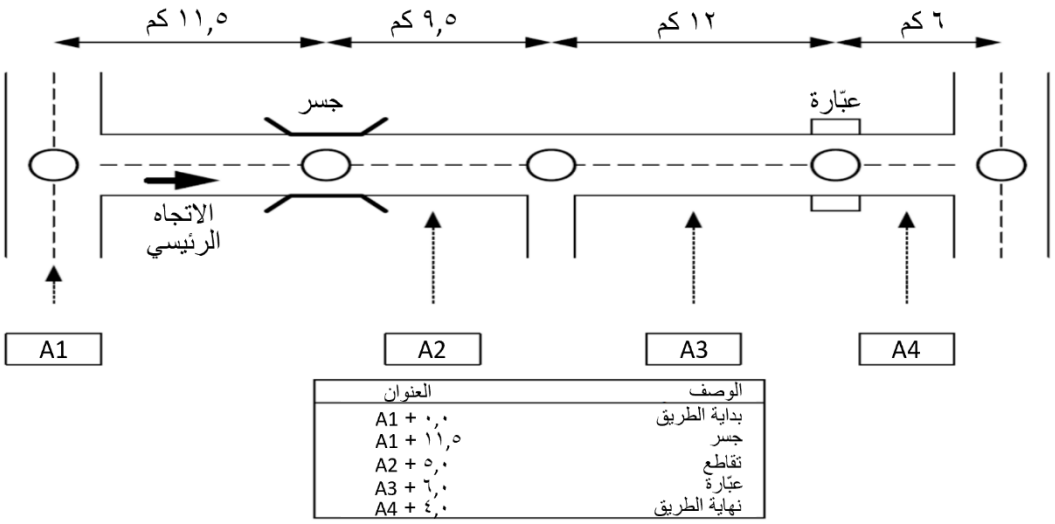
وتُعدّ هذه عناصر دائمة على جانب الطريق؛ مثل: التقاطعات أو اللافتات. إن استخدام الأرقام بدلًا من المسافات في اللافتات المرجعية يجعلها نقاطًا مرجعية بشكل فعال.

مزايا اللافتات المرجعية:

- سهلة الاستخدام في الميدان.
- سهولة صيانتها مقارنة بالعلامات الكيلومترية.
- ليس من الضروري القياس من بداية الطريق، يكفي القياس من أقرب علامة.
- تكلفة إنشائها أقل بكثير من تكلفة إنشاء العلامات الكيلومترية؛ حيث يمكن وضع العلامات المرجعية في أنسب المواقع؛ إذ تتطلب عدداً أقل من العلامات.
- مجموعة واحدة من العلامات يمكن استخدامها على المسارات المتداخلة.
- في حال إجراء أية تغييرات على طول الطريق؛ فلا يلزم تغيير جميع العلامات الأخرى؛ حيث لا يتأثر إلا جزء قصير من الطريق.
- مجموعة واحدة من العلامات تطبق على جميع المسارات الموجودة على المسارات المتداخلة.

عيوب العلامات المرجعية:

- المعلومات الخاصة بالموقع غير واضحة لجميع المستخدمين.
- الجمهور ليس لديه القدرة بشكلٍ عام على استخدام المعلومات.
- يتعين على فرق العمل الميدانية حمل المعلومات الخاصة بالمسافات معهم؛ وذلك في حالة عدم تحديد المسافات.
- العلامات التالفة يجب استبدالها بالموقع المحدد.



الوصف	العنوان
بداية الطريق	A1 + ٠,٠
جسر	A1 + ١١,٥
تقاطع	A2 + ٥,٠
عبّارة	A3 + ٦,٠
نهاية الطريق	A4 + ٤,٠

الشكل (٣–٣) طريقة وضع العلامات المرجعية (Bennett et al., 2005).

٣-٢-٤ طريقة النقاط المرجعية:

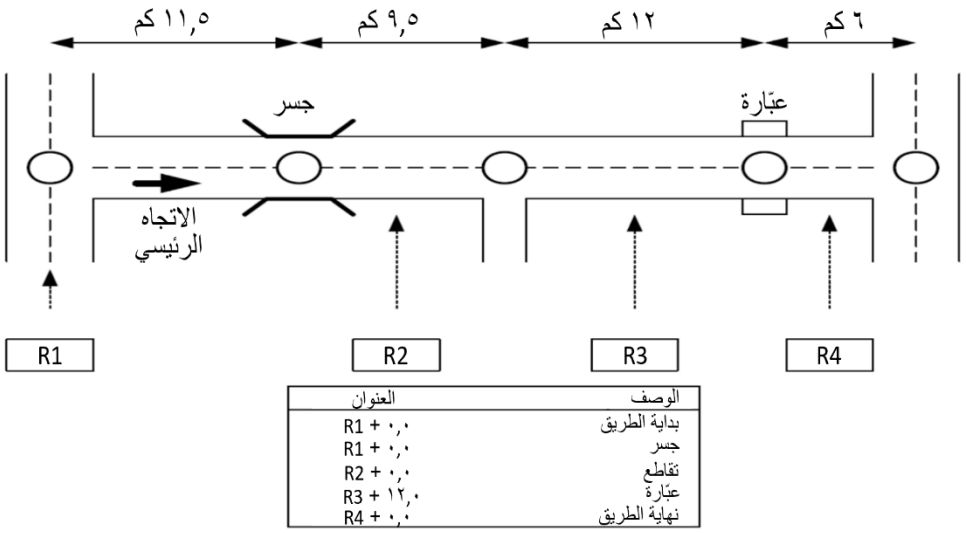
لا تستخدم اللافتات ولكنها تحتوي -بدلًا من ذلك- على سمات مُعرّفة منتظمة؛ مثل: الجسور، أو العبّارات، أو أعمدة الإنارة، أو التقاطعات. تُقاس الأحداث بالميدان باعتبارها إزاحات من تلك العلامات المرجعية (الشكل ٣-٤).

مزايا النقاط المرجعية:

- ليس من الضروري القياس من بداية الطريق، يكفي القياس من أقرب نقطة.
- بلوغ الحد الأدنى من متطلبات الصيانة؛ نظرًا لعدم استخدام علامات خاصة، ووجود أجسام ثابتة -فقط- على جانب الطريق.
- ليس من الضروري تغيير جميع اللافتات في حال إجراء أية تغييرات بطول الطريق؛ لن يتأثر سوى مقطع قصير -فقط- من الطريق.
- العلامات المرجعية تنطبق على جميع المسارات الموجودة على المسارات المتداخلة.

عيوب النقاط المرجعية:

- مرهقة عند الاستخدام في الميدان.
- النقاط المرجعية يمكن أن تكون متباعدة، والمسافات بينها طويلة جدًا؛ خاصةً في المناطق الريفية.
- المعلومات الخاصة بالموقع غير واضحة لجميع المستخدمين.
- الجمهور ليس لديه القدرة -بشكلٍ عام- على استخدام المعلومات.
- الفرق العاملة في الطرق بحاجة لمعرفة التفاصيل المتعلقة بمواقع النقاط المرجعية والمسافات.



الوصف	العنوان
بداية الطريق	R1 + ٠,٠
جسر	R1 + ٠,٠
تقاطع	R2 + ٠,٠
عبّارة	R3 + ١٢,٠
نهاية الطريق	R4 + ٠,٠

الشكل (٣–٤) طريقة النقاط المرجعية (Bennett et al., 2005).

٣-٣ الإسناد المكاني:

يتحقق ذلك باستخدام تقنيات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). تُستخدم البيانات مع نظام تحديد المواقع العالمي من أربعة أقمار صناعية أو أكثر؛ لتقديم معلومات عن الموقع. دقة بيانات نظام تحديد المواقع العالمي (الأولية) نموذجية بزيادة / إنقاص ٢ متر، وتشتغل بنسبة ٩٥٪ من الوقت. يمكن تطوير الدقة باستخدام أجهزة الاستقبال بنظام تحديد المواقع العالمي عالية الجودة، وباستخدام طريقة تصحيح البيانات. يمكن تطبيق نوعين من أنواع تصحيح البيانات:

- الوقت الفعلي: نظرًا لأن بيانات نظام تحديد المواقع العالمي مسجلة، تُستلم إشارة التصحيح على الفور. ويمكن أن تكون إشارة التصحيح من جهاز إرسال محلي أو عبر خدمة تجارية.
- مرحلة ما بعد المعالجة: بعد اكتمال المسح، تُصحح بيانات نظام تحديد المواقع العالمي؛ من خلال دمج بيانات الموقع من أحد (المحطات الأساسية).

تتميز الاعتبارات التشغيلية بأن لها نفس القدر من الأهمية، وإن لم يكن أكثر من دقة جهاز الاستقبال؛ حيث يكون المصدر الرئيس للانحراف عن الخط المركزي الحقيقي هو المسار الذي تسلكه المركبة؛ حيث لا يمكن القيادة -دائمًا- على الخط المركزي، وذلك لأسباب تتعلق بالسلامة. بالإضافة إلى ذلك تتجاوز مركبات المسح -أحيانًا- حركة مرور بطيئة جدًا. تظل الانحرافات الأصغر قائمة؛ حيث يصعب اكتشافها بدون فحص بصري مفصل للغاية.

يتمثل التطبيق الشائع للبيانات المكانية في إنشاء خط مركزي بالطريق. يطلق عليه الخط الاسمي، الذي يُظهر الموقع بوسط الطريق. وعادةً ما تُلتقط صورة له في أثناء قيادة مركبة مزودة بجهاز استقبال بنظام تحديد المواقع العالمي على امتداد الطريق. يمكن أن تتواجد وحدات الملاحة بالقصور الذاتي لتطوير دقة قياسات نظام تحديد المواقع العالمي. ثمة عدة مراحل متضمنة في إنشاء الخط المركزي والتي يكون المسح الميداني هو أولها فقط.

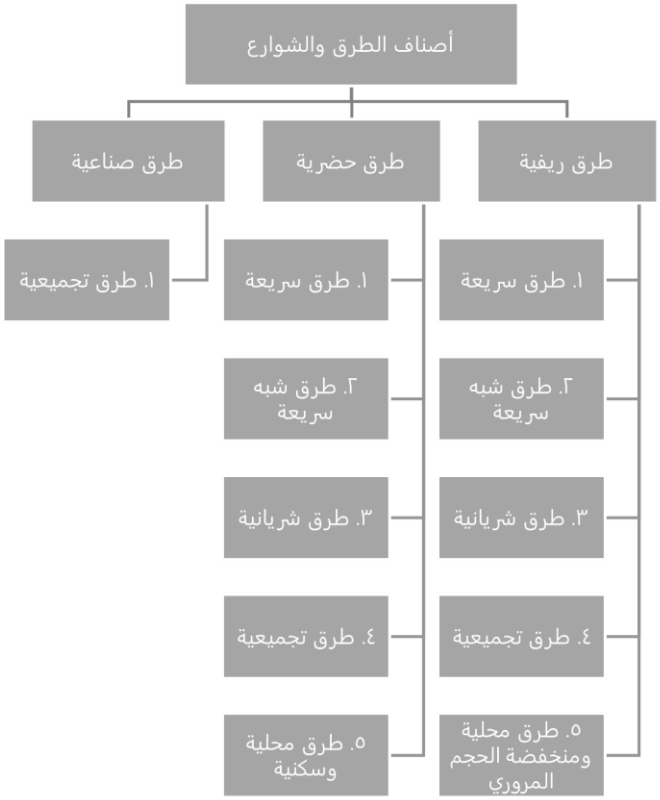
البيانات الميدانية يلزم تصحيحها يدويًا؛ للتأكد من أن الشبكة لديها البنية الصحيحة؛ أي: (تلتقي مقاطع من الطرق المتقاطعة عند نفس النقطة؛ تتقاطع العُقد ومقاطع من الطريق، وتقع العُقد في وسط التقاطعات). من الشائع -أيضًا- مواجهة عوائق في المسوحات تتسبب في تحرك المركبة خارج مسارها.

٣-٤ التصنيف الوظيفي للطرق:

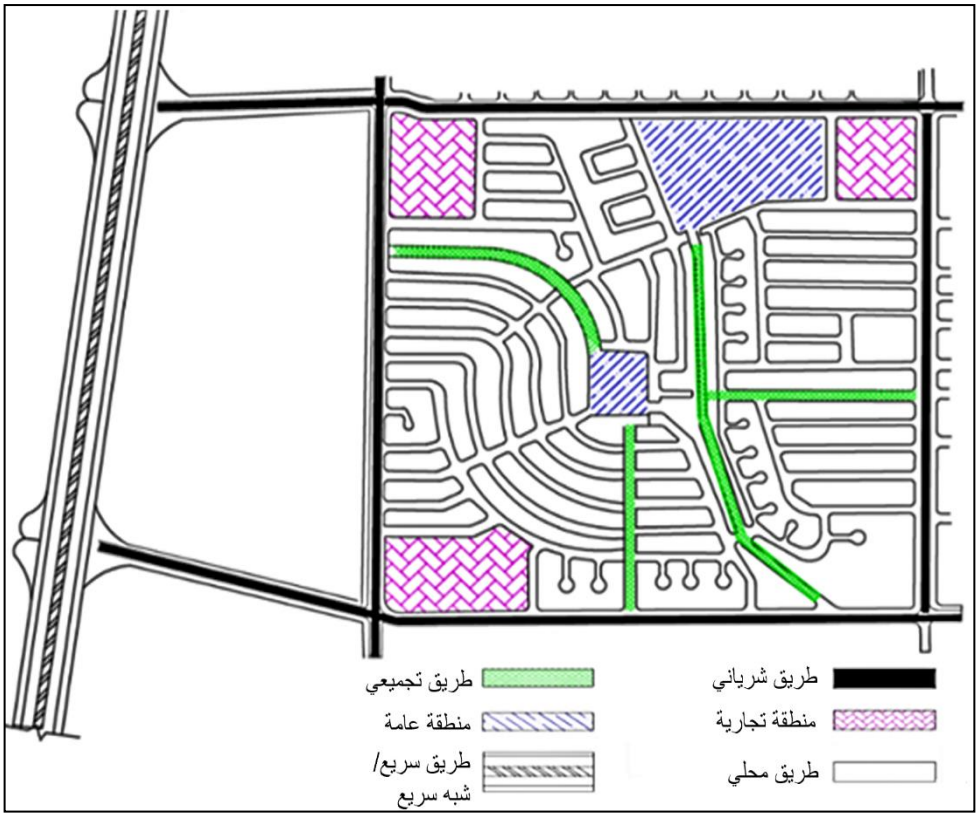
ثمة نوعان من سياقات أي شبكة طرق تمر من خلالهما الطرق؛ مناطق حضرية، وريفية، ويوجد بينهما اختلافات جوهرية؛ فيما يتعلق بكثافة استخدام الأراضي وأنواعها، وكثافة شبكات الطرق والشوارع، وطبيعة أنماط التنقل، وكيفية ارتباط هذه العناصر؛ لذا تصنف الأنظمة الوظيفية للطرق الريفية والحضرية على نحوٍ منفصل. وتصنف الطرق الريفية والحضرية على النحو التالي:

- الطرق الريفية: تقع بالقرب من مناطق يغلب عليها الطابع الطبيعي، مع القليل من التطور في استخدامات الأراضي المبنية المجاورة.
- الطرق والشوارع الحضرية: تقع بالقرب من المناطق التي تحتوي على تطويرات مبنية في استخدام الأراضي.

تُقسم الطرق إلى عدة مستويات وظيفية بناءً على جودة الخدمة المرورية المقدمة لمستخدمي الطريق. كل نوع من الطرق في النظام يؤدي خدمة محددة من أجل تسهيل سير المركبات بين نقاط المنبع-المقصد وتيسير الوصول للأراضي. وبناءً على سماتها التشغيلية، تصنف الطرق والشوارع في المملكة العربية السعودية إلى (١١) صنفًا (خمسة للمناطق الريفية، وخمسة أخرى للمناطق الحضرية، والطرق في المناطق الصناعية كصنف مستقل)، كما هو موصوف في الجزء (٢-٤) من كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق). وتنطبق التصنيفات الوظيفية المُعطاة على كل من الطرق الحضرية والريفية التي تقع تحت مسؤولية الهيئة العامة للطرق ووزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان. يبين الشكل (٣-٥) التصنيف الوظيفي للطرق والشوارع الريفية والحضرية، ويوضح الشكل (٣-٦) جزءًا من شبكة طرق حضرية تُظهر التسلسل الهرمي للطرق الحضرية.



الشكل (٣–٥) التصنيف الوظيفي للطرق والشوارع في المملكة العربية السعودية.



الشكل (٣–٦) جزء من شبكة طرق حضرية تُظهر التسلسل الهرمي للطرق الحضرية.

يحتوي الجدول (٣-١) والجدول (٣-٢) على ملخص للمواصفات والخصائص الهندسية لكل صنف من أصناف الطرق. ويرد في الجزء (٢-٤) من كود الطرق السعودي ٣٠١ (التصميم الهندسي للطرق) تفاصيل إضافية عن متطلبات التصميم ومفاهيم التصميم المتعلقة بكل صنف.

الجدول (٣–١) ملخص الأصناف الوظيفية في المناطق الريفية.

	الطرق المحلية	الطرق التجميعية	الطرق الشريانية الفرعية	الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق السريعة
خدمة حركة المرور	حركة المرور ذات اعتبار ثانوي	حركة المرور والوصول إلى الأراضي ذات أهمية متساوية	حركة المرور ذات اعتبار أساسي	نقل حركة المرور الأمثل	نقل حركة المرور الأمثل
خدمات الأراضي	الاعتبار الرئيس للوصول إلى الأراضي		الوصول إلى الأراضي ذو اعتبار ثانوي	تحكم محدود في الوصول – عدم توافر وصول مباشر للأراضي	التحكم الكامل في الوصول – عدم توافر وصول مباشر للأراضي
المتوسط السنوي لحركة المرور اليومية	بحد أقصى ٤٠٠	من ٢٠٠ إلى ٤,٠٠٠	من ٢,٠٠٠ إلى ١٥,٠٠٠	ما يزيد عن ١٥,٠٠٠	ما يزيد عن ١٥,٠٠٠
خصائص تدفق حركة المرور	تدفق مُقاطع	تدفق مُقاطع	تدفق غير مُقاطع إلا عند التقاطعات	تدفق حر بشكل عام، عدد محدود من التقاطعات السطحية	تدفق حر
متوسط سرعة السير في غير أوقات الذروة	٤٠ (٣٠ كاستثناء) – ٦٠ كم/س	٥٠-٩٠ كم/س	٦٠-١١٠ كم/س	٨٠-١٢٠ كم/س	٩٠-١٣٠ (١٤٠) كم/س
نوع المركبة	في الأغلب السيارات الخاصة والشاحنات الخفيفة إلى المتوسطة وكذلك الشاحنات الثقيلة في بعض الأحيان	كافة الأنواع، حتى ٣٠٪ من الشاحنات الثقيلة	كافة الأنواع، حتى ٤٠٪ من الشاحنات الثقيلة	كافة الأنواع، متوسط الشاحنات الثقيلة من ٢٠٪ وحتى ٤٠٪	كافة الأنواع بسرعة أكبر من ٦٠ كم/ساعة؛ متوسط الشاحنات الثقيلة من ٢٠٪ وحتى ٤٠٪
ترتبط بـ	الطرق الشريانية الطرق التجميعية الطرق المحلية	الطرق المحلية الطرق الشريانية الفرعية	الطرق التجميعية الطرق الشريانية الفرعية الطرق المحلية الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق الشريانية الرئيسة الطرق السريعة الطرق الشريانية الفرعية	الطرق الشريانية الرئيسة الطرق السريعة
نوع الارتباط للطرق العامة	تقاطعات سطحية	تقاطعات سطحية	تقاطعات سطحية أو محولات	تقاطعات سطحية وتقاطعات مفصولة رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحولات	تقاطعات مفصوله رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحولات
الوصول المباشر إلى استخدامات الأراضي الخاصة والتجارية	مسموح	مسموح أو محدود	محدود أو غير مصرح به	غير مصرح به	غير مصرح به
مستخدمو المركبات غير الآلية (المشاة وراكبو الدراجات)	مسموح	محدودة (يفضل فصلها)	غير مصرح به	غير مصرح به	غير مصرح به

الجدول (٣–٢) ملخص الأصناف الوظيفية في المناطق الحضرية.

	الطرق المحلية	الطرق التجميعية	الطرق الشريانية الفرعية	الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق السريعة
خدمة حركة المرور	حركة المرور ذات اعتبار ثانوي	حركة المرور والوصول إلى الأراضي ذات أهمية متساوية	حركة المرور ذات اعتبار أساسي	نقل حركة المرور الأمثل	نقل حركة المرور الأمثل
خدمات الأراضي	الاعتبار الرئيس للوصول إلى الأراضي		الوصول إلى الأراضي ذو اعتبار ثانوي	تحكم محدود في الوصول – عدم توافر وصول مباشر للأراضي	التحكم الكامل في الوصول – عدم توافر وصول مباشر للأراضي
متوسط حركة المرور اليومية	من ١٠٠ وحتى ١,٠٠٠	من ١,٠٠٠ وحتى ١٢,٠٠٠	من ٥,٠٠٠ وحتى ٣٠,٠٠٠	ما يزيد عن ٢٠,٠٠٠	ما يزيد عن ٢٠,٠٠٠
خصائص تدفق حركة المرور	تدفق مُقاطع	تدفق مُقاطع	تدفق غير مُقاطع إلا عند التقاطعات	تدفق حر بشكل عام، عدد محدود من التقاطعات السطحية	تدفق حر
متوسط سرعة السير في غير أوقات الذروة	٣٠-٤٠ كم/س	٣٠-٥٠ كم/س	٥٠-٨٠ كم/س	٧٠-٩٠ كم/س	٨٠-١٠٠كم/س
نوع المركبة	مركبات الركاب والخدمة	كافة الأنواع	كافة الأنواع؛ الشاحنات الثقيلة حتى ٢٠%	كافة الأنواع؛ الشاحنات الثقيلة حتى ٢٠%	كافة الأنواع بسرعة أكبر من ٦٠ كم/ساعة؛ الشاحنات الثقيلة حتى ٢٠٪
ترتبط بـ	الطرق التجميعية الطرق المحلية	الطرق الشريانية الطرق التجميعية الطرق المحلية	الطرق الشريانية الرئيسة الطرق الشريانية الفرعية الطرق التجميعية	الطرق الشريانية الرئيسة الطرق السريعة الطرق الشريانية الفرعية	الطرق الشريانية الرئيسة الطرق السريعة
نوع الارتباط للطرق العامة	تقاطعات سطحية	تقاطعات سطحية	تقاطعات سطحية أو محولات أو منحدرات الدخول والخروج	تقاطعات سطحية وتقاطعات مفصولة رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحولات	تقاطعات مفصوله رأسياً بين السكك الحديدية والطرق ومحولات
الوصول المباشر إلى استخدامات الأراضي الخاصة والتجارية	مسموح	مسموح	لا شيء أو محدود	غير مصرح به	غير مصرح به
مستخدمو المركبات غير الآلية (المشاة وراكبو الدراجات)	مسموح	محدودة (يفضل فصلها)	غير مصرح به	غير مصرح به	غير مصرح به

٣-٥ النظام المرجعي لنظام إدارة صيانة الرصف:

بعد مراجعة الطرق المختلفة لعملية ترميز شبكة الطرق، يوصي هذا الكود باستخدام طريقة الإسناد الخطية مع بعض التحسين؛ من خلال دمج أكثر من طريقة؛ لتجنب العيوب المذكورة سابقًا في الطرق الخطية الأربع.

تُحدد أي نقطة في شبكة الطرق في المملكة العربية السعودية؛ حسب المنطقة، ورقم الطريق، والمقطع المرجعي، ونوع القطاع العرضي، والمسافة بين المقطع المرجعي والاتجاه. سيُحدد إجمالي ١٩ رقمًا النقاط الموجودة على الطريق. يُحدد أول رقمين موقع المنطقة الإدارية. تمثل الأرقام الخمسة التالية الرمز الخاص برقم الطريق، ويمثل الرقمان التاليان المحطة المرجعية للطريق، وتمثل الأرقام الأربعة التالية نوع المقطع العرضي في الرمز الخاص بالمقطع. تحدد الأرقام الخمسة التالية نقطة المسافة من المحطة المرجعية بالمتر. يعكس الرقم الأخير اتجاه الطريق.

الشكل (٣-٧) يظهر نظام تمييز شبكة الطريق. يمكن اختيار كل مقطع من مقاطع الرصف باستخدام نقطتين، النقطة الأولى: في بداية مقطع الرصف، والنقطة الثانية: في نهاية مقطع الرصف. سيُشرح تطور المرجعية الخطية بالتفصيل في الجزء التالي.



الشكل (٣–٧) النظام المرجعي الشبكي.

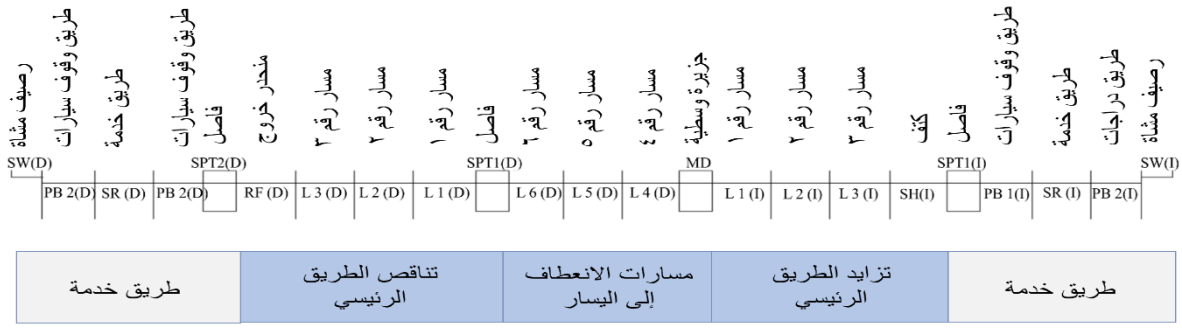
٣-٥-١ القطاع العرضي:

موقع القطاع العرضي؛ هو: عبارة عن آلية تحديد؛ للسماح بتحديد الموقع الدقيق للعيب، عبر القطاع العرضي لجادة الطريق، على سلسلة محددة على الطريق فيما يتعلق بالموقع المرجعي للشبكة. موقع القطاع العرضي سيكون -دائمًا- عموديًا على جادة الطريق، وتحدده رموز موقع القطاع العرضي، والأمثلة المحددة في الشكل (٣-٨) والشكل (٣-٩).

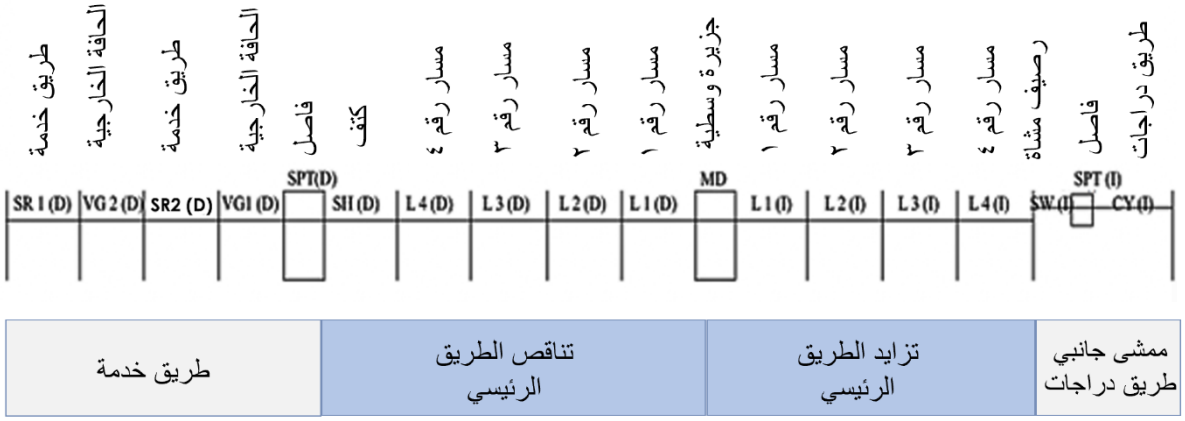
يكون تنسيق رموز موقع القطاع العرضي؛ كما يلي: رقم رمز الأصول (راجع الجدول ٣-٣، الذي يشير إلى عدد المرات التي يحدث فيها الأصل، عبر القطاع العرضي أو مسار جادة الطريق في اتجاه المسح، ويبدأ الترقيم من المركز إلى الحافة)، ومؤشر الاتجاه (إما (I) للاتجاه التصاعدي أو (D) للاتجاه التنازلي). على سبيل المثال: فإن الفاصل بين جادة الطريق الرئيسة، ومسار ينعطف لليسار على جادة الطريق التصاعدية؛ حيث يُسمى الفاصل القائم بين جادة الطريق الرئيسة وطريق الخدمات باسم الفاصل (I).

الجدول (٣–٣) رموز الأصول لمقطع الطريق.

الرمز	الأصول	الرمز	الأصول
CL	مسار مركبات	**RF**	منحدر خروج
MD	جزيرة وسطية	**RO**	دوّار
CY	طريق دراجات	**SH**	كتف
SW	رصيف مشاة	**SP**	فاصل
LK	طريق رابط	**SR**	طريق خدمة
PB	مكان وقوف السيارات	**VG**	الحافة الخارجية
RN	منحدر دخول		



الشكل (٣–٨) الرموز المرجعية لموضع قطاع عرضي نمطي – طريق حضري مزدوج.



الشكل (٣–٩) الرموز المرجعية لموضع قطاع عرضي نمطي – طريق ريفي مزدوج.

٣-٥-٢ اتجاه مسار الطريق:

بدأت وزارة النقل والخدمات اللوجستية العمل على التصنيف الوظيفي للطرق في عام ١٤٠٥ هـ، وقامت بتحديثه في عام ١٤١٨ هـ. يُمثل الجزء (٣-٤) أحدث تصنيف ووصف لكل صنف طريق. تعتمد تسمية اتجاه مسار طريق على مفهوم: أن لكل مسار طريق نقطة بداية ونقطة نهاية، وأن الاتجاهات الرئيسة: من الجنوب إلى الشمال، ومن الغرب إلى الشرق؛ لذلك يبدأ الطريق من الجنوب أو الغرب وينتهي في الشمال أو الشرق. فعلى سبيل المثال: يبدأ الطريق رقم ٤٠ من مدينة جدة في الغرب وينتهي في مدينة الدمام في الشرق بطول ١,٣٧٠ كم.

تبدأ العلامات -بشكلٍ عام- عند معظم النقاط الجنوبية من الطريق، وتزداد الأرقام المرجعية للموقع كلما اتجهت النقاط شمالًا، تبدأ العلامة -أيضًا- من النقاط الغربية وتزداد كلما اتجهت شرقًا. الشكل (٣-١٠) يظهر نقاط الانطلاق لترقيم الطرق بالمملكة العربية السعودية لجميع الحالات.

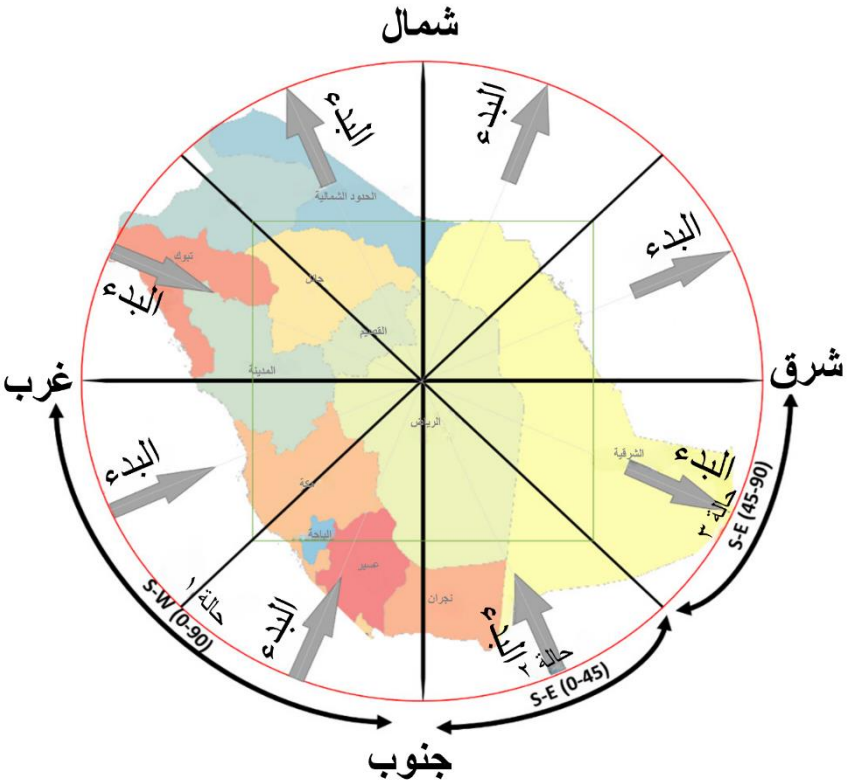
تُحدد بداية اتجاه الطريق بالاعتماد على النقطة الواقعة في المرجع الشرقي أو الجنوبي، ثمة ثلاثة أوضاع عامة لاتجاه الطريق؛ بناءً على المراجع الموجودة في اتجاه الشمال والشرق والموضحة في الجدول (٣-٤). تُقسم المملكة العربية السعودية إلى ١٣ منطقة إدارية. كل واحدة منها مقسمة إلى عدة محافظات يختلف عددها من منطقة إلى أخرى. الجدول (٣-٥) يوضح المناطق الإدارية مع أرقامها ورموزها للاستخدام في هذا المجلد.

الجدول (٣–٤) قرار الاتجاه التصاعدي بناءً على اتجاه الطريق.

الحالة رقم	الاتجاه	مدى الزاوية	قرار الاتجاه التصاعدي
١	جنوب – غرب	٠ – ٩٠ °	قرار الاتجاه يجب اتخاذه من الجنوب إلى الشمال
٢	جنوب – شرق	٠ – ٤٥ °	قرار الاتجاه يجب اتخاذه من الجنوب إلى الشمال
٣	جنوب – شرق	٤٥ – ٩٠ °	قرار الاتجاه يجب اتخاذه من الغرب إلى الشرق

الجدول (٣–٥) رموز وأرقام مناطق الطرق.

المناطق رقم	المناطق	الرمز	رقم المناطق	المناطق	الرمز
١	الرياض	RIY	٨	الحدود الشمالية	NOB
٢	المنطقة الشرقية	EAS	٩	الجوف	JOF
٣	مكة المكرمة	MEC	١٠	حائل	HAL
٤	المدينة المنورة	MED	١١	عسير	ASR
٥	القصيم	QAS	١٢	جازان	JIZ
٦	نجران	NAJ	١٣	الباحة	BAH
٧	تبوك	TUB			



الشكل (٣–١٠) الاتجاه التصاعدي للطرق في المملكة العربية السعودية.

٣-٥-٣ تحديد النقاط المرجعية والمحطات:

يمكن استخدام العلامات واللافتات الموجودة على امتداد الطريق للمساعدة على تحديد مواقع المسارات، وقياسها بدقة ميدانيًا. يشير الشريط الأخضر الموجود على اللافتة إلى أن اللافتة مثبتة بدقة، ويمكن استخدامها للقياس. يجب تقديم مجموعة كاملة من المواصفات للافتات والعلامات المرجعية للموقع (إن وجدت)؛ للجهة المسؤولة (مثل الهيئة العامة للطرق) من أجل المراجعة والاعتماد.

تأكيد الاتجاه التصاعدي: عند التنقل على الطرق في الاتجاه التصاعدي: (١) ينبغي أن تظهر العلامات على الجانب الأيمن (الصحيح) من الطريق دون الإشارة إلى الحرف الموجود على العلامة باستثناء الطرق المقسمة، ينبغي أن تظهر اللافتة في كل اتجاه. (٢) المسافة الموجودة على اثنتين من العلامات المتتالية ينبغي أن تزيد (الرمز I) أو تنقص (الرمز D). (٣) وينبغي أن يشير رمز (I أو D) على جانب العلامات المرجعية للموقع إلى اتجاه الطريق التصاعدي أو التنازلي.

المحطات المرجعية (RS): تعد نقاط رئيسة للقياس. تقع -عامةً- على بعد مسافات تتراوح من ٩ إلى ٢٤ كم، وبمجرد وضعها لن تتغير. يجب أن يبدأ القياس من ٠ متر عند كل محطة مرجعية. يحدد المربع الأصفر على علامات الطريق الموقع الدقيق للقياس؛ من خلال الإحداثيات (E ، N ، Z)، مع نظام إسقاط ميركاتور المستعرض العالمي (UTM). ينبغي أن تحدد نقاط المقطع بنقاط محددة جدًا أو مواقع تُحدد بسهولة، والعثور عليها في الميدان (تقاطع طريقين أو حدود المدينة أو القرية وغيره).

مواقع المسارات المحددة (ERP): تُوضع على بعد مسافات ٣ كم بين المحطات المرجعية. ينبغي إعادة وضع العلامات المُستبدلة حيثما أمكن في نفس الموقع، وإلا فسيكون من الضروري إعادة قياس المقطع. تساعد هذه العلامات في أخذ القياسات بين المحطات المرجعية. كل لافتة خاصة بموقع المسار المحدد ينبغي أن تعرض رقم المحطة المرجعية السابق والقياس من المحطة المرجعية.

العلامات الكيلومترية (KMP): تُوضع على بعد مسافة ١ كم تقريبًا. ينبغي أن يشير الشريط الأسود إلى أن العلامة الكيلومترية؛ هي: عبارة عن علامة تقريبية -فقط- ولا يمكن استخدامها للقياسات الدقيقة. يلزم في الطرق المقسمة تحديد العلامة الكيلومترية في الاتجاه التصاعدي بعد المحطة المرجعية أو موقع المسار المحدد، والعلامة الكيلومترية الثانية في الاتجاه التنازلي. اثنتان فقط من العلامات الكيلومترية توضع بين مواقع المسارات المألوفة المتتابعة.

علامات الروابط (LK): مواقع العلامات توضع بالرابط الموجود بين طريقين (الانعطاف يمينًا، أو الدوران للخلف، والانعطاف يسارًا في بعض التقاطعات التي بها مسار منفصل). في حال وجود حفرة بالرابط -على سبيل المثال- بمسافة ٤ متر تقريبًا من العلامة، فإن موقع الحفرة هو (*I-00004-LK01-10-00057-01*)، ما يعني أنها موقع الرابط رقم (١) هو الطريق رقم (٥٧) عند المحطة المرجعية (RS) رقم (١٠) في الاتجاه التصاعدي.

في حال نقل جزء من طريق ضمن حدود مقطع أو مجموعة من المقاطع؛ فإن قيم الكيلومترات لهذا النقل داخل المقطع ينبغي أن تكون هي القيم الوحيدة التي من المقرر تغييرها. وينبغي ألا تتأثر قيم الكيلومترات بالمقاطع المجاورة. من المهم أنه بمجرد إنشاء النقاط المرجعية للمقطع؛ فينبغي أن تظل ثابتة لجميع تقييمات البيانات التشغيلية المستقبلية للعناصر؛ مثل: حوادث المرور، وأحجام الحركة المرورية، وعوامل تكلفة الصيانة، وما إلى ذلك.

٣-٥-٤ ترميز وتطبيقات النظام المرجعي الشبكي النموذجية:

توضح الأقسام الفرعية التالية أمثلة على التطبيقات النموذجية لتحديد النقاط المرجعية والمحطات التي يمكن استخدامها من أجل ترميز النظام المرجعي الشبكي (NRS) في المناطق الريفية والحضرية.

٣-٥-٤-١ الأنظمة المرجعية الشبكية بالمناطق الريفية:

يعتمد موقع المحطات المرجعية في الطرق الريفية على العديد من ا الأساسية، على وجه التحديد:

١- لا يزيد طول (المحطة المرجعية) عن ٢٤ كم في جميع الأحوال، ولا يقل عن ٩ كم.
٢- في حال وجود منطقة سكنية أو قرية أو مدينة؛ يُرقم المقطع الجديد عند أقرب مضاعف للثلاثة كيلومترات قبل الوصول إلى القرية أو المدينة. يبدأ بعد ذلك بمقطع جديد داخل حدود القرية أو المدينة، يبدأ بعدها الترقيم من أقرب مضاعف لثلاثة كيلومترات بشرط ألاّ يقل عن ٩ كيلومترات حسب الحالة السابقة.
٣- في حالة تقاطع أحد الطرق الريفية مع تقاطع رئيس آخر؛ يجب أن يتوقف ترقيم المقطع لأحد الطريقين. ينبغي أن يستمر المقطع للطريق مع معظم أحجام الحركات المرورية، أو يبدأ الطريق الأطول والطريق الآخر بالترقيم مع مقطع جديد.
٤- تنتهي المحطة المرجعية في التقاطعات عند كل طريق، وتبدأ بمقطع جديد.
٥- عند التقاطع السطحي؛ تستمر المحطة المرجعية الريفية دون توقف، بينما ينتهي طريق المحطة المرجعية الآخر، ويبدأ بمحطة مرجعية جديدة.
٦- لا يلزم في الحالات الخاصة أن يضاعف طول المحطة المرجعية إلى ثلاثة كيلومترات، مع التقيد بالحدود المسموح بها (٩-٢٤ كم) وتتمثل في الآتي:
   أ- النقطة (4) المذكورة أعلاه.
   ب- في الحدود القائمة بين المناطق الإدارية.
   ج- إذا كانت حدود القرية أو المدينة معروفة.
   د- في حال تغيير نهاية الطريق، أو سمات الطريق؛ (مقسمة أو غير مقسمة، وعدد المسارات، وما إلى ذلك).

مثال لتوزيع المحطات المرجعية (RS)، ومواقع المسارات المحددة (ERP)، والعلامات الكيلومترية (KMP) في الطريق الريفي، غير المقسم، رقم ٧٥ ، بالمحطة المرجعية ٧٥ ، في المنطقة رقم ١، (الرياض)، موقع مركبة في موقع المسار الفريد (*-00057-01-10-CL00-001531-I*).

حيث إن:

٠١ = المنطقة رقم (الرياض)، ينبغي أن تحتوي على رقمين.

٠٠٠٥٧ = رقم الطريق، ينبغي أن يكون مكونًا من خمسة أرقام.

١٠ = المحطة المرجعية رقم ١٠، ينبغي أن تحتوي على رقمين.

CL00 = رقم مسار الطريق؛ (في هذه الحالة، يكون الطريق عبارة عن مسار واحد في كل اتجاه؛ لذلك لا يلزم إضافة الرقم بعد الحرف L).

٠١٥٣١ = موقع المركبة؛ (على بعد مسافة ١,٥٣١ كيلومتر من المحطة المرجعية)، ينبغي تسجيل مسافة العنصر الذي يبعد عن المحطة المرجعية للمنزلتين العشريتين.

I = مسار جادة الطريق التصاعدية (ملاحظة: في الطريق غير المقسم، فإن الرمز (I) غير مذكور في العلامة؛ لأن موقع العلامات يشير إلى الاتجاه التصاعدي لجادة الطريق، (بمعنى آخر: عند القيادة على الطريق، إذا كانت اللافتات موجودة في الاتجاه الصحيح من الطريق، فهذا يعني أنك في الاتجاه التصاعدي، ولكن إذا كانت موجودة على يسار الطريق، فهذا يعني أنك تقود في الاتجاه التنازلي).

مثال آخر لتوزيع المحطات المرجعية (RS)، ومواقع المسارات المحددة (ERP)، والعلامات الكيلومترية (KMP) في الطريق الريفي، غير المقسمة، رقم ٥٧، بالمحطة المرجعية ٣٥، في المنطقة رقم ١ (الرياض)، موقع الشاحنة في موقع المسار الفريد (*01-00057-35-CL02-01195-I*).

حيث إن:

٠١ = المنطقة رقم (الرياض)، ينبغي أن تحتوي على رقمين.

٠٠٠٥٧ = *رقم الطريق، ينبغي أن يكون مكونًا من خمسة أرقام.*

٣٥ = *المحطة المرجعية، رقم ٣٥، في الطريق ٥٧، ينبغي أن تحتوي على رقمين.*

CL02 = *المسار الثاني؛ (يبدأ مرجع الترقيم من متوسط إلى آخر، الطريق عبارة عن طريق مكون من حارتين).*

٠١١٩٥ = *موقع المركبة؛ (على بعد مسافة ١,١٩٥كيلومتر من المحطة المرجعية ٣٥)، ينبغي تسجيل مسافة العنصر الذي يبعد عن المحطة المرجعية للثلاثة منازل عشرية.*

I = *اتجاه مسار* جادة *الطريق التصاعدي.*

٣-٥-٤-٢ الأنظمة المرجعية الشبكية بالمناطق الحضرية

يمثل هذا الكود ثلاثة خيارات لترميز الطرق الحضرية. على الجهة المسؤولة عن الطرق اختيار الأنسب لشبكة الطرق. جميع الخيارات منسقة بشكل مناسب، وتتضمن جميع العناصر المطلوبة لتحديد مقاطع الطريق.

٣-٥-٤-٢-١ الخيار الأول لترميز الطرق الحضريّة

النظام المقترح الأول مشابه لنظام الترميز الريفي، مع إحداث بعض التطورات في التقاطعات السطحية، والتقاطعات المزودة بإشارات، والمنحدرات. في التقاطعات، بالنسبة للطريق الأعلى حركة مرور؛ تصبح المحطة المرجعية مستمرة. يتوقف الطريق الآخر في المحطة المرجعية قبل التقاطع، وتبدأ بعد ذلك بعد التقاطع بمحطة مرجعية جديدة. يتميز النظام بمرونته في المناطق الحضرية، ولا يوجد حد أدنى للطول (للمحطة المرجعية) أو (مواقع المسارات المألوفة). إذا كان طول مقطع الطريق أقل من ٣ كم؛ فهذا يعني أن محطة مرجعية واحدة -فقط- مطلوبة في هذا الطريق.

تتضمن الشبكة المرجعية في المنطقة الحضرية أربعة حالات عامة:

١- ربط طريق فرعي بطريق رئيس، أو بطريق فرعي.
٢- تقاطعات مزودة بإشارات مرورية.
٣- محول مع منحدرات.
٤- دوار.

٣-٥-٤-٢-٢ الخيار الثاني لترميز الطرق الحضريّة

في الخيار الثاني؛ تقسم المدينة إلى أجزاء أصغر لأغراض الإدارة والصيانة. كل مدينة في المناطق الإدارية مقسمة إلى وحدات إدارية وتنظيمية؛ تسمى: بلدية فرعية. البلدية الفرعية؛ هي: عبارة عن منطقة تحددها بعض الشوارع الرئيسة في الحدود، ولكنها يمكن أن تحتوي على العديد من الشوارع الرئيسة داخلها. خُصصت أرقام للبلديات الفرعية تتألف من خانتين.

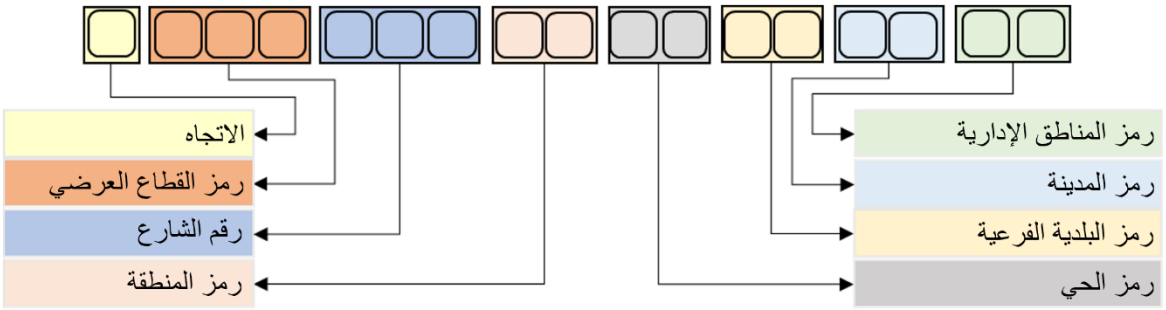
الحي؛ هو: جزء فرعي لبلدية فرعية، يتكون من منطقتين أو أكثر. المنطقة مرتبطة بأربعة شوارع رئيسة، ولكن لا يزال من الممكن أن تحتوي على شوارع رئيسة بداخلها. لتحديد المنطقة؛ يُخصص رقم مكون من خانتين. لتحديد المنطقة مع البلدية الفرعية؛ يُخصص رقم مكون من أربع خانات. أول خانتين هما رمز البلدية الفرعية، والخانتان الثالثة والرابعة هما رمز المنطقة. كل حي مقسم إلى مناطق.

المنطقة؛ هي: مساحة محاطة بأربعة شوارع رئيسة، وتحتوي بداخلها على العديد من الشوارع الفرعية، ومع ذلك فإنها تحتوي على أي شارع رئيس بداخلها. يُخصص رقم مكون من خانتين لكل منطقة. لتحديد موقع منطقة في شبكة المدينة؛ يلزم وجود ست خانات: الخانتان الأولى والثانية تمثلان البلدية الفرعية، والثالثة والرابعة للحي، والخامسة والسادسة للمنطقة. تقدم الأجزاء التالية وصفًا لنظام التعريف المعتمد لكل من الشوارع الرئيسة والثانوية.

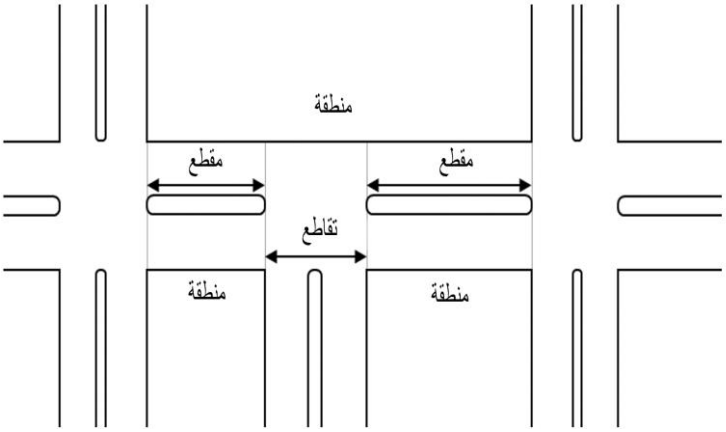
أ- نظام تمييز الشوارع الرئيسة

يُعرَّف الشارع الرئيس؛ بأنه: الشارع الذي يربط بين شارعين رئيسين، ويبلغ عرضه ٢٥ م أو يوجد به جزيرة في الوسط. كل شارع رئيس له رمز؛ مكون من ثلاث خانات، واسم مميز. الشكل (٣-١١) والشكل (٣-١٢) يُظهران نظام تمييز الشوارع الرئيسة وترميزها على التوالي. المقطع؛ هو: طول شارع رئيس بين تقاطعين مزودين بإشارة في اتجاه واحد. كل مقطع للشارع الرئيس مكون من تسعة خانات؛ الستة الأولى لتحديد المنطقة، والثلاثة الأخيرة لتحديد الشارع الرئيس. بالنسبة للشارع الرئيس؛ تُعد وحدة المعاينة هي أصغر مكون بالشارع، تتكون وحدة المعاينة من ١٠٠ م طول لكل مسار بالمقطع، ويتكون رمز وحدة المعاينة من خانتين. الخانة الأولى تشير إلى المسار، والخانة الثانية تشير إلى موقع العينة طوليًا. على سبيل المثال (L1): يقصد به المسار الأيسر، وأول ١٠٠ م في المقطع.

وحدات المعاينة للتقاطع في الشوارع الرئيسة مرقمة، بعكس اتجاه عقارب الساعة. يبلغ طول كل وحدة معاينة ٥٠ م في كل اتجاه من التقاطع.



الشكل (٣–١١) الخيار الثاني لنظام الترميز (Dammam Municipality, 1417).



الشكل (٣–١٢) تحديد الشارع الرئيس في المناطق الحضرية (Dammam Municipality, 1417).

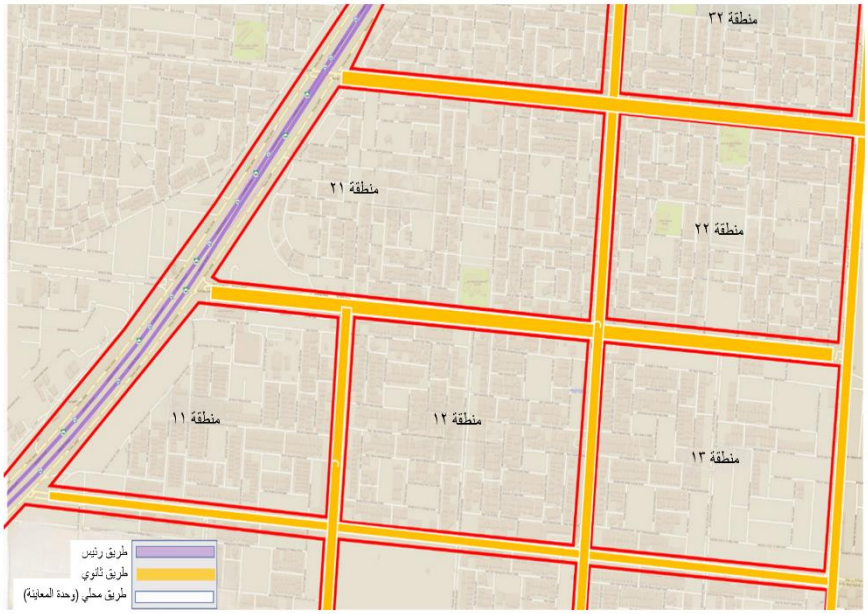
تشرح النقاط التالية نظام الترميز في الشكل (٣-١١):

١- رمز المناطق الإدارية؛ هو: عبارة عن رمز مكون من حرفين؛ على النحو الموضح في الجدول (٣-٦).
٢- رمز المدينة في المنطقة الإدارية؛ هو: عبارة عن رمز مكون من رقمين، ويعتمد رمز هذه الأرقام على قرار وزارة النقل والخدمات اللوجستية أو الجهة المحلية.
٣- رمز البلدية الفرعية؛ هو: عبارة عن رمز مكون من رقمين، ويعتمد رمز هذه الأرقام على قرار وزارة النقل والخدمات اللوجستية أو الجهة المحلية.
٤- رمز الحي؛ هو: عبارة عن رمز مكون من رقمين، ويعتمد رمز هذه الأرقام على قرار وزارة النقل والخدمات اللوجستية أو الجهة المحلية.
٥- رمز المنطقة؛ هو: عبارة عن رمز مكون من رقمين، ويعتمد رمز هذه الأرقام على قرار وزارة النقل والخدمات اللوجستية أو الجهة المحلية.
٦- رقم الشارع الرئيس؛ هو: عبارة عن رمز مكون من ثلاثة أرقام، ويعتمد رمز هذه الأرقام على قرار وزارة النقل والخدمات اللوجستية أو الجهة المحلية.
٧- رمز القطاع العرضي؛ هو: عبارة عن رمز مكون من حرفين ورقم واحد؛ والأخير على النحو الموضح في الشكل (٣-٨).
٨- رموز الاتجاهات؛ تتمثل في: رمز باتجاه الشمال (ش)، ورمز باتجاه الجنوب (ج)، ورمز باتجاه الشرق (ش)، ورمز باتجاه الغرب (غ).

ب- نظام تمييز الشارع الثانوي:

الشوارع الثانوية؛ تشمل: جميع فئات الشوارع خارج نطاق تحديد الشوارع الرئيسة. الشوارع الثانوية تقع داخل منطقة محددة محاطة بأربعة شوارع رئيسة. لتحديد الشارع الثانوي؛ تُستخدم خانتان بعد الخانات الست، ويكون للشارع الثانوي اسم مميز. الست خانات الأولى على النحو المذكور للمنطقة، والخانتان السابعة والثامنة تُخصصان لشارع معين واسم محدد. تُستخدم الأرقام الفردية؛

لتحديد الشوارع الثانوية داخل منطقة تتجه من الشمال إلى الجنوب برقم أقل، يُبدأ من الشارع الأول على الجانب الشرقي من المنطقة، ثم تتحرك الأرقام الفردية الأعلى غربًا. الأرقام الزوجية تُستخدم لتحديد الشوارع الثانوية في الاتجاه من الشرق إلى الغرب. ويبدأ الرقم الأصغر من الشارع الثانوي الأول في أقصى الشمال داخل المنطقة.



الشكل (٣–١٣) تمييز الشوارع الثانوية في المناطق الحضرية.

بالنسبة للشارع الثانوي، يمثل الشارع بأكمله وحدة معاينة واحدة. وبالتالي؛ فإن رمز وحدة المعاينة المستخدم يمثل رقم الرمز الخاص بشارع معين. الشكل (٣-١٣) يوضح نظام تحديد شبكة الشوارع الثانوية.

الجدول (٣–٦) رموز المناطق الإدارية في المناطق الحضرية.

الرمز	المنطقة الإدارية	الرمز	المنطقة الإدارية
RY	الرياض	**NB**	الحدود الشمالية
EP	المنطقة الشرقية	**JF**	الجوف
MC	مكة	**HL**	حائل
MD	المدينة	**AR**	عسير
QS	القصيم	**JZ**	جازان
NJ	نجران	**BH**	الباحة
TB	تبوك		

٣-٥-٤-٢-٣ الخيار الثالث لترميز الطرق الحضريّة

في هذا الخيار، يحتوي ترميز النظام على تسعة عشر خانة؛ كما هو موضح في الشكل (٣-١٤). قُسمت المدينة في المنطقة الإدارية، إلى وحدات إدارية وتنظيمية؛ تسمى: البلديات الفرعية. البلدية الفرعية؛ هي: منطقة محددة ببعض الشوارع الرئيسة في الحدود، ولكنها يمكن أن تتضمن العديد من الشوارع الرئيسة بداخلها. وقد قسمت هذه البلديات الفرعية إلى مناطق؛ استنادًا إلى الشوارع الرئيسة المحيطة بها، وفي هذه المناطق توجد شوارع رُمز لها بثلاث خانات. كذلك يُرمز للمقطع بثلاث خانات. ويُرمز لاتجاه الشارع بخانتين: (٠١ للشمال، ٠٢ للشرق، ٠٣ للجنوب، ٠٤ للغرب). سمات مقاطع الطرق يُرمز لها بخانتين (الجدول ٣-٧).

السمة		الاتجاه		المقطع			الطريق			المنطقة			البلدية الفرعية		المدينة		المنطقة الإدارية	
١	٠	١	٠	١	٠	٠	٦	٢	٠	٤	١	٠	٢	٠	١	٠	P	E
١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١

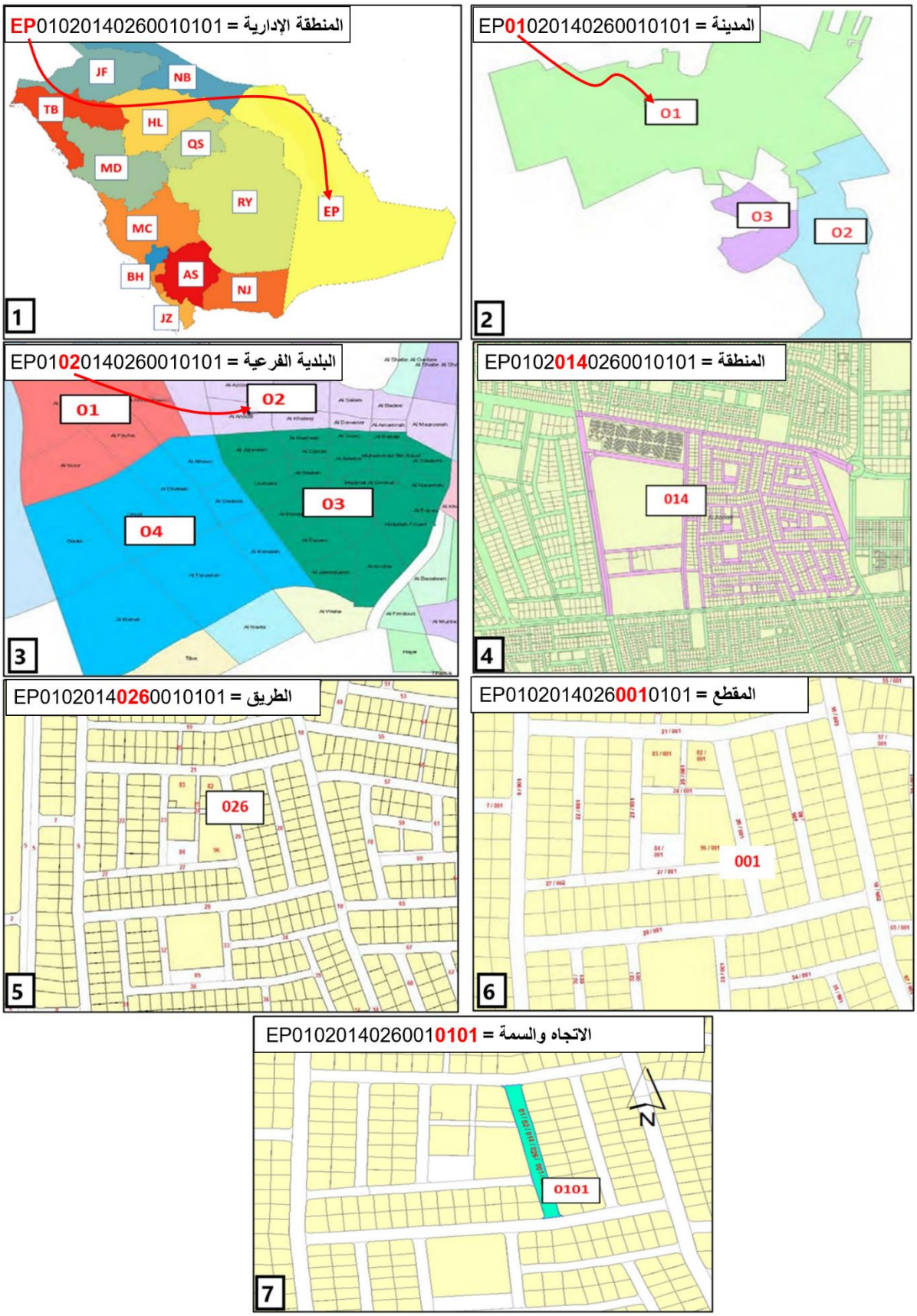
الشكل (٣–١٤) الخيار الثالث لنظام الترميز الحضري.

يوصف نظام الترميز في سبع خطوات؛ كما هو موضح في الشكل (٣-١٥). تُعرض أمثلة لترميز النظام؛ للطريق الرئيس، والتقاطع، والدوَّار، والشوارع المحلية؛ في الشكل (٣-١٦)، و الشكل (٣-١٧)، و الشكل (٣-١٨)، والشكل (٣-١٩) ، على التوالي.

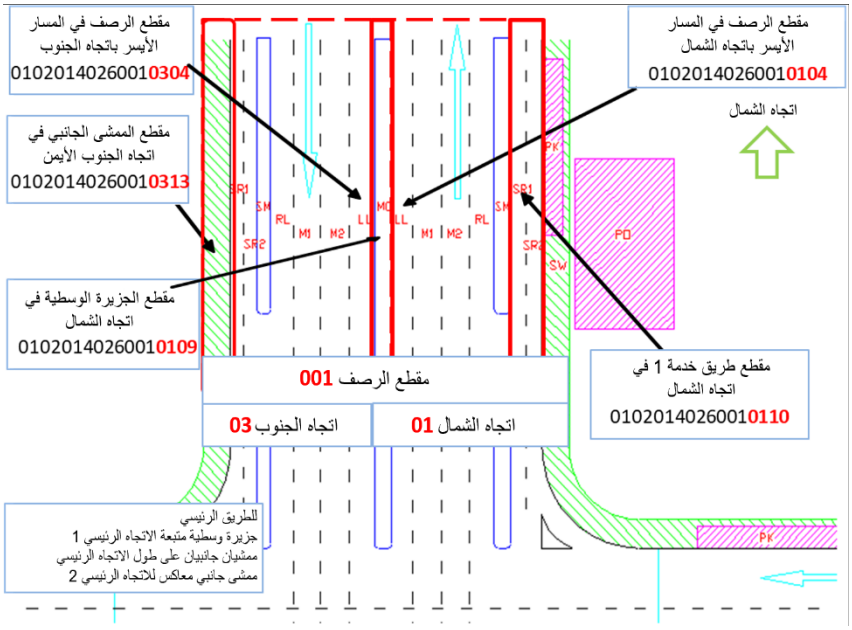
الجدول (٣–٧) وصف السمات وأرقام ترميزها.

وصف المجموعة	رقم الخاصية	الاسم المختصر للخاصية	وصف الخصائص
شارع محلي، شارع منافع عامة.	٠١	LR	طريق محلي.
	٠٢	UR	طريق منافع عامة.
طريق رَئِيسِ.	٠٣	RL	المسار الأيمن.
	٠٤	LF	المسار الأيسر.
	٠٥	ML1	المسار الأوسط ١.
	٠٦	ML2	المسار الأوسط ٢.
	٠٧	ML3	المسار الأوسط ٣.
	٠٨	ML4	المسار الأوسط ٤.
جزيرة وسطية.	٠٩	MC	جزيرة وسطية.
طرق خدمة.	١٠	SR1	طريق خدمة ١.
	١١	SR2	طريق خدمة ٢.

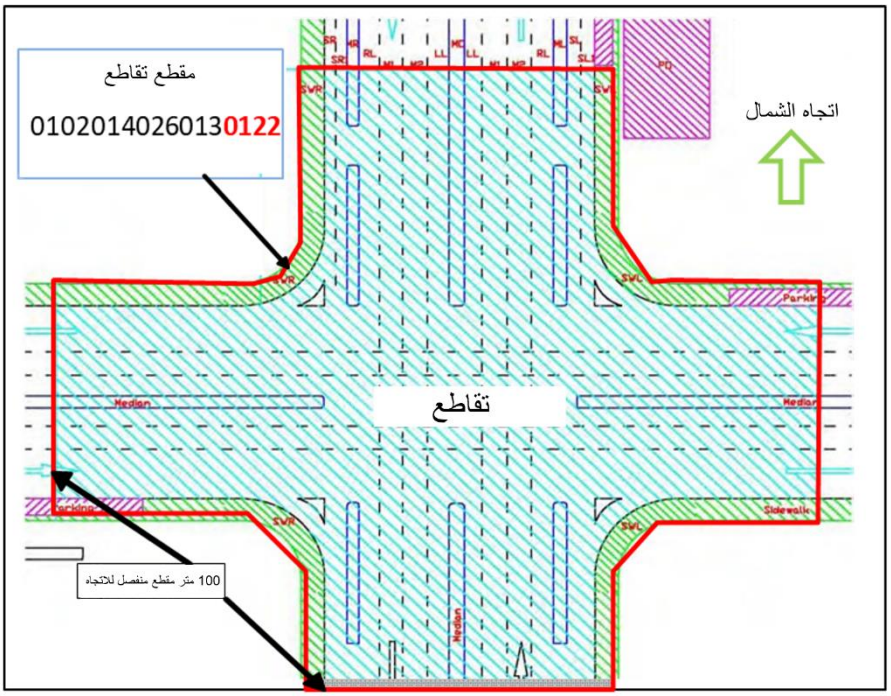
وصف المجموعة	رقم الخاصية	الاسم المختصر للخاصية	وصف الخصائص
	١٢	SR3	طريق خدمة ٣.
أرصفة مشاة.	١٣	SWR	رصيف المشاة الأيمن.
	١٤	SWL	رصيف المشاة الأيسر.
	١٥	SWM	رصيف المشاة في الجزيرة الوسطية.
مواقف سيارات.	١٦	ONP	موقف سيارات على الطريق، (مُعبّد).
	١٧	OFP	موقف سيارات خارج الطريق، (مُعبّد).
	١٨	SRP	موقف سيارات على طريق خدمة، (مُعبّد).
	١٩	ONPU	موقف سيارات على الطريق، (غير مُعبّد).
	٢٠	OFPU	موقف سيارات خارج الطريق، (غير مُعبّد).
	٢١	SRPU	موقف سيارات على طريق خدمة، (غير مُعبّد).
تقاطع، دوار.	٢٢	INT	تقاطع.
	٢٣	RND	دوار.
عنصر منافع عامة.	٢٤	MH	غرفة تفتيش.
	٢٥	WP	تجمع مياه.
	٢٦	UC	حفريات للمنافع العامة.



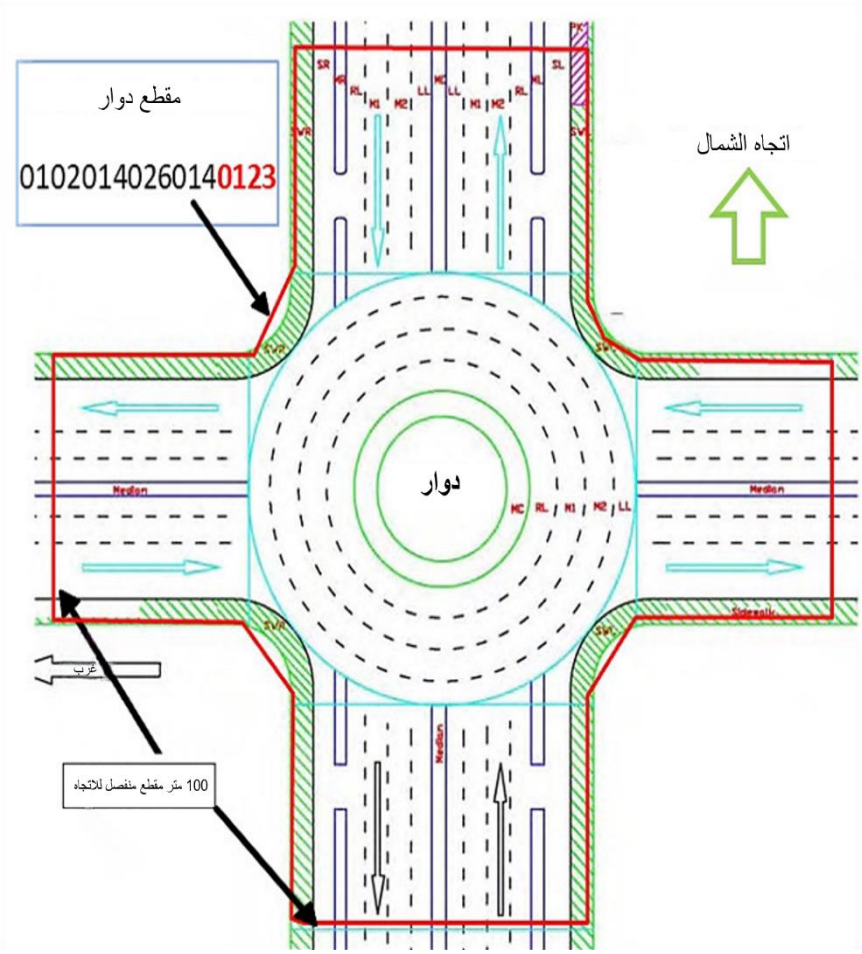
الشكل (٣–١٥) مثال على طريقة ترميز الطريق في الخيار الثالث (Dammam Municipality, 1417).



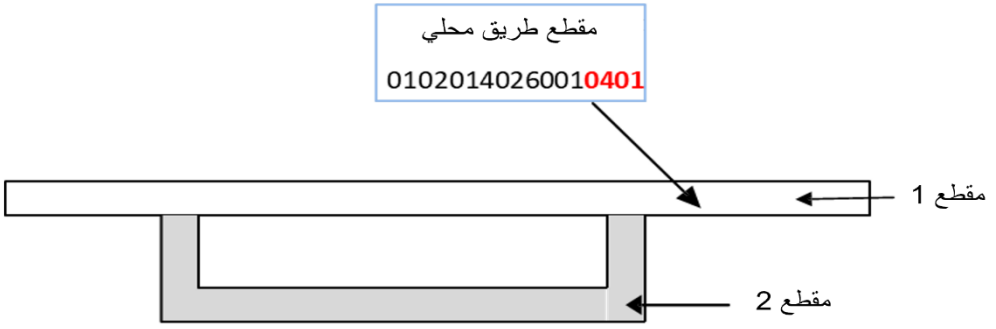
الشكل (٣–١٦) مثال على ترميز الطريق الرئيس (Dammam Municipality, 1417).



الشكل (٣–١٧) مثال على ترميز التقاطعات (Dammam Municipality, 1417).



الشكل (٣–١٨) مثال على ترميز دوار (Dammam Municipality, 1417).



الشكل (٣–١٩) مثال على ترميز طريق محلي.

٤- بيانات قائمة جرد الطريق:

٤-١ المقدمة :

تمثل قائمة جرد الطريق جزءًا أساسا من أي نظام لإدارة الرصف. وتُجرى هذه العملية؛ لجمع البيانات الوصفية والإحصائية من جميع أنظمة الطرق. وينبغي مطابقة جميع المعلومات الحالية أو السابقة مع الرقم المرجعي لمقاطع الطرق. وتُستخدم البيانات المجمعة؛ لإجراء تحليلات وتقارير مختلفة داخل الجهة المسؤولة عن الطرق (إدارات الطرق)، وفي جميع شهادات اعتماد الطرق العامة. قائمة جرد الطرق مهمة -للغاية- من أجل الإدارة الفعَّالة للرصف. يتولى تنفيذ هذه العملية -عادة- فني في المجال؛ يدويًا: من الصور الجوية/الفضائية التي يُتحصل عليها، أو شبه تلقائي: من خلال تطبيق برمجي. والواقع أن الخيارين الأولين يستهلكان وقتًا طويلًا للغايَّة، وعليه فإن تكاليفهما باهظة؛ لذلك تحاول العديد من إدارات الطرق تنفيذ جزء -على الأقل- من هذه المهمة بطريقة مؤتمتة. يمكن أن تكون قائمة جرد الطرق نظامًا لإدارة الأصول، يستند إلى نظام المعلومات الجغرافية، ولنظام إدارة الرصف. وهي غير مصممة لدعم البحث عن المسارات، كما أنها غير مصممة لدعم الترميز الجغرافي. وهي جزء من نظام إدارة الرصف، وتُستخدم في تحليل صيانة الطرق، وإعداد التقرير السنوي لرصد الأداء. يتولى فريق جرد الطرق في إدارة الطرق مسؤولية جمع التقارير، وإدارتها، وتحديثها، وإعدادها، ودمج جميع بيانات قائمة الجرد مع نظام إدارة الرصف.

٤-٢ نطاق قائمة الجرد:

من أهم الخطوات في تنفيذ نظام إدارة صيانة الرصف وضع قائمة جرد لشبكة الرصف؛ فعملية الجرد هي أساس نظام إدارة صيانة الرصف، ويجب وضعها مع خطة محددة -جيدًا- لاستخدام كل عنصر بيانات يُجمع؛ لتزويد مسؤول نظام إدارة صيانة الرصف بالدعم اللازم له في عملية اتخاذ القرار؛ لذا فمن المهم تحديد البيانات التي يجب جمعها، وكيفية استخدام البيانات، وكيفية جمع البيانات، ووقت تنفيذ ذلك؛ وهذا يضمن إمكانية استخدام أنواع البيانات المُجمعة في عملية صنع القرار، ويلغي جمع البيانات غير الضرورية المكلفة من حيث المال والوقت. لذا ينبغي مراعاة عدة عوامل عند تحديد البيانات التي يجب جمعها:

- ما هي القرارات التي ستُتخذ.
- ما هي البيانات اللازمة لاتخاذ تلك القرارات.
- حجم شبكة الطرق.
- نوع الجهة المعنية، وخصائصها.
- نوع وتكلفة الحصول على البيانات، ومعالجتها.
- الدقة المطلوبة للبيانات.
- التكرار المطلوب لجمع البيانات.
- قدرات قاعدة البيانات.

ينبغي جمع بيانات قوائم الجرد لكل مقطع في المناطق الحضرية والريفية. وفي المناطق الحضرية، يجب أن تغطي قائمة الجرد كل جزء من الطريق، في الشبكة، في جميع أنحاء طرق المدينة المتاحة لاستخدام العموم، والتي تستخدمها المركبات المؤتمتة بانتظام. وتُجمع قائمة جرد الطرق في المناطق الريفية لكل مقاطع الطريق. وستكون الاستثناءات طرقًا أو مسارات بدائية لا تربط بين الأماكن أو المساكن أو الشركات أو المصانع أو الأماكن الترفيهية. وينبغي دعم سياسات اتخاذ القرار بالبيانات اللازمة والموثوق بها.

٤-٣ تصنيف الطرق:

ينبغي تحديد نطاق مقطع الطريق وعمل جرد مفصل له استنادًا إلى التصنيف الوظيفي للطريق. وكما ورد في الجزء (٣-٤)، تشمل اعتبارات تصنيف الطرق خمسة أصناف وظيفية: الطرق السريعة (Freeways)، والطرق شبه السريعة (Expressways)، والطرق الشريانية، والطرق التجميعية، والطرق والشوارع المحلية. إن مقدار التنقل والوصول إلى الأراضي الذي توفره هذه الأنواع من الطرق تختلف اختلافًا كبيرًا؛ لذلك من المهم معرفة بيانات المرور في أثناء تقييم حالة الرصف التابعة لأنواع هذه الطرق في المناطق الحضرية.

ينبغي تقسيم جمع البيانات إلى مستويين. فالبيانات على مستوى الشبكة ينبغي أن تخدم التخطيط العام والبرمجة وقرارات السياسات التي يدعمها نظام إدارة صيانة الرصف على مستوى الشبكة. أما البيانات على مستوى المشروع فينبغي -أيضًا- أن تدعم القرارات المتعلقة بأفضل طريقة لتطبيقها على مقطع محدد من الرصف. وعند تجميع البيانات؛ يمكن تخزين العناصر المحددة لإنشاء قاعدة بيانات أكثر اكتمالًا بمرور الوقت. ومع ذلك يجب وضع خطة لتحديث تلك البيانات.

ينبغي جمع عناصر البيانات اللازمة؛ لدعم القرارات على مستوى الشبكة. وستلزم بيانات مفصلة على مستوى المشروع، يمكن جمعها عند اكتمال التحليل. وعند تحديد البيانات التي يجب جمعها؛ توجد قاعدتان بسيطتان:

- لا تجمع إلا البيانات التي تحتاج إليها.
- لا تجمع البيانات إلا عندما تحتاج إليها.

من المتوقع أن تتأثر حالة الرصف ونوع العيوب تأثرًا كبيرًا بنوع الطرق (الحضرية أو الريفية). وفي الطرق الريفية: تصنف العيوب على أنها عيوب إنشائية. وفي الطرق الحضرية: تصنف معظم هذه العيوب على أنها عيوب وظيفية. أما الطرق الحضرية فهي تلك التي تقع داخل حدود منطقة مبنية، ويمكن للمستخدمين الوصول إليها بسهولة؛ ولذلك فإن صيانة الطرق الحضرية أمر صعب؛ بسبب زيادة الطلب العام عليها. وعلى العكس من ذلك؛ فكثيرًا ما تُعرف الطرق الريفية بأنها طرق تربط بين المدن والمجتمعات البشرية الأخرى، من أجل الترفيه واستخدامات إدارة الموارد. ويمكن أن تكون قد شُيّدت وفقا لمواصفات منخفضة نسبيًا بميزانية محدودة.

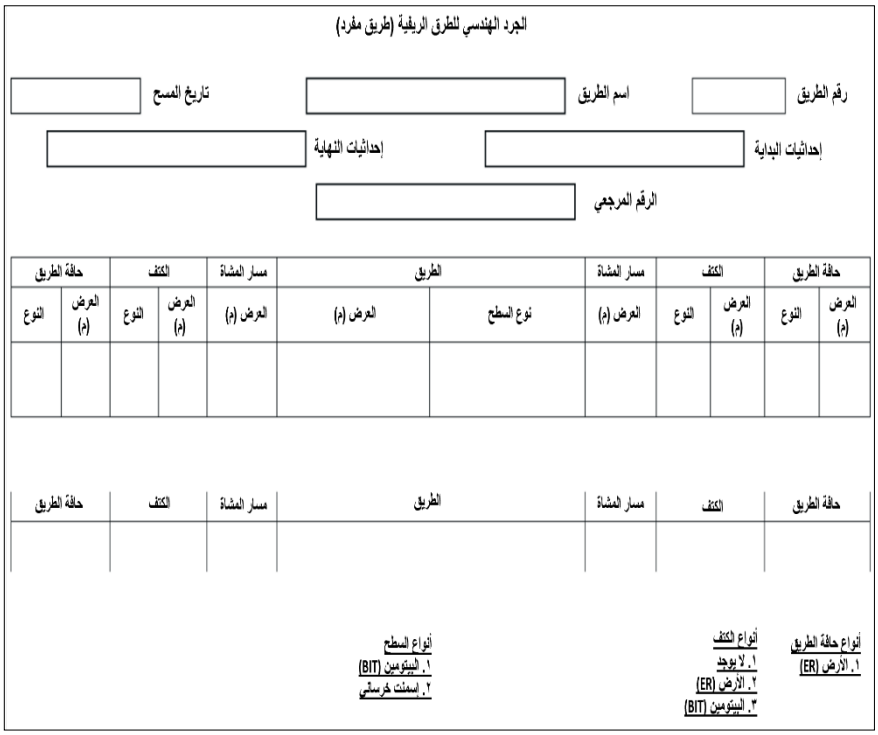
٤-٤ طريقة الجرد:

يمكن استخدام عدة طرائق لجمع القياسات الهندسية (الجيومترية)، والبيانات الأخرى اللازمة لكل مقطع من الرصف في الشبكة. وتتضمن هذه الطرائق -على سبيل المثال لا الحصر- ما يلي:

- ستؤخذ قائمة الجرد؛ عن طريق السير مشيًا على مقطع الطريق الذي سيُجرد، وتسجيل موقع العناصر التي ستُجرد من نقطة بداية الطريق.
- ستؤخذ قائمة الجرد بقيادة مركبة آلية فوق الطريق؛ لحصر وتسجيل موقع العناصر التي ستُجرد من نقطة بداية الطريق.
- الرسومات التنفيذية، وجداول الكميات للإنشاء وإعادة التأهيل.
- خرائط شبكة الطرق الرقمية.
- المسح المؤتمت للطرق في أثناء جمع حالة الرصف.

في حال عدم توفر تاريخ التشييد؛ ينبغي حفر خندق أو ثقب (جسّة) في الرصف لجمع البيانات اللازمة.

وعلى الرغم من أن جمع بياناته ومعالجتها أمر مكلف، ويستغرق وقتًا طويلًا؛ فإنه عنصر أساسي في نظام إدارة الرصف. ولتسهيل عملية جمع البيانات؛ يمكن إعداد نموذج جمع البيانات بعد الموافقة عليه؛ كما هو موضح في الشكل (٤-١). وتشكل بيانات الجرد الأساس لنظام إدارة الرصف. كذلك ينبغي تصميم نماذج جمع البيانات؛ بحيث تكون مفهومة، وسهلة الاستخدام، ودقيقة في التسجيل.



الجرد الهندسي للطرق الريفية (طريق مفرد)

رقم الطريق | اسم الطريق | تاريخ المسح

إحداثيات البداية | إحداثيات النهاية

الرقم المرجعي

حافة الطريق		الكتف		مسار المشاة	الطريق		مسار المشاة	الكتف		حافة الطريق	
العرض (م)	النوع	العرض (م)	النوع	العرض (م)	نوع السطح	العرض (م)	العرض (م)	النوع	العرض (م)	النوع	العرض (م)

حافة الطريق	الكتف	مسار المشاة	الطريق	مسار المشاة	الكتف	حافة الطريق

أنواع حافة الطريق
١. الأرض (ER)

أنواع الكتف
١. لا يوجد
٢. الأرض (ER)
٣. البيتومين (BIT)

أنواع السطح
١. البيتومين (BIT)
٢. اسمنت خرساني

الشكل (٤–١) نموذج لبيانات الجرد الهندسي (الجيومتري) لطريق ريفي.

٤-٥ أنواع بيانات الجرد:

هناك عدة فئات رئيسة من بيانات الجرد التي ينبغي مراعاتها في إدارة الرصف. وتشمل هذه الفئات ما يلي:

- تعريف المقطع ووصفه.
- التخطيط الهندسي (الجيومتري).
- الهيكل الإنشائي للرصف.
- التشييد والصيانة.
- التكلفة.
- الطقس، وتوافر نظام صرف المياه، ونوعه.
- الحجم المروري، ومزيج المركبات في حركة المرور.

٤-٥-١ تعريف المقطع:

بعد تحديد عملية الإحالة المرجعية -كما هو موضح في الباب (٢)- يجب تعريف ووصف المقطع؛ لاستخدامه في قاعدة البيانات. والطريقة التي ينبغي استخدامها؛ هي: طريقة الخصائص المنتظمة. في هذه الطريقة -وعلى عكس طريقة الطول الثابت- يمكن أن تتغير خصائص الرصف خلال طول المقطع. وتستخدم هذه الطريقة العديد من إدارات الطرق.

٤-٥-٢ الجرد الهندسي (الجيومتري):

تشير هندسة مقطع الرصف (الجيومترية) إلى تصنيفه وسماته المادية. وينبغي أن يتضمن كل مقطع من مقاطع الرصف ما يلي: مرجع الموقع، وطول المقطع، وتصنيف الطريق، ورقم الطريق، واسم الطريق، وعدد المسارات، وعرض المقطع، ونوع الكتف، وعرضه، والميل (الطولي)، والميل الجانبي (العرضي)، والانحناء، وحافة الرصيف (البردورة)، وحواجز الحماية. وهذه البيانات مفيدة -كثيرا- في تخطيط الصيانة أو إعادة التأهيل الرئيسة.

٤-٥-٣ قائمة جرد الهيكل الإنشائي :

إن سجل تاريخ إنشاء مقطع الرصف هو في الأساس عملية الجرد الإنشائي للرصف. وهذا غير كافٍ لنظام إدارة الرصف. وينبغي أن يشمل السُمك، ونوع المواد؛ مثل: كثافة الطبقات المدموكة، وثبات طبقة الخرسانة الأسفلتية، وقوة الضغط للخرسانة، وما إلى ذلك، كما ينبغي أن تشتمل قائمة الجرد الإنشائي على سجلات الصيانة الرئيسة؛ مثل: الطبقات الإنشائية وإعادة التأهيل.

٤-٥-٤ بيانات التكاليف:

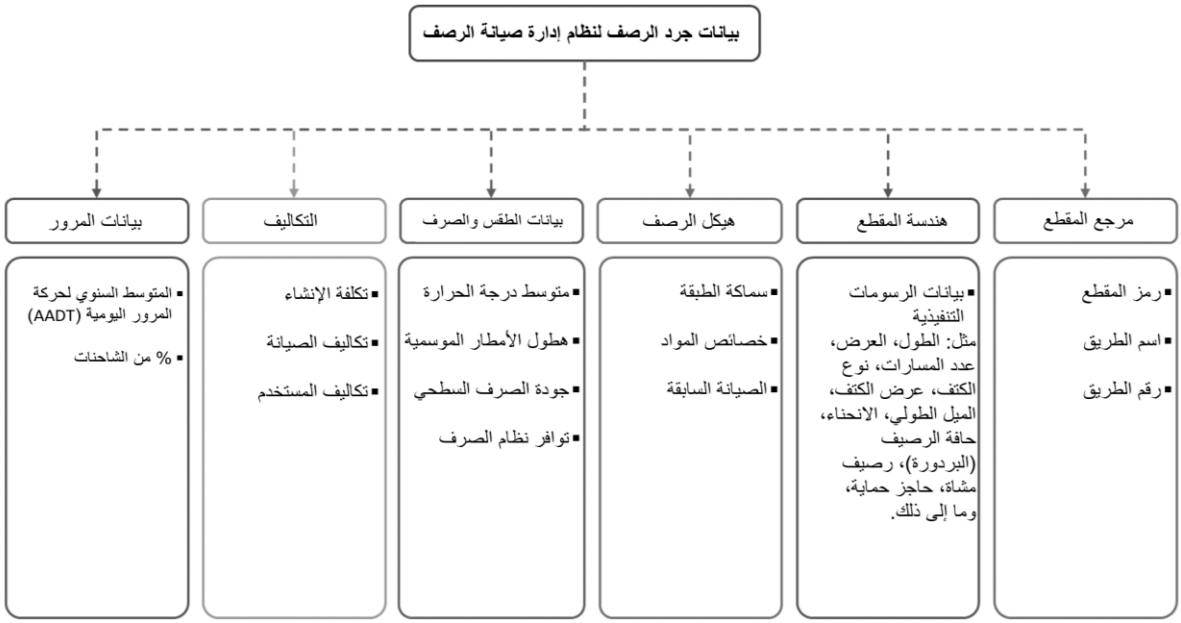
ينبغي أن تشتمل بيانات التكاليف على: تكاليف الإنشاء الجديد، والصيانة، وإعادة التأهيل. يُنصح -أيضًا- بإدراج تكلفة المستخدم. ويمكن تسجيل تكاليف الإنشاء والصيانة من السجلات والدراسات الاستقصائية للمشاريع المكتملة مؤخرًا. وتشمل تكاليف الصيانة تكلفة المواد وتكاليف الإنشاء. لا سيما أنه عند تقدير تكلفة الصيانة، يجب مراعاة حالة الرصف، والحجم المروري.

٤-٥-٥ بيانات الطقس وأنظمة صرف المياه:

يتأثر أداء الرصف تأثرًا كبيرا بالأحوال المناخية المحلية. تساعد سجلات الظروف البيئية مهندسي الرصف على التنبؤ بأحوال الرصف، واختيار استراتيجية صيانة الرصف. تؤثر نوعية صرف المياه السطحية -ولا سيما في الطرق الريفية-، وخصائص الكتف تأثيرًا مباشرًا في أداء الرصف. ويمكن -أحيانًا- أن يكون توافر أنظمة صرف المياه على الطرق الحضرية عاملًا في اختيار نوع نشاط الصيانة، وفي برامج تحديد الأولويات في مجال الصيانة. وقد تكون البيانات التي تصف صرف المياه إما قيمة مسامية الرصف أو مسجلة انطباعيًا على أنها جيدة أو مقبولة أو ضعيفة. وفي المناطق الحضرية، توصف بيانات صرف المياه بتوفرها من عدمه.

٤-٥-٦ بيانات المرور:

يمثل الجرد المروري عاملًا مهمًا جدًا يؤثر على حالة الرصف وأدائه. فإن حركة المرور على الطرق -خاصة حركة المرور الكثيفة- هي السبب في معظم حالات تشققات الرصف. وهي -أيضا- عامل في اختيار أكثر استراتيجيات الصيانة فعاليّة؛ من حيث التكلفة لمشروع إعادة التأهيل. وتستخدم معلومات المرور والتحميل في تحديد الأولويات، وتطوير نماذج الأداء، ومعايرتها، واختيار معالجات الصيانة. متوسط المرور السنوي اليومي (AADT)، ما يعادل ١٨ ألف رطل (18-kip) تحميل للمحور الواحد، والنسبة المئوية للشاحنات هي المقاييس الشائعة لمستوى حركة المرور. وينبغي إدراج معدل نمو حركة المرور المقدر عند تحديد المتوسط السنوي لحركة المرور اليومية. الشكل (٤-٢) يوضح بيانات الجرد الرئيسة المطلوبة لنظام إدارة الرصف. ومن ثم فإنه يلزم -إلى جانب الحجم المروري الكلي- معرفة مزيج حركة المرور؛ من خلال النسب المئوية لفئات المركبات المختلفة من أجل الحصول على نظرة عامة على تركيب حركة المرور.



الشكل (٤–٢) أنواع بيانات الجرد المطلوبة لنظام إدارة صيانة الرصف.

٥- تقييم حالة الرصف:

٥-١ المقدمة:

إن تقييم الرصف هو الخطوة الأساسية في نظم إدارة صيانة الرصف. ويساعد في حالة الرصف؛ بحيث يمكن تخطيط أعمال الصيانة وإعادة التأهيل في الوقت المناسب. إنه الخطوة الأولى الضرورية قبل أي نوع من إجراءات الصيانة. كما أنه يوفر كل المعلومات اللازمة؛ لتحديد معالجات صيانة الطرق الصحيحة في الوقت المناسب. ويتيح تقييم الرصف السنوي لمديري الأصول أن يكونوا مبادرين إلى الإصلاحات الاستباقية، مع تقليل تحسينات الطوارئ المكلفة على الطرق. ويُحصل على البيانات من عمليات التقييم المستخدمة في تحديد متطلبات وأولويات الصيانة وإعادة التأهيل. ويمكن -أيضا- الإشارة إلى تقييم الرصف على أنه تشخيص للعيوب إلى حد كبير. كما يساعد التقييم في فهم حالة الرصف التي ستؤهل في النهاية للنجاح في إدارة هذه الظروف؛ حاليًا وفي المستقبل. فالغرض العام من تقييم حالة الرصف؛ هو: تقييم حالة الرصف الحالية، وتحديد الاحتياجات الفورية لصيانة الطرق، والتخطيط للاحتياجات المستقبلية.

يشرح هذا الباب كيفية إجراء استقصاء للحالة، وكيفية تحديد مؤشر حالة الرصف لأنواع مختلفة من الطرق والرصف. كما سيشمل -أيضًا- معدات قياس الخشونة؛ لتعيين مؤشر الخشونة الدولي (IRI)، والتقييم الإنشائي، ومعدات سماكة الطبقات، وتحليل مقاومة الانزلاق.

٥-٢ تقييم حالة الرصف:

٥-٢-١ المقدمة:

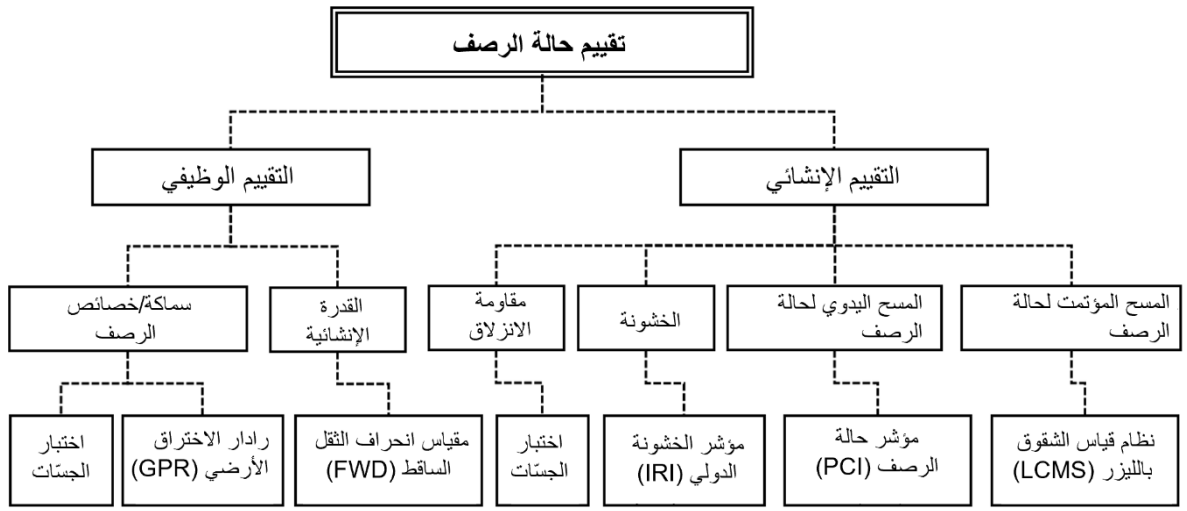
الوقت المناسب لإجراء تقييم الرصف؛ هو: عند بدء المشروع، وفائدة الحصول على المعلومات في هذا الوقت؛ هي:

١- يمكن تقييم معالجات إعادة التأهيل البديلة؛ لتحليل التكلفة المقدرة مقابل طول الخدمة المتوقعة.
٢- يمكن برمجة ميزانية كافية للمشروع.

هناك طريقتان لتقييم حالة الرصف:

الطريقة الأولى: هي التقييم الوظيفي للرصف، وفي هذه الطريقة يمكن تقييم حالة سطح الرصف المرن؛ من خلال حالة عيوب الرصف؛ مثل: التشقق، والتخدد، والترقيع، وعدم انتظام السطح. وتتعلق الحالة الوظيفية في المقام الأول بجودة الركوب، أو جوانب السلامة في مقطع الطريق (ملمس السطح، الميل العرضي، الرذاذ، الرشاش، وغيره). تتمثل الخصائص الرئيسة التي تُمسح في التقييم الوظيفي في مقاومة الانزلاق، وملمس السطح، وخشونة الطريق في قابلية الخدمة.

والطريقة الثانية: هي التقييم الإنشائي، الذي يُعرَّف بأنه مقياس الكفاية الإنشائية للرصف؛ لتحمل الأحمال المتوقعة على طول عمر الرصف. تتعلق الحالة الإنشائية بالقدرة الإنشائية للرصف؛ كما قيست بواسطة الانحراف، وسُمك الطبقة، وخواص المواد. يظهر هذا بوضوح في الشكل (٥-١).



الشكل (٥–١) طرق تقييم حالة الرصف.

تقييم الرصف، المطلوب استخدامه والمتاح في المملكة؛ هو:

١- نظام قياس الشقوق بالليزر (LCMS) – يقيس تشققات الرصف باستخدام مركبة مسح مؤتمتة.
٢- مؤشر حالة الرصف (PCI)– قياس تشققات الرصف بواسطة المسح البصري.
٣- مؤشر الخشونة الدولي (IRI)– يقيس خشونة الرصف وجودة الركوب.
٤- جهاز اختبار التماسك – قياس مقاومة الانزلاق.
٥- مقياس انحراف الثقل الساقط (FWD) – قياس انحراف الطريق/ القدرة الإنشائية.
٦- الرادار المخترق للأرض (GPR) – قياس سُمك طبقة الرصف، وحالتها .
٧- الجسّات – يستخدم لتحليل وتأكيد سُمك طبقة الرصف المقاسة؛ باستخدام الرادار المخترق للأرض (GPR).

٥-٢-٢ الفحص البصري:

٥-٢-٢-١ المسح المؤتمت لحالة الرّصف :

من أهم أجزاء المسح المؤتمت لحالة الرصف عملية جمع البيانات. وتُنجز هذه العملية بواسطة مركبات معقدة تقنيًا، تسير على الطريق بسرعات عالية لجمع البيانات وتخزينها. هناك العديد من أنواع مركبات المسح المؤتمت لحالة الرصف المتاحة، وبعضها يستخدم أنواعًا مختلفة من تقنية جمع البيانات؛ ومع ذلك فهي متشابهة -عمومًا- في حقيقة أنها -جميعًا- تحاول تحقيق نفس النتيجة النهائية، وبيانات حالة الرصف الدقيقة. نوع البيانات التي تُجمع بواسطة مركبات المسح المؤتمت لحالة الرصف، والتقنية المستخدمة لجمع البيانات؛ هي: العيوب السطحية، والتخدد، ومؤشر الخشونة الدولي (IRI)، والملمس (مقاومة الانزلاق وصرف المياه)، واتجاه الموضع (نصف قطر المنحنى، والميل، وبيانات المناسيب)، وإحداثيات الموقع لسمات الطريق لإنشاء خرائط؛ باستخدام نظام المعلومات الجغرافية.

يمكن تجهيز مركبة المسح المؤتمت لحالة الرصف؛ لجمع أنواع أخرى من البيانات إلى جانب أنواع البيانات المذكورة سابقًا. يمكن تزويد مركبة المسح بنظام يقيس انعكاسية العلامات والخطوط الأرضية. ومن الشائع -أيضًا- استخدام الكاميرات التي تجمع صورًا لحرم الطريق في مركبات المسح.

المسح المؤتمت لحالة الرصف؛ هو: مستشعر ثلاثي الأبعاد، أحادي التمرير؛ لفحص الرصف، انظر الشكل (٥-٢). يمكن للمسح المؤتمت لحالة الرصف أن يقوم تلقائيا بوضع علامات جغرافية، وقياس، واكتشاف، وتحديد كمية جميع المعلمات الوظيفية الرئيسة للرصف في جولة واحدة، بما في ذلك؛ على سبيل المثال لا الحصر: التشقق، والتخدد، والملمس، والحُفر، والنزف، والزحف، والتطاير.



الشكل (٥–٢) مركبة المسح المؤتمت (نظام قياس الشقوق بالليزر).

٥-٢-٢-٢ المسح اليدوي لحالة الرصف (الفحص البصرِي)

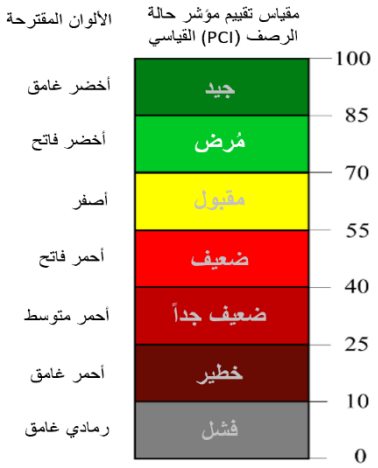
يُعد المسح اليدوي لحالة الرصف فحصًا بصريًا لشبكة الرصف للطرق. فقد يكون المسح للشبكة بأكملها أو لجزء منها. ويوفر المسح تدابير؛ لتقييم حجم مختلف أنواع حالات عيوب الرصف. ولا يجوز لجهة التقييم إجراء تقييمات على أساس الظروف تحت السطحية المعروفة أو المشتبه بها. ومن الضروري لجهة التقييم ألا تقدم التقارير إلا بطريقة موضوعية عمَّا يُرصد فقط.

وبشكل عام؛ فإن معظم مؤشرات تصنيف حالات الطرق المرصوفة تتراوح بين صفر (٠) في حالة الانهيار الكامل إلى (١٠٠) في حالة عدم وجود أي عيوب. وترتبط أنواع ومستويات العيوب -أيضًا- باستراتيجيات الصيانة المقدرة، وتكلفة الصيانة، أو إعادة التأهيل اللازمة لكل شارع أو مقطع من الطريق.

وفي نظم إدارة صيانة الرصف، يمكن أن يساعد مؤشر حالة الرصف على إطلاق بدائل إعادة تأهيل الطرق، وتوفير الحالة العامة للشبكة، وتقدير تكاليف الصيانة وإعادة التأهيل، وكذلك تتبع أداء أنواع الرصف المختلفة. يوجد العديد من أنواع أنظمة التصنيف عن طريق الفحص البصري، وسيستخدم هذا المجلد أكثرها شيوعًا، وهو مؤشر حالة الرصف (PCI).

٥-٢-٢-١ مؤشر حالة الرصف (*PCI*)

يوفر مؤشر حالة الرصف تصنيفًا رقميًا لحالة مقاطع الطريق داخل شبكة الطرق؛ إذ يمثل الصفر (٠) أسوأ حالة ممكنة و (١٠٠) هو الأفضل. الشكل (٥-٣) يظهر المدى القياسي للتصنيف الرقمي لمؤشر حالة الرصف. ويوفر مؤشر حالة الرصف مقياسًا للحالة الراهنة للرصف على أساس العيوب التي لوحظت على سطح الرصف، التي تشير -أيضًا- إلى السلامة الإنشائية، وحالة التشغيل السطحي (الخشونة والسلامة المتموضعة). كما لا يمكن أن يقيس مؤشر حالة الرصف القدرة الإنشائية، ولا يوفر قياسا مباشرًا لمقاومة الانزلاق أو الخشونة. وهو يوفر أساسًا موضوعيًا ومنطقيًا لتحديد احتياجات وأولويات الصيانة والإصلاح. ويستخدم الرصد المستمر لمؤشر حالة الرصف لتحديد معدل تدهور الرصف؛ ما يسمح بالتعرف المبكر على احتياجات الصيانة وإعادة التأهيل الرئيسة.



الشكل (٥–٣) المدى القياسي لتصنيف مؤشر حالة الرصف (PCI).

٥-٢-٢-٢ مايكروبيفر (*MicroPAVER*)

هو برنامج حاسوبي لإدارة الرصف؛ وقد صُمم -في البداية- لخدمة وزارة الدفاع الأمريكية، عن طريق دراسة حالة رصف المطارات، ثم الطرق ومواقف السيارات السطحية. وهذا البرنامج هو الأكثر فاعلية لشبكات الرصف في المدن الصغيرة، والمشروعات المحدودة الحجم، التي تستطيع أن تؤسس خطة للمعالجة المستقبلية للرصف. كما يوفر برنامج مايكروبيفر للمهندسين أسلوبًا منهجيًا؛ لإيجاد احتياجات الصيانة، وإعادة التأهيل، وأولويات المشروعات.

حُددت بيانات نوع عيب الرصف، وشدته، ومداه من المسح اليدوي. كذلك يمكن استخدام الفيديو، والصور الرقمية المستخرجة من المسح ثلاثي الأبعاد بنظام قياس الشقوق بالليزر (LCMS 3D)؛ لبدء برنامج مايكروبيفر وإنتاج نتائج مؤشر حالة الرصف (PCI). تُدخل بيانات الفحص الميداني من شبكة الرصف في قاعدة بيانات النظام، ثم يحسب البرنامج مؤشر حالة الرصف. وتُستخدم معلومات مؤشر حالة الرصف؛ للتنبؤ بالحالة الكاملة لشبكة الرصف. ووفقًا لدليل البرنامج؛ تتضمن إمكانيات مايكروبيفر ما يلي: قائمة الجرد،

وحساب مؤشر حالة الرصف، وخطة العمل، وتحليل الحالة، والتنبؤ بالحالة، وخطة الصيانة، وإعادة التأهيل، وإصدار التقارير. علاوةً على ذلك، يمكن للنظام إنشاء بعض الاستعلامات؛ التي تُستخدم لإدراج قوائم الجرد، وتلخيص سجل العمل، وترتيب تقارير مؤشر حالة الرصف.

٣-٢-٥ طرق جمع بيانات الرصف المؤتمت مقابل اليدوي

لجمع بيانات الرصف طريقتان: طريقة مؤتمتة، وطريقة يدوية. تتجه معظم إدارات الطرق -في الوقت الراهن- نحو الأسلوب المؤتمت لأسباب عديدة. ومع ذلك فإن الطرق اليدوية لها خصائص مميزة، تجعل مهندسي الرصف يستمرون في الاعتماد عليها. تُلخص خصائص تلك الطريقتين؛ في الجدول (٥-١). تُقارن الطريقتان من حيث الوقت، وسلامة العاملين، وموضوعية القياسات، والتكلفة، وحجم البيانات، والتعامل معها، ووجهة نظر أصحاب العمل. والواقع أن تفضيل أي إدارة لواحدة من هاتين الطريقتين، أو حتى الجمع بينهما، يستند إلى الموارد المالية المتاحة، ورأس المال البشري، وامتداد شبكة الطرق.

لذا ينبغي أن تحدد إدارات الطرق الطريقة الصحيحة لجمع بيانات حالة الرصف التي تناسب شبكة الطرق التي تتحمل مسؤوليتها.

الجدول (٥–١) الاختلاف بين المسح المؤتمت والمسح اليدوي.

	جمع البيانات المؤتمت	جمع البيانات اليدوي
الوقت	تقليل أوقات جمع البيانات.	تحتاج وقتا أطول لجمع البيانات.
السلامة	وسيلة أكثر أمانًا لجمع البيانات.	العاملون معرضون للخطر عند جمع البيانات.
الموضوعية	قياسات موضوعية.	عادة ما تكون انطباعية؛ لأنها تعتمد على خبرة العاملين.
التكلفة	تكاليف المعدات باهظة الثمن.	أقل تكلفة نسبيًا.
حجم البيانات	جمع كميات هائلة من البيانات وتخزينها؛ وفقًا لقدرة المعدات.	يمكن أن تتمكن الجهات -فقط- من جمع كميات أقل من البيانات في كل مرة.
معالجة البيانات	غير عرضة لأخطاء النسخ.	عرضة لأخطاء النسخ.
أصحاب العمل	مناسب في الجهات التي تسعى إلى تقليص عدد العاملين.	مصدر لتوفير فرص عمل لموظفي تصنيف حالة الرصف.
التغطية	**يمكن أن يغطي** مسار إطارات **مركبة جمع البيانات**، يتطلب الأمر إجراء عدة جولات في بعض الأحيان؛ لتغطية عرض الطريق بالكامل.	يمكن للمفتشين تغطية العرض الكامل لمقطع الطريق بشكل أسهل نسبيًا.

٣-٢-٥ خشونة الرصف وجودة الركوب :

تمثل الخشونة مؤشرًا على وجود عدم انتظام في سطح الرصف تؤثر في جودة الركوب. تمثل خشونة سطح الرصف مؤشرًا جيدًا على مستوى الخدمة لدى عامة المتنقلين. تتأثر تكلفة تشغيل المركبة بخشونة الرصف؛ ومن ثم فإن الخشونة تؤدي دورًا مهمًا في قرارات إدارة الرصف. هناك ثلاث طرق لقياس الخشونة، ولكل منها طرق قياس وأدوات خاصة بها. وفقًا للظروف؛ ينبغي تحديد طريقة واحدة أو أكثر مما يلي:

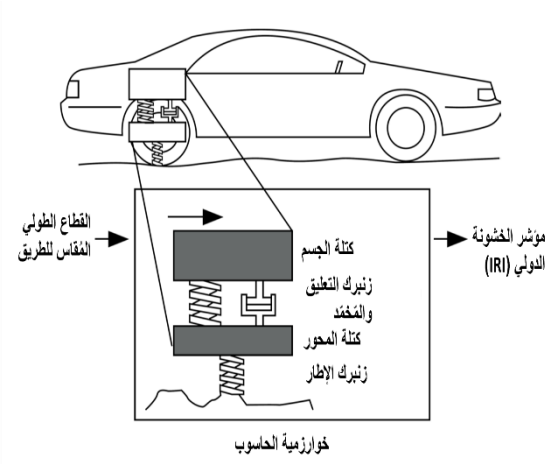
- استبيان تصنيفي انطباعي للجنة تقييم؛ حيث يقوم مجموعة من الأشخاص أو فرد، بالقيادة على الطريق، وتحديد تصنيف حالة الركوب؛ بناءً على تقييمهم الذاتي. تُستخدم هذه الطريقة في المسح السنوي لحالة الرصف، ولبحث نتائج التطابق التي يُحصل عليها من الطرق الميكانيكية التي تُناقش فيما يلي.
- المسح الموضوعي، يستخدم جهاز قياس ميكانيكي؛ لتقييم خشونة الرصف. يستخدم جهاز مُحلل الطرق المؤتمت (ARAN)، وهو اسم للعلامة التجارية، لتحديد حالة الرصف لأغراض إدارة الرصف، وتقييم خشونة الرصف بناءً على طلبات خاصة.
- مسوحات القطاع الطولي، تقيس القطاع الطولي النسبي لسطح الرصف على طول الطريق. وتستخدم هذه الطريقة كأداة مقبولة للمواصفات في الرصف الخرساني (الصلب).

مؤشر الخشونة الدولي (IRI)؛ هو: مؤشر يلخص الانحرافات السطحية لمسار عجلة-واحدة فقط. تستخدم هذه المحاكاة الرياضية نظام رُبع مركبة؛ لإنشاء قطاع طولي وهمي. مؤشر الخشونة الدولي هو المستخدم في شبكة طرق المملكة لتقييم الخشونة، ويوصى به في كود الطرق السعودي. الشكل (٥-٤) يوضح جهاز قياس مؤشر الخشونة الدولي في شبكة طرق المملكة.



الشكل (٥–٤) جهاز قياس خشونة الرصف (القطاع الطولي للطريق).

الشكل (٥-٥) يوضح مفهومًا آخر وهو جهاز القطاع الطولي للطريق، بواسطة ربع مركبة مكونة من جزئين: وزن معلق يمثل جسم المركبة؛ حيث يجلس المستخدم. ووزن غير معلق يمثل مجموعة العجلات، ونظام التعليق في المركبة. يُوصل الوزن المعلق بالوزن غير المعلق بواسطة نظام التعليق في المركبة، الذي يُحاكى بواسطة مُخمّد صوت وزنبرك تعليق. ويلامس الوزن المعلق سطح الرصف الحقيقي بواسطة نابض آخر.



الشكل (٥–٥) التكوين النمطي لمركبة مؤشر الخشونة الدولي (IRI).

٥-٢-٤ التقييم الإنشائي:

القدرة الإنشائية؛ هي: قدرة الرصف على تحمل الحمل المروري المتوقع بأمان. ويُحدد -عادةً- بواسطة أي من طرائق الاختبار الإنشائية، التي تصنف كطرائق مُتلفة أو غير مُتلفة. ويتعلق الاختلاف الرئيس بما إذا كان يسمح بحدوث خلل في المواد أم لا.

وتكون طريقة التقييم المتلفة -عادة- هي الاختبار الموضعي لمواد المكونات؛ باستخدام حفرة اختبار. وتستخدم الطريقة غير المتلفة عندما يلزم عدم حدوث خلل كبير في هيكل الرصف، وهي تنطوي على العديد من التقنيات.

عادةً تُفضل طرائق الاختبار غير المتلفة (NDT) على الطرائق المتلفة؛ لما يلي من أسباب:

١- حدوث تلف أقل في هيكل الرصف.
٢- إمكانية إجراء الاختبار بتكلفة أقل.
٣- مقاطعة أقل لحركة المرور.
٤- يُمكن تنفيذ هذه الاختبارات بصورة أسرع نسبيًا من الاختبارات المتلفة، ما يسمح بإكمال المزيد من التقييمات في وقت أقل.

ومن ثمَّ يُحدَّد تصميم سماكة الطبقات المطلوب، ومعامل المرونة لكل طبقة من الطبقات الإنشائية، والأحمال المسموح بها لعدد محدد من الأحمال المطبقة؛ باستخدام طرائق الاختبار غير المتلفة على الرصف. يمكن وصف حالة هيكل الرصف باستخدام خاصيتين؛ وهما: الحالة الوظيفية، والحالة الإنشائية. توضح الحالة الإنشائية قدرة الرصف على تحمل الأحمال المرورية، والأحمال البيئية خلال الفترة التصميمية.

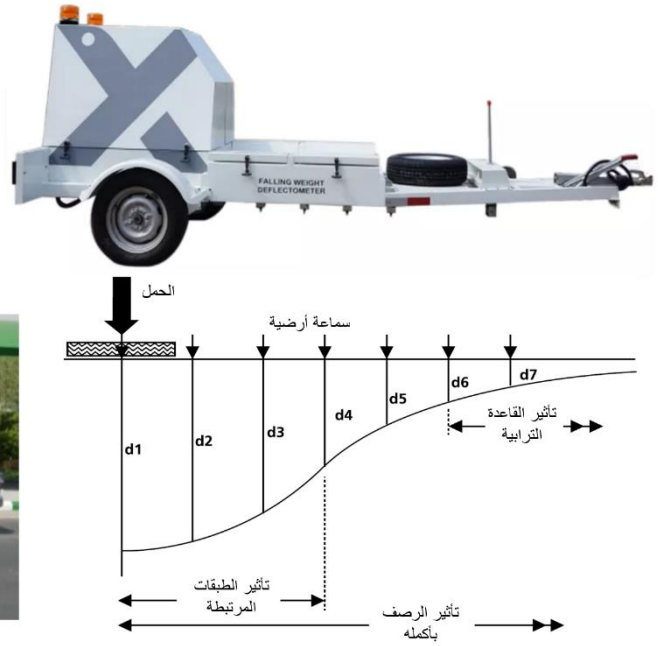
هناك العديد من الاختبارات المستخدمة في تقييم الحالة الإنشائية للرصف. سيسلط هذا المجلد الضوء على الأجهزة الحديثة المستخدمة في المملكة. يُجرى اختبار مقياس انحراف الثقل الساقط (FWD)؛ وفقًا لمواصفات الاختبار (AASHTO T256) و (ASTM D5858).

يُعد اختبار مقياس انحراف الثقل الساقط أحد الاختبارات غير المتلفة لقياس انحراف سطح الرصف؛ عند تطبيق حمولة محددة مسبقًا. في هذا الاختبار يُطبّق الحمل النبضي؛ بواسطة لوح حديدي دائري على سطح الرصف، باستخدام جهاز ميكانيكي. ينحرف سطح الرصف إلى الأسفل استجابةً للحمل المُطبّق؛ ما يؤدي إلى تكوين حوض انحراف. تعمل المستشعرات (السماعات الأرضية) المثبتة على مسافات مختلفة من نقطة التحميل على قياس هذه الانحرافات الرأسية. الشكل (٥-٦) يوضح مفهوم معدة مقياس انحراف الثقل الساقط.

يفيد تقييم الحالة الإنشائية للرصف الأسفلتي الحالي في أغراض؛ مثل:

- تقدير كفاءتها الحالية للغرض المخدوم.
- تقدير عمر الخدمة المتبقي؛ لاتخاذ القرار بشأن اختيار إجراء إعادة التأهيل.





الشكل (٥–٦) معدة مقياس انحراف الثقل الساقط (FWD).

٥-٢-٥ مقاومة الانزلاق:

مقاومة الانزلاق؛ هي: القوة التي تنشأ عند منع إطار من الدوران فيزحف على طول سطح الرصف. وهي دالة في النسيج الجزئي والكلي لسطح الرصف. تُعيّن قيمة مؤشر (تسمى رقم الانزلاق، SN)؛ بناءً على القياسات المأخوذة، بعربة انزلاق مقطورة، ذات عجلات مقفلة، تجرها شاحنة مصممة لذلك. تعمل العربة المقطورة على رش المياه على الرصف أمام العجلة اليسرى. تُستخدم إطارات

ناعمة المداس (Smooth-treaded) للعربة المقطورة. يُجرى الاختبار بسرعة٨٠ كم/ساعة (٥٠ ميل/س)؛ عن طريق قفل العجلة اليسرى للعربة المقطورة على فترات دورية، بينما تُرَش كمية محددة من الماء على سطح الرصف. تتراوح قيم رقم الانزلاق بصورة عامة من (١٠) إلى (٤٠)، حيث أنه كلما زاد الرقم كلما زادت مقاومة الانزلاق.

تتعلق مقاومة الانزلاق بإسهام سطح الرصف في المناورة الآمنة للمركبة في أثناء التسارع، والكبح، ومناورة المنحنيات. نظرًا لأن وجود المياه على سطح الرصف أمر بالغ الأهمية؛ لتوفير الكبح الآمن، فإن معظم تقنيات القياس وأنظمته تدرس عملية مقاومة الانزلاق؛ عن طريق محاكاة الكبح في حالات مختلفة لانزلاق المركبات على الرصف ميدانيًا: (الانزلاق الجزئي للعجلات الدوارة، أو الانزلاق الكامل للعجلات المقفلة) و/أو تقييم ملمس (نسيج) السطح لطبقات الرصف في الميدان.

هناك العديد من الأنظمة المتاحة لقياس مقاومة الانزلاق، لكنها جميعها تستند إلى المبادئ الأساسية نفسها. فهي تعتمد على مقاومة المطاط (الإطارات وما إلى ذلك) للانزلاق على سطح مبلل، في ظل حالات تحميل محددة. وتكون نتيجة القياس هي مؤشر احتكاك خاص بالجهاز. توجد أنظمة مطوّرة لكل من القياسات المختبرية والميدانية. بالنسبة لنظام إدارة الرصف، تُقاس الحالات الميدانية بصورة أساسية. تنقسم الأنظمة الميدانية إلى فئتين أساسيتين: الأنظمة المستمرة والأنظمة الثابتة للقياسات الخاصة بالموقع. يمكن تقسيم أنظمة القياس المستمرة إلى قياس النظام بزاوية، وأنظمة التوقف الكامل، وأنظمة الانزلاق الجزئي. يعمل جهاز (K.J. Law) أو (Dynatest) على تقييم مستويات الاحتكاك؛ بناءً على القوى الناتجة في عجلة اختبار مغلقة بالكامل، عندما تُسحب فوق سطح رصف مبلل. بالنسبة للعجلة المغلقة بالكامل، تكون سرعة الانزلاق مساوية لسرعة المركبة (انزلاق ١٠٠٪)، وهي حالة تمنع العجلة من الدوران. ومن ثمَّ يكون ناتج جهاز (K.J. Law/Dynatest) هو رقم الانزلاق (SN) مرة أخرى. رقم الانزلاق؛ هو: متوسط معامل الاحتكاك خلال فترة الاختبار.

للقياس عند إحدى الزوايا، هناك نظامان معروفان هما: مقياس (Mu) ونظام (SCRIM) (معدة الفحص الروتيني لمعامل القوة الجانبية). الشكل (٥-٧) يعرض هذا النوع من المعدات. للقياس مع الانزلاق الجزئي؛ فإن جهاز اختبار التماسك (Grip tester) هو نظام مستخدم على نطاق واسع، بالإضافة إلى القياسات المستمرة، تتضمن الممارسة الحالية -أيضًا- استخدام جهاز اختبار البندول البريطاني (BPT) المتنقل؛ للقياسات الخاصة بالموقع في الميدان. جهاز اختبار البندول البريطاني شائع الاستخدام لقياس الاحتكاك في بيئة معملية لاختبار الألواح المصنعة من خلطات الأسفلت.



الشكل (٥–٧) معدة مقاومة الانزلاق.

٥-٢-٦ رادار الاختراق الأرضي (GPR):

رادار الاختراق الأرضي (GPR)؛ هو: إحدى طرائق الاختبارات غير المُتلفة (NDT) التي يُمكن أن توفر وصفًا شاملًا لحالة الطريق. يتضمن اختبار رادار الاختراق الأرضي إرسال نبضات قصيرة من الطاقة الكهرومغناطيسية إلى الرصف؛ باستخدام هوائي متصل بمركبة. تنعكس هذه النبضات الكهرومغناطيسية إلى الهوائي حسب موقع الانفصالات في العينة وتكوينها. ومن ثمَّ يكتشف نظام رادار الاختراق الأرضي الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة ويعرضها كسلسلة من النبضات تسمى: شكل الموجة. شكل الموجة؛ هو: سِجل

من صفات طبقات الرصف المختلفة وسماكاتها. باستخدام رادار الاختراق الأرضي من الممكن تحديد الفجوات، والتحولات المختلفة في كثافة الرصف، واتساقه، ورطوبته. يُعد رادار الاختراق الأرضي مفيدًا في كل من الأسطح غير المستوية، والإنشاءات متعددة الطبقات. الشكل (٥-٨) يعرض معدات رادار الاختراق الأرضي المستخدمة في المملكة.



الشكل (٥–٨) معدة رادار الاختراق الأرضي.

٥-٢-٧ اختبار الجسّات (التثقيب):

لقد تحسنت تقنيات تقييم الرصف غير المتلفة خلال العشرين عامًا الماضية، ولكن لا تزال هناك مواقف يكون فيها من المفيد أخذ عينات أساسية، أو فحص الطبقات؛ عن طريق حفر ثقب عبر الرصف. ونظرًا للتكاليف والإزعاج الذي يتعرض له قائدو المركبات؛ فإن التقييم المتلف ليست وظيفة معتادة في نظام إدارة الرصف. يساعد التثقيب -في بعض الأحيان- على اختبار مقياس انحراف الثقل الساقط، ورادار الاختراق الأرضي. ويوفر حفر الثقوب الخصائص الحيوية لطبقة الرصف.

يعد اختبار التثقيب أو حفر ثقب طريقة موثوقة لاستخراج عينات تمثيلية (جسّات) من تركيبات الأسفلت أو الخرسانة المكتملة. توفر أسطوانة مواد الإنشاء الفعلية المستخرجة من الثقب (الجسّة) أفضل العينات للاختبارات المعملية، التي تُقيّم جودة المواد، أو تتحقق من مطابقتها لمواصفات المشروع. تُستخدم عملية التثقيب -عادة- لمشروعات الأبحاث، وتقييمات الأدلة الجنائية. لتحديد مواقع التثقيب الفردية للاختبار؛ ينبغي على المُقيّم استخدام تقنية مُعاينة عشوائية، ما لم يكن يهدف للتحقق من عيوب موضعية.

٥-٣ تقييم حالة الرصف المرن:

تُمثل شبكة الرصف المرن الغالبية العظمى من شبكة الطرق في المملكة؛ لذا فإن تقييم حالة الرصف بناءً عليها سيكون له الجزء الأكبر ومحل الاهتمام. سيوضح هذا الجزء من المجلد الطرائق المختلفة لتقييم الرصف في المناطق الحضرية والريفية، بالإضافة إلى تسليط الضوء على متطلباتها، وكذلك الوقت المناسب لتنفيذ أعمال التقييم.

في المناطق الريفية تُصنّف الطرق إلى طرق سريعة، وطرق شريانية رئيسة، وطرق شريانية فرعية. بينما ينبغي تقسيم الطريق في المدينة إلى مكونات أصغر لأغراض الإدارة والصيانة. تُقسم جميع المدن إلى بلديات فرعية (Branch Municipalities)، وأحياء (Neighborhoods)، ومناطق (Zones). أما المنطقة فهي تقسيم فرعي من الحي. الفئات الرئيسة لشبكة شوارع المدينة؛ هي: الشوارع الرئيسة، والشوارع الثانوية، والطرق المحلية. يُعرف الشارع الرئيس بأنه الشارع الذي يربط شارعين رئيسين، ويبلغ عرضه أكثر من ٢٥ م، أو تتوسطه جزيرة. الشوارع الثانوية تشمل جميع فئات الشوارع خارج نطاق تحديد الشوارع الرئيسة. تنقسم الشوارع الرئيسة والثانوية إلى مقاطع؛ مقطع الشارع الرئيس وهو: المسافة المحددة بين تقاطعين في الشارع الرئيس، جزء الشارع الثانوي وهو: منطقة داخل الحي. تنقسم مقاطع الشوارع الرئيسة والثانوية إلى عدة وحدات نموذجية، وطول كل وحدة نموذجية للشوارع الرئيسة ١٠٠ م لكل مسار. الوحدة النموذجية للشارع الثانوي هي أحد شوارع المنطقة.

غالبًا ما تُقيَّم حالات الرصف المرن بطرائق مختلفة. وتُركّز كل طريقة على جانب واحد من الرصف. تُقيَّم حالة الرصف؛ من خلال:

- مسوحات العيوب.
- الخشونة، وجودة الركوب.
- الكفاية الإنشائية.
- مقاومة الانزلاق.

٥-٣-١ تقييم الحالة في المناطق الحضرية:

٥-٣-١-١ نظام قياس الشقوق بالليزر (*LCMS*):

٥-٣-١-١-١ الوصف

تُعد عملية مسح عيوب الرصف مقياسًا مفيدًا لحالة نظام صيانة إدارة الرصف، ويمكن أن يوفر معلومات قيمة؛ لتحديد طريقة الصيانة الصحيحة. توفر عمليات الفحص التفصيلية معلومات مفصلة للغاية، ولكنها ليست مناسبة كعملية مسح للشبكة؛ لأنها تستغرق وقتًا طويلًا، وتكلفة عالية، وتُعرّض فِرق المسح لمخاطر مرورية كبيرة.

تُعد عمليات مسح العيوب البصرية المرورية السريعة بديلًا مثاليًا؛ لأنها ليست أكثر أمانًا فحسب، بل يمكنها -أيضًا- تغطية الشبكة بالكامل في فترة زمنية قصيرة نسبيًا. ستكون هناك بعض الخسارة الحتمية ولكن المقبولة للتعريف عند مقارنتها بعمليات المسح اليدوية أو سيرًا على الأقدام، على الرغم من أن البيانات المسجلة لديها قابلية أفضل للتكرار، وإمكانية إعادة الإنتاج، التي ستكون مفيدة لقياس اتجاهات التدهور المستقبلية.

نظام قياس الشقوق بالليزر (LCMS)؛ هو: المسح المؤتمت لحالة الرصف، وينفذ هذا النظام عملية مسح شامل لجميع الطرق الرئيسة والثانوية. فهو عبارة عن مركبة مجهزة بأحدث الوسائل، التي تتحقق من وجود عيوب بالطريق، ومتوفرة في المدن الكبرى. فهي مثالية لعمليات المسح على مستوى الشبكة، أو للمشروعات التي تتطلب دقة عالية، وتنوعًا في البيانات اللازمة لإدارة الطرق الحديثة. على مستوى الشبكة، ستُجرى عملية قياس الشقوق باستخدام تقنية الليزر، مع تحديد العيوب الأخرى وتصنيفها بصريًا؛ باستخدام فيديو عالي الدقة. وقد أُدرجت القائمة الكاملة للعيوب الرئيسة، التي تحتاج إلى جمع كجزء من عملية المسح؛ في الجدول (٥-٢). للامتثال لمتطلبات الفحص التفصيلي الميداني للشبكة، وللموقع، ستُقيَّم حالة كل عيب مُحدد -بصورة واضحة- على أساس ثلاث فئات من الحالات، وهي (منخفضة (L)، أو متوسطة (M)، أو عالية (H).

الجدول (٥–٢) معالجة العيوب باستخدام نظام قياس الشقوق بالليزر.

نوع عيوب السطح في نظام قياس الشقوق بالليزر	
١- تشقق كامل.	٩- حُفر، وتفكك صفائحي.
٢- تشقق طولي.	١٠- هبوط الحافات، وكشف البردورة.
٣- تشقق عرضي.	١١- هبوطات.
٤- تشقق تمساحي.	١٢- تطاير.
٥- تشقق شبكي.	١٣- نزف (طفح).
٦- تشقق الحواف.	١٤- زحف.
٧- عمق التخدد وعرضه.	١٥- فواصل خرسانية/تصدع.
٨- ترقيع.	١٦- ركام مصقول.

ستخضع معدات قياس عيوب السطح المستخدمة في تقييم حالات الشبكة إلى تجربة فحص قوية بالموقع؛ للتأكد من إمكانية تكرار البيانات المُسجلة وإعادة إنتاجها.

٥-٣-١-١-٢ تكرار التقييم

ينبغي استخدام المسح المؤتمت في المناطق الحضرية؛ حسب الجدول الزمني الوارد في الجدول (٥-٣).

الجدول (٥–٣) تكرار عملية مسح قياس الشقوق بالليزر في المناطق الحضرية.

طريقة مسح العيوب	الشوارع الرئيسة	الشوارع الثانوية	الطرق المحلية
نظام قياس الشقوق بالليزر	سنويًا	سنويًا	فحص بصري

إذا استخدم نظام قياس الشقوق بالليزر في عملية المسح؛ فليس هناك داعٍ لاستخدام بقية طُرق التقييم الوظيفي، ويتضمن ذلك خشونة الرصف، والفحص البصري اليدوي. ومع ذلك يمكن تقييم عينة من الشبكة عبر الطريقتين لمراقبة الجودة وضمانها. يجب تحديد حجم العينة لتلبية معايير التحليل الإحصائي.

٥-٣-١-٢ مؤشر حالة الرصف (*PCI*) للرصف المرن

٥-٣-١-٢-١ الوصف

تبدأ إجراءات المسح -لحساب مؤشر حالة الرصف- بعد اختيار وحدة العينة في مقطع الرصف؛ وفقًا لنظام مرجعية الشبكة المعروض سابقًا. يُقسَّم الرصف إلى محطات مرجعية، مُقسّمة إلى مواقع مسارات مُحددة، وذلك اعتمادًا على مرجع الشبكة. تُقسَّم المحطات المرجعية المُحددة إلى وحدات عينات. يُقيم نوع عيب الرصف وشدة هذا العيب؛ من خلال الفحص البصري لوحدات عينات الرصف. تُقاس كمية العيوب؛ وفقًا لما هو موصوف في الدليل (ASTM D6433).

عيوب الرصف المرن التي ستُفحص بهذه الطريقة؛ هي (١٩) عيبًا سطحيًا، مذكورة في الجدول (٥-٤) ومرقمة من (١) إلى (١٩). تُستخدم بيانات العيب؛ لحساب مؤشر حالة الرصف لكل وحدة عينة. يُحدد مؤشر حالة الرصف لمقطع الرصف؛ بناءً على مؤشر حالة الرصف لوحدات العينة التي فُحصت داخل المقطع. يرد وصف طريقة حساب مؤشر حالة الرصف للرصف المرن في الملحق (أ-١-٢).

الجدول (٥–٤) نوع العيب في الرصف المرن.

العيوب في الرصف المرن	
١- **تشققات تمساحية (Alligator Cracking).**	١١- رقع/حفريات المنافع العامة (Patch/Utility Cut).
٢- **نزف/طفح (Bleeding).**	١٢- ركام مصقول (Polished Aggregate).
٣- **تشققات شبكية (Block Cracking).**	١٣- حُفر (Potholes).
٤- **تحدبات وتقعرات (Bumps and Sags).**	١٤- تقاطع سكة حديد/ مزلقان (Railroad Crossing).
٥- **تموجات (Corrugations).**	١٥- تخدد (Rutting).
٦- **هبوطات (Depression).**	١٦- زحف (Shoving).
٧- **تشققات الحواف (Edge Cracking).**	١٧- تشققات انزلاقية (Slippage Cracking).
٨- **تشققات الفواصل الانعكاسية (Jt. Reflection Cracking).**	١٨- انتفاخ (Swell).
٩- **هبوط الكتف/المسار (Lane/Shoulder Drop off).**	١٩- تعرية وتطاير (Weathering & Raveling).
١٠- **تشققات طولية/عرضية (Longitudinal/Transverse Cracking).**	

٥-٣-١-٢-٢ تكرار التقييم

تستغرق عملية الفحص البصري الكثير من الوقت والمال، وتتطلب فرقًا متعددة بما يتناسب مع حجم شبكة الطرق؛ لذلك تُجرى هذه العملية في حال عدم وجود معدات فحص حديثة؛ لتحديد احتياجات الصيانة. ويمكن أن تكون هذه الطريقة أكثر ملاءمة لشبكات

الطرق محدودة الطول، وفي حال إجراء التقييم على مستوى المشروع. في حال قررت إدارة الطرق استخدام الفحص البصري لتقييم حالة الرصف؛ يوصى بمتابعة تكرار التقييم كما هو موضح في الجدول (٥-٥).

الجدول (٥–٥) تكرار مسح تقييم الفحص البصري.

طريقة عيب الرصف	الشوارع الرئيسة	الشوارع الثانوية	الطرق المحلية
مؤشر حالة الرصف	بعد ثلاث سنوات ثم بعد ذلك سنوياً، بحجم عينة نسبته ٣٣,٣٪ من الشبكة سنويًا لمدة ثلاث سنوات.		

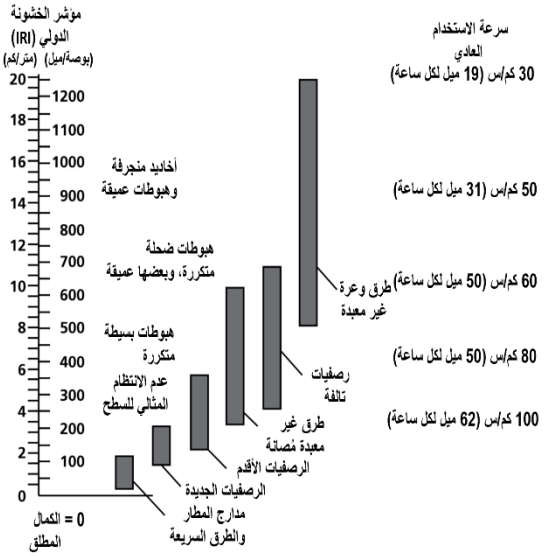
٥-٣-١-٣ مؤشر الخشونة الدولي (*IRI*)

٥-٣-١-٣-١ الوصف

الخشونة؛ هي: مؤشر مهم لمقدار الراحة والسلامة في أثناء القيادة على الطُرق المرصوفة. فمن وجهة نظر السائق تتسبب الطُرق الوعرة في عدم الراحة، وانخفاض السرعة، والتلف المحتمل للمركبة، وتلف البضائع في أثناء النقل، وزيادة تكلفة التشغيل. يمكن استخدام قياسات الخشونة على مستوى الشبكة والمشروع. على مستوى الشبكة: يمكن استخدام الخشونة لتقسيم الشبكة إلى مقاطع منتظمة، ووضع حدود لقيم حالات الرصف المقبولة، وتحديد أولويات الصيانة وإعادة التأهيل. على مستوى المشروع: تُستخدم قياسات الخشونة؛ لتحديد مناطق الخشونة الحرجة، والحفاظ على مراقبة جودة الإنشاء. ينبغي -أيضًا- استخدام قياسات الخشونة، على مستوى المشروع؛ لمراقبة الجودة، ولقبول الطرق المُعبدة حديثًا.

يحتوي جميع الرصف على عدم انتظام في سطح الرصف، وتتأثر خشونة السطح بما يلي: أ) الأحمال المرورية، ب) التأثيرات البيئية، ج) مواد الإنشاء، د) جودة الإنشاء. عادة ما تزداد خشونة الرصف؛ مع زيادة أحمال المرور، والتعرض للمؤثرات البيئية.

تُقاس الخشونة في شبكة الطرق بالمملكة؛ باستخدام مؤشر الخشونة الدولي (IRI)؛ وهو: مقياس للخشونة، يعتمد على استجابة مركبة عامة لخشونة سطح الطريق. يُعرض المدى النموذجي لقيم مؤشر الخشونة الدولي في الشكل (٥-٩).



الشكل (٥–٩) مدى قيم مؤشر الخشونة الدولي النموذجية.

٥-٣-١-٣-٢ تكرار التقييم

تعد قياسات الخشونة طريقة سريعة وسهلة -نسبيًا- لتقييم حالات أسطح الرصف. تعد قياسات خشونة الرصف -في الأساس- مقياسًا لجودة الركوب على أسطح رصف الطريق. يُستخدم مقياس خشونة الرصف -عمومًا- لقياس حالة الركوب على سطح رصف الطريق. عادة ما تكون خشونة الرصف مرتبطة بقابلية الخدمة للرصف. تُقاس الخصائص المادية لسطح الرصف؛ من خلال قابليتها للخدمة،

لذا فإن الخشونة مرتبطة بآراء الناس الذين يقودون على الطريق. وتؤثر كثيرًا في درجة الراحة والسلامة، وتكاليف تشغيل المركبة وسرعة الانتقال.

يزعم التحليل، بدرجة ثقة ٩٥ %، أنّ هناك علاقة قوية بين مؤشر الخشونة الدولي والتشقق، والترقيع، والهبوط، والتطاير. وتبيَّن -أيضًا- عدم وجود علاقة قوية بين عيوب الحفر والتخدد، وقيم مؤشر الخشونة الدولي. يمكن وصف عيوب الشقوق، والترقيع، والهبوطات، والتطاير بأنها من عيوب النوع المتعلق بجودة الركوب. بينما لا توصف عيوب التخدد، والحفر بأنها من عيوب النوع المتعلق بجودة الركوب. عندما تقرر إدارة الطُرق استخدام قياس الخشونة بوصفه مؤشرًا على حالة الرصف؛ يوصى باتباع تكرار القياسات الموضحة في الجدول (٥-٦).

الجدول (٥–٦) التكرار المقترح لقياسات مؤشر الخشونة الدولي.

أسلوب قياس الخشونة	الشوارع الرئيسة	الشوارع الثانوية	الطرق المحلية
مؤشر الخشونة الدولي (IRI)	سنويًا	سنويًا	لا حاجة لذلك

٥-٣-١-٤ مقاومة الانزلاق في الرصف المرن

٥-٣-١-٤-١ الوصف

تهدف الأجهزة والأنظمة المستخدمة لتقييم مستويات مقاومة الانزلاق إلى قياس أو تقدير معامل الاحتكاك. تُسجَّل القياسات ذات الصلة؛ من أجل تحديد ما إذا كان هناك أسباب غير إنشائية لمعالجة سطح الطريق، وتزداد أهمية هذه القياسات؛ عند ارتفاع فرص فقدان السيطرة على المركبة، أو وقوع حوادث مرور واصطدامات؛ تُقلل من درجات السلامة على الطريق في أسطح مُعبّدة فردية، أو في شبكة طرق. تكون مبادئ تشغيل هذه الأجهزة والأنظمة؛ كما في الجدول (٥-٧) وموضحة أدناه.

الجدول (٥–٧) أنواع أجهزة مقاومة الانزلاق.

مبادئ التشغيل	الأجهزة/الأنظمة	مُستخدمة على
١- **القياس بزاوية.**	نظام مقياس Mu.	مستوى المشروع والشبكة.
٢- **القياس المغلق بالكامل.**	Dynatest.	
٣- **القياس المغلق جزئيًا.**	جهاز اختبار التماسك (Grip Tester).	
٤- **أنظمة ساكنة.**	البندول البريطاني.	مستوى المشروع.

١- يُعرف مقياس (Mu)؛ بأنه: نظام يقع ضمن تقنية قياس القوة الجانبية. في هذا النظام تُضبط عجلة الاختبار بزاوية انحراف قدرها (٧,٥) درجة. يتراوح مؤشر الانزلاق (SN) بصفته المؤشر الناتج بين (٠) و (١) (أو ٠ و ١٠٠٪).

٢- يعمل جهاز (K.J. Law) أو (Dynatest) على تقييم مستويات الاحتكاك؛ بناءً على القوى الناتجة عند عجلة اختبار، مغلقة بالكامل، عندما تُسحب فوق سطح رصف مبلل. بالنسبة للعجلة المغلقة بالكامل؛ تكون سرعة الانزلاق مساوية لسرعة المركبة (انزلاق ١٠٠٪)، وهي حالة تمنع العجلة من الدوران. ومن ثمَّ يكون ناتج جهاز (K.J. Law) هو مؤشر الانزلاق، وهو متوسط معامل الاحتكاك خلال فترة الاختبار.

٣- يندرج جهاز اختبار التماسك (Grip Tester) ضمن طريقة قياس الانزلاق الساكن، ويتكون من نظام ثلاثي العجلات؛ بما في ذلك عجلة قياسية ذات إطار أملس، تُستخدم لأغراض القياس. يُوصل محور عجلة الاختبار بنظام سلسلة، يتحكم في انزلاق العجلة، ويثبّته عند معدّل ثابت يبلغ ١٤٪ (عجلة دوارة). يقيس جهاز اختبار التماسك -باستمرار- سطح رصف رطب، يُنتج قياس الاحتكاك الذي هو بلا أبعاد، الذي يُشار إليه برقم التماسك (GN).

٤- يعد جهاز اختبار البندول البريطاني أحد أقدم أنظم قياس الاحتكاك. تتوافق قيمة اختبار البندول (PTV) مع معامل الاحتكاك. بينما يعد جهاز اختبار الاحتكاك الديناميكي إصدارًا مؤتمتًا أعلى من معدة الاختبار الساكن القادرة على محاكاة قياسات سرعة المرور -بشكل أفضل- في أثناء سرعة الدوران المتغيرة.

٥-٣-١-٤-٢ تكرار التقييم

تُجرى قياسات مقاومة الانزلاق؛ للتأكد من أن سطح الرصف لديه مقدار الاحتكاك الكافي لتمكين المركبة من الوقوف؛ لذلك تُحدد قياسات مقاومة الانزلاق على الطرق ذات سرعات التشغيل العالية نسبيًا. يوضح تكرار التقييم الموصى به لمقاومة الانزلاق في الجدول (٥-٨).

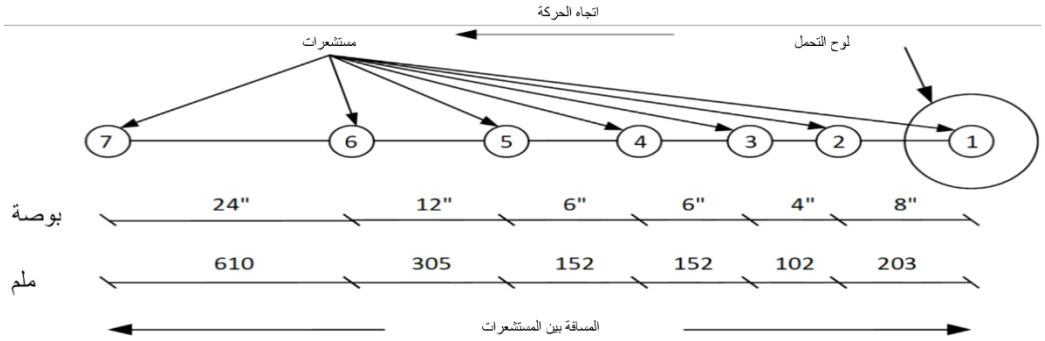
الجدول (٥–٨) تكرار مسح مقاومة الانزلاق.

طريقة مقاومة الانزلاق	الشوارع الرئيسة	الشوارع الثانوية	الطرق المحلية
قياسات مقاومة الانزلاق	سنويًا لكل المسارات	مستوى المشروع	لا حاجة لذلك

٥-٣-١-٥ مقياس انحراف الثقل الساقط (*FWD*) للرصف المرن

٥-٣-١-٥-١ الوصف

يمكن لجهاز مقياس انحراف الثقل الساقط أن يستوعب من (٧) إلى (٩) مستشعرات لقياس الانحرافات الرأسية. تُستخدم السماعات الأرضية في مسافات شعاعية مختلفة مُزاحة من لوحة التحميل؛ مثل: (٠) بوصة (٠ ملم)، (٨) بوصة (٢٠٠ ملم)، (١٢) بوصة (٣٠٠ ملم)، (٢٤) قدم (٤٥٠ ملم)، (٣٦) قدم (٦٠٠ ملم)، (٤٨) قدم (٩٠٠ ملم)، (٦٠) قدم (١,٥٠٠ ملم)، وهكذا. يعني المستشعر على المسافة (٠) ملم انحراف السطح عند نقطة التحميل. يظهر اختبار جهاز مقياس انحراف الثقل، ومخطط انحراف السطح المقابل في الشكل (٥-١٠). تتنوع أحجام الحمل -عادةً- في عدة مستويات تحميل؛ مثل: (٦) كيلو رطل (٢٧ كيلو نيوتن)، و (٩) كيلو رطل (٤٠ كيلو نيوتن)، و (١٢) كيلو رطل (٥٣ كيلو نيوتن)، و (١٦) كيلو رطل (٧١ كيلو نيوتن). تختلف أنماط الاختبار النموذجية لاختبار جهاز مقياس انحراف الثقل؛ اعتمادًا على الغرض من الاختبار، ونوع الرصف وحالته. بالنسبة للاختبار على مستوى الشبكة؛ يُختبر الانحراف على فترات زمنية أكبر، ويكون عادةً من (١٥٠) م إلى (٤٥٠) م في مسار مروري واحد. عادة ما يكون هذا المستوى من الاختبار كافيًا؛ لتوفير مؤشر عام للكفاءة الإنشائية لشبكة الرصف.



الشكل (٥–١٠) اختبار جهاز مقياس انحراف الثقل ومخطط انحراف السطح المقابل.

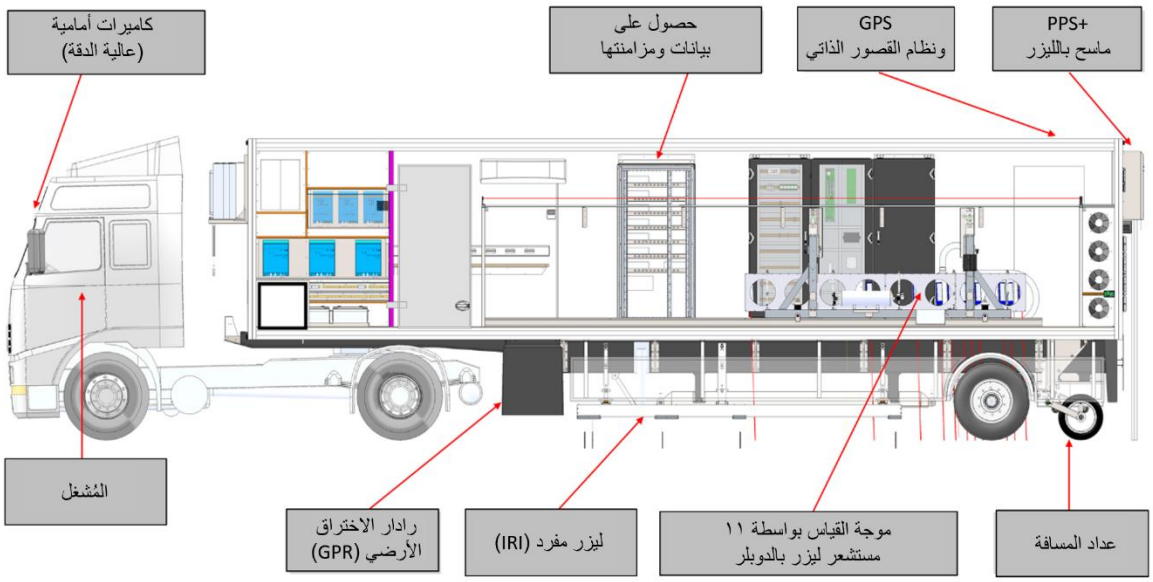
لإجراء الاختبار على مستوى المشروع؛ ينبغي أن يكون الموقع المكاني لنقاط الانحراف مناسبًا لالتقاط التباين في القدرة الإنشائية للرصف، وينبغي أن يخضع الرصف ذو التباين الأكبر في الحالات الإنشائية لعدد أكبر من قياسات الانحراف. تتراوح فترات الاختبار النموذجية على مستوى المشروع للرصف المرن بين (٣٠) م و (١٥٠) م؛ بحيث تكون فترة الاختبار الأقصر مناسبة للرصف ذي الحالة الأسوأ، وتكون فترة الاختبار الأطول مناسبة للرصف ذي الحالة الأفضل. تُستخدم فترات الاختبار الأقصر -أحيانًا- لمشروعات الأبحاث. وإذا لزم الأمر يُمكن إعداد نمط اختبار؛ لإجراء الاختبارات عبر المسارات المرورية، رغم أن قيود التحكم المروري -في كثير من الأحيان- يمكن أن تمنع ذلك. تُعرَض مواقع الاختبار الموصى بها لأنواع معينة من الرصف في الجدول (٥-٩).

الجدول (٥–٩) مواقع اختبار مقياس انحراف الثقل الساقط الموصى بها (رصف مرن).

	مستوى المشروع	مستوى الشبكة
مدى فترة الاختبار.	٣٠ م – ١٥٠ م فترة قصيرة للحالة الأسوأ. فترة طويلة للحالة الأفضل.	١٥٠ م - ٤٥٠ م فترة قصيرة للحالة الأسوأ. فترة طويلة للحالة الأفضل.
مكان الاختبار.	مسار العجلة الخارجية لمسار المرور الخارجي.	

الشكل (٥-١١) يوضح مقياس انحراف سرعة المرور (TSD)؛ وهو: نظام تقييم إنشائي جديد نسبيًا. فهو حمل متحرك أحادي المحور، يُطبّق بواسطة الإطارات الخلفية ذات العجلات المزدوجة لعربة المقطورة بسرعة الطريق. يعمل مقياس انحراف سرعة المرور على تقدير الانحرافات الرأسية؛ من خلال قياس سرعات دوبلر (Doppler) بالليزر (في وعاء الانحراف النصفي) عند ١٠٠ ملم، و ٢٠٠ ملم، و ٣٠٠ ملم، و ٤٥٠ ملم، و ٦٠٠ ملم، و ٩٠٠ ملم، و ٣,٥٠٠ ملم من مركز وعاء الانحراف. تُسحب عربة المقطورة لقياس انحراف سرعة المرور بواسطة محرك رئيس في أثناء الاختبار. يبلغ المعدل النموذجي للاختبار يوميًا حوالي ٣٥٠ كم في المناطق الريفية (يستغرق ٧ ساعات). يعد مقياس انحراف سرعة المرور مثاليًا لعمليات المسح على مستوى الشبكة؛ نظرًا لارتفاع معدل الاختبار. ولا يمكن استخدامه على الطرق المحلية الضيقة في المناطق الحضرية بسبب القيود الهندسية (الجيومترية).

يوفر مقياس انحراف سرعة المرور نتائج قدرة التحمل المستمرة؛ على مستوى المشروع والشبكة، في أثناء متابعة تدفق حركة المرور. يمكن أن يشتمل مقياس انحراف سرعة المرور (TSD) على نظام واحد أو نظامين، من ليزر دوبلر عالي التردد (٢٥٠ كيلو هرتز)، لكل منها (١١) رأسًا، تُقاس في الخط المركزي الطولي، بين العجلات المزدوجة الخلفية مع الليزر، خلف وأمام محور الحمل.



الشكل (٥–١١) نظام مقياس انحراف سرعة المرور النموذجي.

٥-٣-١-٥-٢ تكرار التقييم

تمثل مقاييس انحراف الثقل الساقط القوة الإنشائية لهيكل الرصف. بالإضافة إلى استخداماته في اختيار الصيانة المناسبة. و تُستخدم -أيضا- لتحليل العمر المتبقي للرصف، ولتحديد سماكة الطبقات الإنشائية. عادةً ما تُختبر مقاييس انحراف الثقل الساقط على مستوى المشروع؛ للحصول على مزيد من البيانات -غالبًا- في مسار الشاحنات. ويتم ذلك -أيضًا- عندما يُظهر المسح البصري عيوبًا إنشائية على سطح الطريق. يمكن تقييم مقاييس انحراف الثقل الساقط -بصورة متكررة- كما هو موضح في الجدول (٥-١٠).

الجدول (٥–١٠) تكرار مسح مقياس انحراف الثقل الساقط.

طريقة القدرة الإنشائية	الشوارع الرئيسة	الشوارع الثانوية	الطرق المحلية
مقياس انحراف الثقل الساقط (FWD)	مستوى المشروع	مستوى المشروع	لا حاجة لذلك

٥-٣-١-٦ رادار الاختراق الأرضي (*GPR*)

٥-٣-١-٦-١ الوصف

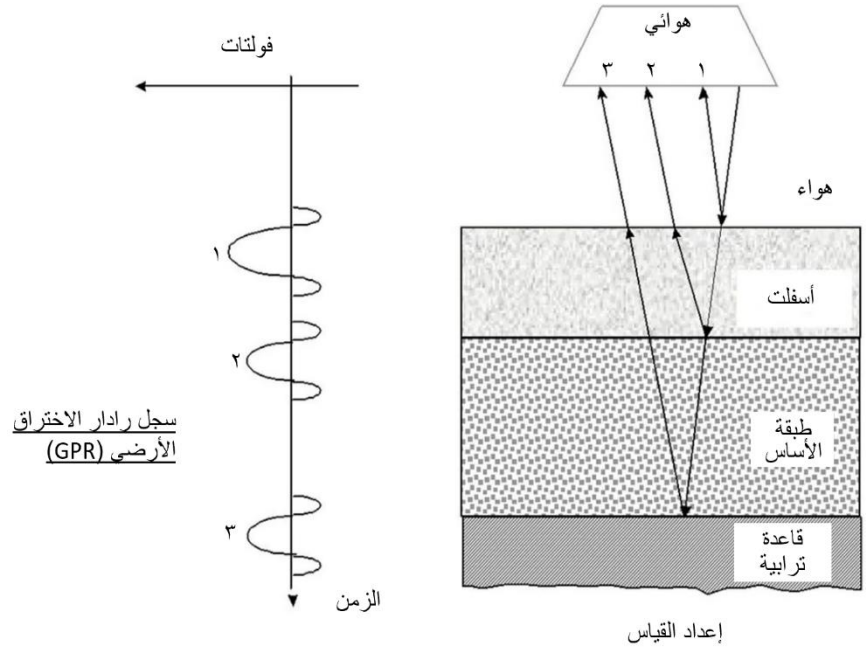
يحتوي نظام رادار الاختراق الأرضي على نوعين من أنظمة الهوائيات:

١- أنظمة الهوائيات الجوية المتزايد استخدامها؛ لتقييم الجزء العلوي من هيكل الرصف. أنظمة الهوائيات الجوية؛ هي: أنظمة رادار نبضي، تعمل -بصورة عامة- في النطاق من (٥٠٠) ميجاهرتز إلى (٢,٥) جيجاهرتز، والتردد المركزي -الأكثر شيوعًا- هو (١,٠) جيجاهرتز. ويبلغ عمق اختراقها -عادة- (٠,٥) م – (٠,٩) م في أثناء الحصول على البيانات، وتُعلّق هذه الهوائيات على ارتفاع من (٠,٣) م إلى (٠,٥) م فوق سطح الرصف. يُمكن جمع البيانات بأقصى سرعة (تصل إلى ١٠٠ كم/ساعة) دون التعارض مع حركة المرور. تُعرض إعدادات القياس في الشكل (٥-١٢). هذا هو السبب في أنه يوصى باستخدام الأنظمة الجوية في نظام إدارة صيانة الرصف على مستوى الشبكة.

٢- أنظمة الهوائيات الأرضية التي تعمل في نطاق واسع من الترددات المركزية؛ من (٨٠) ميجاهرتز إلى (١,٥٠٠) ميجاهرتز، ويمكن أن يصل تغلغل الإشارة في عمليات مسح البنية التحتية المرورية إلى (٢٠) م – (٣٠) م. عادة ما تكون سرعة جمع البيانات باستخدام الأنظمة الأرضية (٥) كم/ساعة – (٣٠) كم/ساعة.

تؤثر المياه السطحية على الإشارة والقراءات، ما يجعل التحليل صعبًا؛ لذلك ينبغي عدم إجراء عمليات مسح رادار الاختراق الأرضي عندما تُمطر، أو عندما تكون المياه الراكدة موجودة على سطح الرصف.

يعد تحليل البيانات الخام لرادار الاختراق الأرضي من الرصف مهارة متخصصة، وينبغي أن تُجرى بواسطة المحللين المتمرسين فقط. يمكن إجراء عمليات مسح رادار الاختراق الأرضي على مجموعة متنوعة من الأسطح؛ باستخدام العديد من أنواع الهوائيات، وبسرعات مختلفة كما هو مذكور أعلاه.



الشكل (٥–١٢) إعدادات قياس رادار الاختراق الأرضي.

غالبًا ما تُجمع البيانات في أثناء الليل على الطرق ذات الحجم المروري العالي. وهذا لا يسبب أي مشكلات سوى تعذر جمع بيانات الفيديو في الوقت نفسه، ولجمع بيانات ذات نوعية جيدة؛ ينبغي أن تبقى سرعة التجميع بطيئة -قدر الإمكان- دون التعارض بصورة كبيرة مع حركة المرور؛ إذ تتسبب سرعة الجمع العالية في تقليل دقة النتائج.

عند قياس المقاطع الطولية على الطرق؛ تكون كثافة المُعاينة الجيدة (١٠) عمليات مسح لكل متر، للنظامين الجوي والأرضي. وفي حال قياس القطاعات العرضية على الطرق؛ فإن كثافة المُعاينة الموصى بها هي (٤٠) عملية مسح لكل متر. توفر كثافة المُعاينة هذه معلومات حول الشقوق، ومدى انتشارها في الرصف وانفصالها، وتُمكّن من اكتشاف الأجسام الشبيهة بالنقاط؛ مثل: الكابلات والأنابيب.

يُعد تحديد موقع بيانات رادار الاختراق الأرضي بدقة؛ هو: أهم شيء في عملية جمع البيانات؛ إذ تكون البيانات ذات المراجع غير الصحيحة لا قيمة لها لإدارة الطرق، وتضر بصناعة رادار الاختراق الأرضي. صُنّف عدد كبير من اختبارات رادار الاختراق الأرضي على الطرق بأنها ذات نتائج مغلوطة عند مقارنة بيانات رادار الاختراق الأرضي بالبيانات الحقيقية الأساسية؛ نشأت العديد من هذه الإخفاقات بسبب تحديد المواقع الخطأ؛ إما من رادار الاختراق الأرضي، أو من المُعاينة المرجعية.

يمكن تحديد الموقع (١) باستخدام أجهزة التشفير التي تتحكم في الفترة الزمنية للمُعاينة، (٢) عن طريق إضافة علامات إلى بيانات رادار الاختراق الأرضي عند نقاط مرجعية معروفة، و (٣) باستخدام تقنيات نظام تحديد المواقع العالمي. يساعد الفيديو الرقمي المرتبط بأرقام مسح رادار الاختراق الأرضي -أيضًا- على ضمان تحديد المواقع بصورة صحيحة. وأفضل طريقة هي استخدام كل هذه الطرق معًا. ينبغي تثبيت أجهزة التشفير على عجلات المركبات، أو أجهزة قياس المسافة.

يمكن النظر في عمليات مسح رادار الاختراق الأرضي؛ لاستشعار الفراغات، والمناطق الرطبة، وقياسها؛ عندما تكون هناك مؤشرات أخرى على وجود مشكلات متعلقة بالطبقات السيئة. قد تكون هذه المؤشرات متاحة من نتائج مسح مقياس انحراف الثقل الساقط، أو من فحص حالة طبقة ما تحت الأساس من خلال الثقوب الأساسية المحفورة (الجسّات).

٥-٣-١-٦-٢ تكرار التقييم:

يُمكن تطبيق بيانات رادار الاختراق الأرضي بصورة كبيرة؛ لإجراء عملية التحليل على مستوى المشروع. يمكن أن توفر بيانات رادار الاختراق الأرضي معلومات تتعلق بسماكة طبقة الرصف، وتباين الطبقة، والفراغات، وموقع المرافق. لقد تحسن تحليل البيانات في نظام رادار الاختراق الأرضي بصورة كبيرة خلال السنوات القليلة الماضية، وأصبحت الأنظمة الآن قادرة على عرض آثار الرادار باستخدام طيف من الألوان؛ لتحديد قوة انعكاس موجات الرادار.

٥-٣-٢ تقييم الحالة في المناطق الريفية:

٥-٣-٢-١ نظام قياس الشقوق بالليزر (*LCMS*) :

نظام قياس الشقوق بالليزر في المناطق الريفية يُماثل ما هو مذكور في القسم الفرعي (٥-٣-١-١-١) مع اختلاف في تكرار مسح؛ كما هو موضح في الجدول (٥-١١).

الجدول (٥–١١) تكرار عملية مسح قياس الشقوق بالليزر في المناطق الريفية.

طريقة عيب الرصف	الطرق السريعة	الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق الشريانية الثانوية
نظام قياس الشقوق بالليزر	سنويًا	سنويًا	ثلاث سنوات للمسار الأبطأ

٥-٣-٢-٢ مؤشر حالة الرصف (*PCI*):

مسح مؤشر حالة الرصف في المناطق الريفية يماثل المذكور في القسم الفرعي (٥-٣-١-٢-١) مع اختلاف في تكرار المسح؛ كما هو موضح في الجدول (٥-١٢).

الجدول (٥–١٢) تكرار مسح تقييم الفحص البصري في المناطق الريفية.

طريقة عيب الرصف	الطرق السريعة	الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق الشريانية الثانوية
مؤشر حالة الرصف	حسب تعليمات مهندس الفحص (مستوى المشروع).		

٥-٣-٢-٣ مؤشر الخشونة الدولي (*IRI*):

مسح مؤشر الخشونة الدولي في المناطق الريفية يماثل المذكور في القسم الفرعي (٥-٣-١-٣-١) مع اختلاف في تكرار المسح؛ كما هو موضح في الجدول (٥-١٣).

الجدول (٥–١٣) التكرار المقترح لقياسات مؤشر الخشونة الدولي.

أسلوب قياس الخشونة	الطرق السريعة	الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق الشريانية الثانوية
مؤشر الخشونة الدولي (IRI)	سنويًا	سنويًا	ثلاث سنوات

٥-٣-٢-٤ مقاومة الانزلاق:

مسح مقاومة الانزلاق في المناطق الريفية يماثل المذكور في القسم الفرعي (٥-٣-١-٤-١) مع اختلاف في تكرار المسح؛ كما هو موضح في الجدول (٥-١٤).

الجدول (٥–١٤) تكرار مسح مقاومة الانزلاق في المناطق الريفية.

أسلوب قياس مقاومة الانزلاق	الطرق السريعة	الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق الشريانية الثانوية
مقاومة الانزلاق	سنويًا لكل المسارات	سنويًا لأسرع مسار	مستوى المشروع

٥-٣-٢-٥ مقياس انحراف الثقل الساقط (*FWD*):

نظام مقياس انحراف الثقل الساقط في المناطق الريفية يماثل المذكور في القسم الفرعي (٥-٣-١-٥-١) مع اختلاف في تكرار المسح؛ كما هو موضح في الجدول (٥-١٥).

الجدول (٥–١٥) تكرار عملية مسح قياس الشقوق بالليزر في المناطق الريفية.

طريقة القدرة الإنشائية	الطرق السريعة	الطرق الشريانية الرئيسة	الطرق الشريانية الثانوية
مقياس انحراف الثقل الساقط (FWD)	عندما يُظهر الفحص البصري أو المسح المؤتمت عيوبًا إنشائية، يُجرى الاختبار على المسار المحدد.		

٥-٣-٢-٦ رادار الاختراق الأرضي (*GPR*):

يمكن تنفيذ اختبار رادار الاختراق الأرضي على الطرق الريفية -بصورة كبيرة- لإجراء عملية التحليل على مستوى المشروع. يمكن أن توفر بيانات رادار الاختراق الأرضي معلومات تتعلق بسماكة طبقة الرصف، وتباين الطبقة، والفراغات، وموقع المنافع العامة. ويمكن بعد ذلك استخدام سماكة الطبقة؛ لتحديد عمر الخدمة المتبقي لمقطع الرصف. عادة ما يُجرى الاختبار لمقطع معين عندما تكون هذه البيانات مطلوبة.

٥-٤ تقييم حالة الرصف الصلب:

معظم شبكة الطرق في المملكة من الرصف المرن. ونادرًا ما يُستخدم الرصف الصلب. توجد الأسطح الصلبة -عادة- في مواقع محددة؛ مثل: أسطح العبّارات أو الجسور الخرسانية. لا يختلف تقييم الرصف الصلب كثيرًا عن تقييم الرصف المرن؛ إذ تكاد تكون

المعدات وطرق القياس -لتقييم حالة الرصف المرن- هي نفسها المستخدمة في الرصف الصلب. يُعرض تقييم حالة الرصف الصلب في الأجزاء الفرعية التالية.

٥-٤-١ تقييم الحالة في المناطق الحضرية:

غالبًا ما تُقيّم حالة الرصف الصلب بطرق مختلفة، وتُركّز كل طريقة على جانب واحد من الرصف؛ تُقيّم حالة الرصف باستخدام:

- مسح العيوب.
- الخشونة وجودة الركوب.
- الكفاية الإنشائية.
- مقاومة الانزلاق.

٥-٤-١-١ نظام قياس الشقوق بالليزر (*LCMS*):

يُمكن -أيضًا- استخدام نظام قياس الشقوق بالليزر في الرصف الصلب. ولا توجد اختلافات كثيرة مقارنة باستخدامه في الرصف المرن؛ إذ تعمل المعدات على جمع البيانات بالطريقة نفسها كما في الرصف المرن. ويكون تردد نظام قياس الشقوق بالليزر هو نفسه المستخدم في الرصف المرن للطرق الحضرية والريفية.

٥-٤-١-٢ مؤشر حالة الرصف (*PCI*) :

يُحسب مؤشر حالة الرصف كما هو الحال في الرصف المرن. أُدرجت أنواع العيوب في الرصف الصلب في الجدول (٥-١٦)؛ كما هو مذكور في (ASTM D6433). التعريف والطرق التفصيلية لقياس عيوب الرصف الصلب مذكورة في الملحق ب.

الجدول (٥–١٦) نوع العيب في الرصف الصلب.

عيوب الرصف الخرساني الصلب	
١- تفجّر/التواء (Blow up/Buckling).	١١- ركام مصقول (Polished Aggregate).
٢- انكسار ركن (Corner Break).	١٢- انتفاخات (Popouts).
٣- بلاطة مُقسمة (Divided Slab).	١٣- نضح (Pumping).
٤- شق متانة (Durability Crack).	١٤- ثقب (Punchout).
٥- تصدع (Faulting).	١٥- تقاطع سكة حديد/ مزلقان (Railroad Crossing).
٦- عازل الفواصل (Joint Seal).	١٦- تقشير (Scaling).
٧- مسار/كتف (Lane/Shoulder).	١٧- انكماش (Shrinkage).
٨- تشققات خطية (Linear Cracking).	١٨- تشظي الركن (Spalling Corner).
٩- ترقيع (Patching) كبير.	١٩- تشظي الفواصل (Spalling Joint).
١٠- ترقيع (Patching) صغير.	

٥-٤-١-٣ مؤشر الخشونة الدولي (*IRI*):

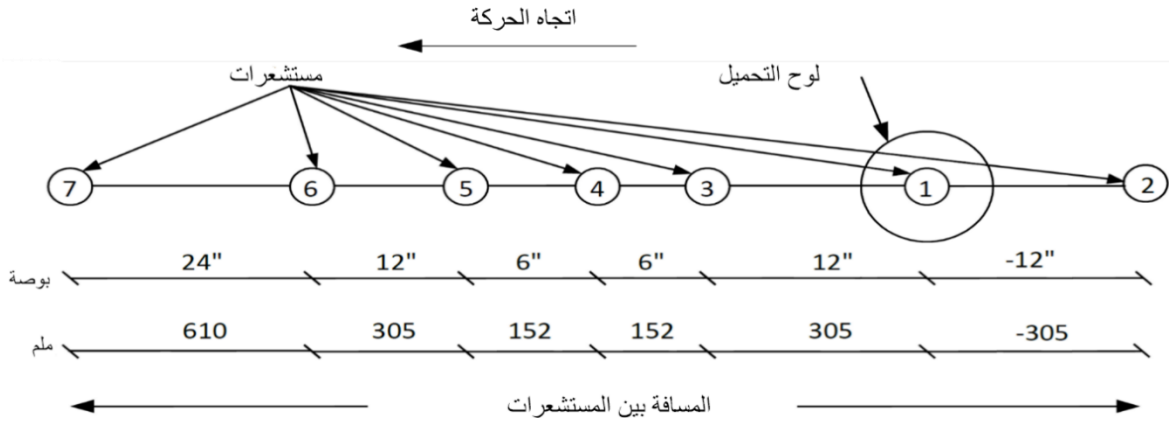
ثبت أن هناك ثلاثة عوامل تؤثر في خشونة الرصف؛ هي: الجوانب البيئية، وسلوك المواد، والحجم المروري. إن تأثير هذه العوامل في الرصف الخرساني أقل بكثير مقارنة بالرصف الأسفلتي؛ لذلك من المتوقع أن يكون معدل التغير في قيمة الخشونة أقل من معدل تغيره في الرصف الأسفلتي. ويكون معدل أخذ قياسات الخشونة أطول مقارنة بالرصف المرن.

٥-٤-١-٤ مقاومة الانزلاق :

يوفر الرصف الخرساني احتكاكًا سطحيًا أكبر مقارنة بالرصف الأسفلتي، ولا يقتصر ذلك -فقط- على مرحلة ما بعد الإنشاء، بل يمتد -أيضًا- لطوال عمره الافتراضي. يوفر سطح الرصف الخرساني حالات أفضل للطريق، وملمسًا خشنًا، ورؤية أفضل، ومقاومة أفضل للانزلاق، وعلاماتً وخطوطًا أرضية أكثر بروزًا؛ ما يؤدي إلى تعزيز سلامة الطرق، وتحسين ظروف القيادة، ومن ثم تقليل مخاطر حوادث الطرق. بينما في حال الرصف الأسفلتي، تتوفر هذه الفوائد عبر معالجة خاصة للرصف. بسبب المقاومة الأفضل للانزلاق في الرصف الخرساني، فإنه يقلل بشكل كبير من الحد الأدنى لمسافة رؤية التوقف (SSD) حتى في حالات الطرق المُبللة. وتُجرى قياسات مقاومة الانزلاق وفقًا لما هو مذكور في الرصف المرن.

٥-٤-١-٥ مقياس انحراف الثقل الساقط (*FWD*):

مقياس انحراف الثقل الساقط في الرصف الصلب؛ هو: نفسه المستخدم في الرصف المرن مع اختلاف بسيط في مواقع أجهزة الاستشعار. الشكل (٥-١٣) يوضح الموقع الموصى به للسماعات الأرضية. يقاس موقع كل سماعة أرضية مباشرة من مركز لوح التحميل؛ لتجنب الأخطاء المتراكمة. تُعد الإزاحات الموجودة أمام لوح التحميل (أي: في اتجاه وصلة الجر) موجبة. بينما تُعد الإزاحات الموجودة خلف لوح التحميل (أي: في اتجاه المصد الخلفي) سالبة. بالنسبة للاختبار على مستوى المشروع وعلى مستوى الشبكة؛ ينبغي أن يكون الموقع المكاني لنقاط الانحراف مناسبًا لالتقاط التباين في القدرة الإنشائية للرصف؛ كما هو موضح في الجدول (٥-١٧).



الشكل (٥–١٣) انحراف الثقل الساقط في الرصف الصلب.

الجدول (٥–١٧) مواقع اختبار مقياس انحراف الثقل الساقط الموصى بها (رصف صلب).

	مستوى المشروع	مستوى الشبكة
مدى فترة الاختبار	٣٠ م - ١٥٠ م. فترة قصيرة للحالة الأسوأ. فترة طويلة للحالة الأفضل.	١٥٠ م - ٤٥٠ م فترة قصيرة للحالة الأسوأ. فترة طويلة للحالة الأفضل.
مكان الاختبار	اختبار الحوض في البلاطة المركزية لمسار المرور الخارجي، واختبار فاصل نقل الحمولة في مسار العجلة الخارجية لمسار المرور الخارجي. بالإضافة إلى ذلك يمكن -أيضًا- إجراء الاختبار في أركان البلاطة المُختارة؛ لاستشعار وجود فراغات.	

٥-٤-١-٦ رادار الاختراق الأرضي (*GPR*)

يُستخدم رادار الاختراق الأرضي؛ كما نوقش في الرصف المرن، مع وجود بعض الملاحظات التي يجب أخذها بالاعتبار. يُبلّغ عن العيوب الرئيسة في الرصف الصلب، بأنها الفراغات تحت الفواصل، والتشقق، والتفكك الصفائحي للرصف الخرساني. يعد وجود الفراغات تحت الرصفيات الخرسانية مشكلة خطيرة، و تحدث -بشكل خاص- على الرصفيات الخرسانية ذوات الفواصل المبنية بطبقات أساس مُثبتّة.

هناك تطبيق آخر لرادار الاختراق الأرضي على الرصفيات الصلبة؛ يستشعر ويحدد مواقع الأوتاد/الدُسر (dowels) الحديدية ونقاط التثبيت حول فواصل البلاطة الخرسانية. تسببت قياسات سماكة الخرسانة في حدوث مشكلات في بعض الأحيان؛ لأن استشعار الانعكاس الناتج عن واجهة طبقة الأساس الخرساني يمكن أن يكون صعبًا. ويرجع سبب هذه الصعوبة إلى الخواص المتشابهة للرصف الخرساني، وطبقة الأساس. يمكن أن يكون الامتصاص العالي للإشارة في الخرسانة سببًا آخر لهذه المشكلة. ومن الأسباب الأخرى - أيضًا- استخدام نوع الهوائي الخطأ، ومعالجة البيانات بشكل غير صحيح.

في العديد من الحالات يحتوي الرصف الخرساني على طبقة أسفلتية، وفي مشروعات إعادة التأهيل يُستخدم رادار الاختراق الأرضي لقياس سماكة الطبقات، وتحديد المناطق التي يحتمل أن تتدهور فيها حالة الخرسانة الأساسية.

يمكن استخدام رادار الاختراق الأرضي مع الرصف الخرساني؛ من أجل توضيح:

- وجود فراغات تحت البلاطة الخرسانية.
- موضع وحالة حديد التسليح والقضبان الدُسارية (الوتدية) وقضبان الربط المطمورة.
- سمك البلاطة الخرسانية وطبقة الخلطة الهيدروليكية الرابطة .

تعتمد جودة المعلومات التي يُتحصل عليها من رادار الاختراق الأرضي -بشكل أساسي- على ثلاثة عوامل:

- الخواص الكهربائية (ثابت العزل الكهربائي والتوصيل) للمواد المكونة للرصف. عندما لا تختلف ثوابت العزل الكهربائي لطبقات الرصف بشكل كبير، فيمكن أن تكون هناك حاجة إلى التثقيب للحصول على عينة (جسّة) للمساعدة في تفسير البيانات.
- حالات إجراء المسح؛ بما في ذلك المنهجية، ونوع رادار الاختراق الأرضي المستخدم. تؤثر الظروف البيئية؛ مثل: المصادر الخارجية للتداخل الكهرومغناطيسي في القراءات.
- منهجية التحليل وبرنامج المعالجة الحاسوبي؛ بما في ذلك إجراءات المعايرة المستخدمة.

بالإضافة إلى ذلك يمكن إخفاء الفراغات؛ عن طريق حديد التسليح في الخرسانة، أو الماء داخل الفراغات. يصعب تحديد الفراغات الهوائية التي يقل ارتفاعها عن (٨٠) ملم، والفراغات المليئة بالمياه التي يقل ارتفاعها عن (٢٥) ملم.

٥-٤-٢ تقييم الحالة في المناطق الريفية :

غالبًا ما تُقيم حالات الرصف الصلب في الطرق الريفية بطرائق مختلفة؛ عنها في المناطق الحضرية. وتُقيم حالات الرصف؛ باستخدام الآتي:

- مسوحات العيوب.
- الخشونة وجودة الركوب.
- الكفاية الإنشائية.
- مقاومة الانزلاق.

عادة ما تُقيم العيوب باستخدام المسح المؤتمت لحالة الرصف بشكل منتظم، ويحدث ذلك مرة واحدة -على الأقل- في السنة للطرق الأهم على مستوى الشبكة. يجب قياس خشونة الرصف مرة واحدة في السنة على الطرق المهمة على مستوى الشبكة. وينبغي جمع قياسات مقاومة الانزلاق على مستوى الشبكة لكل مقطع من مقاطع الطرق. وينبغي إجراء التقييم الإنشائي -عند الضرورة- على مستوى المشروع. تنطبق جميع القواعد والاعتبارات -المتعلقة بقياسات الطرق الحضرية الصلبة- على قياسات الرصف الصلب للمناطق الريفية.

٥-٥ تقييم حالة الأسطح غير المُعبّدة:

تعد الطرق غير المُعبّدة أقل أهمية، على الرغم من أنها تشكل نسبة كبيرة من إجمالي شبكة الطرق في المملكة والعالم. يتسم هذا النوع من الطرق بانخفاض الحركة المرورية، والسرعة البطيئة؛ لذا فإن مستوى السلامة فيها أعلى فلا تحظى باهتمام كبير مقارنة بالطرق المعبدة.

يصف هذا الجزء طريقة يمكن أن تساعد الجهات المحلية المختصة في الطرق على إدارة طرقها غير المُعبّدة. يُعرف الطريق غير المُعبّد؛ بأنه: أي طريق ليس به أسطح صلبة أو أسفلتية، أو أي أسطح أخرى سواء كانت مُعالجة أو غير مُعالجة؛ وتتضمن: طرق الخدمة، والتحويلات، والطرق الموصلة إلى المحاجر، والمخزونات، وحفر/أحواض الركام، ومناطق الراحة على جانب الطريق، ومناطق المتنزهات البدائية، والوصلات المؤقتة الأخرى.

تعد الطرق غير المُعبدة -أو ما تُسمى بالطرق الحصوية والترابية- جزءًا مهمًا جدًا من شبكة الطرق، وغالبًا ما تكون هذه الطرق؛ هي: الوسيلة الوحيدة للتواصل لدى سكان المناطق الريفية ووسيلة نقلهم إلى الأسواق. الطرق الحصوية والترابية أقل قوة وكفاءة من الطرق الأسفلتية، التي تتطلب صيانة دورية؛ لأن سوء الأحوال الجوية، وحركة المرور العالية يتسببان في تآكل طبقات سطحها. ستُقيم الطرق غير المُعبدة عن طريق الفحص البصري -فقط- من خلال مراقبة العيب وقياسه. في هذا المجلد حُددت سبعة عيوب مختلفة كما في الجدول (٥-١٨).

يمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل حول هذه العيوب؛ (وصفها، ومستوى خطورتها، وكيفية قياسها، وشكلها) في الملحق (ج).

الجدول (٥–١٨) عيوب الطرق غير المُعبّدة أو الطرق ذات الأسطح الركامية.

العيب في الطرق غير المعبدة أو الطرق ذات الأسطح الركامية	
١- قطاع عرضي غير ملائم. ٢- صرف مياه غير كافٍ على جانب الطرق. ٣- تموجات (Corrugations). ٤- غبار.	٥- حُفر (Potholes). ٦- أخاديد (Ruts). ٧- ركام سائب.

٥-٥-١ الأسباب المحتملة لحدوث العيب:

الجدول (٥-١٩) يوضح العيوب التي يمكن أن تحدث في الطرق غير المعبدة، والسبب المحتمل لحدوثها.

الجدول (٥–١٩) العيوب في الطرق غير المعبدة وأسباب حدوثها.

نوع العيب	الأسباب المحتملة لحدوث العيب
١- قطاع عرضي غير ملائم	- تصميم غير مناسب. - أسلوب صيانة غير ملائم. - كشط الرمال.
٢- صرف مياه غير كافٍ على جانب الطرق	- ملوحة قنوات صرف المياه والعبّارات. - عدم كفاية الميول الطولية والعرضية. - وجود عوائق تمنع التبادل. - النحر نتيجة تزايد مياه الأمطار التي تجرف التربة. - استخدام تربة غير متماسكة أو غير ثابتة. - التغير المفاجئ في الميول الطولية والعرضية.
٣- تموجات	- ضعف دك مواد السطح. - المناخ الجاف، (التربة غير المتماسكة في المناطق الجافة هي الأكثر حساسية أمام التموجات).
٤- غبار	- تماسك غير كافٍ لمواد السطح. - التدرج غير السليم لمواد السطح والافتقاد للدك.
٥- حُفر	- الضرر الناجم عن سبب أو عامل خارجي. - دك طبقة السطح غير كافٍ. - ضعف الدك الأساسي. - عدم ملاءمة تحدب القطاع العرضي لصرف المياه السطحية.
٦- تخدد	- هبوط السطح في مسار عجلة المركبة؛ بسبب الضغوط الناتجة عن حركة المرور. - فقدان مواد السطح غير المتماسكة (خاصة في المناخات الجافة).
٧- ركام سائب	- ضعف التماسك بين حبيبات مواد السطح. - لا يوجد غطاء من الركام على السطح.

٥-٥-٢ قيم مؤشر حالة الطرق غير المعبدة (URCI):

كما هو موضح في الرصف المرن تُستخدم الأعداد من (٠) إلى (١٠٠) للتعبير عن قيم مؤشر حالة الطرق غير المعبدة باستخدام تقديرات تتراوح من الفشل إلى الامتياز. تُستخدم المعادلة التالية لتقدير مؤشر حالة الطرق غير المعبّدة (URCI):

مؤشر حالة الطرق غير المعبّدة (URCI) = ١٠٠ – إجمالي قيم العيوب المعادلة (٥-١)

الجدول (٥-٢٠) يعرض قيمة مؤشر حالة الطرق غير المعبدة، وتقييمها، والطريقة العامة للصيانة.
يعرض الملحق (ج) طريقة تحديد وحساب قيمة مؤشر حالة الطرق غير المعبدة.

الجدول (٥–٢٠) قيمة مؤشر حالة الطرق غير المعبدة (URCI) وتقييمها.

قيمة مؤشر حالة الطرق غير المعبدة	التقييم	الطريقة العامة للصيانة
١٠ - ٠	فشل	إعادة التأهيل.
أكبر من ١٠ - ٢٥	ضعيف جدًا	
أكبر من ٢٥ - ٤٠	ضعيف	
أكبر من ٤٠ - ٥٥	مقبول	الإكمال، والتسوية، والدك.
أكبر من ٥٥ - ٧٠	جيد	
أكبر من ٧٠ - ٨٥	جيد جدًا	الحفاظ على المستويات، وتعديلها.
أكبر من ٨٥ - ١٠٠	ممتاز	

٥-٦ نماذج التنبؤ بحالة الرصف:

تُعد الطريقة الموثوقة والدقيقة للتنبؤ بأداء الرصف عنصرًا أساسيًا لنظام إدارة صيانة الرصف. إحدى الطرق الشائعة للتنبؤ بأداء الرصف إعداد نماذج أداء الرصف؛ التي يمكن استخدامها لتحديد احتياجات الصيانة المستقبلية، وميزانيتها المطلوبة، وتحديد أولوياتها حسب الميزانية المتاحة. تعد نماذج أداء الرصف ضرورية بالنسبة إلى نظام إدارة صيانة الرصف الكامل. في نظام إدارة صيانة الرصف تؤدي نماذج أداء الرصف وظيفة مماثلة لوظيفة محرك المركبة. ينبغي على إدارة الطرق إعداد نموذجها الخاص؛ حسب خصائص شبكة الطرق لديها.

بناءً على هذه النماذج؛ تُتوقع حالة الرصف المستقبلية. تُستخدم حالة الرصف المتوقعة بوصفها مدخلا لسياسة الصيانة، ومن أجل التنبؤ بأنشطة الصيانة، وإعادة التأهيل المطلوبة؛ لذلك فإن نظام إدارة الرصف هو: نظام يساعد الإدارة العليا في إيجاد الاستراتيجيات المُثلى لتوفير الرصف في حالة صالحة للخدمة، والمحافظة عليه.

تخدم نماذج التنبؤ بحالة الرصف عدة أدوار مهمة في عملية إدارة الرصف. على سبيل المثال: فهي تؤدي دورًا في الأنشطة التالية:

- تقدير حالة الرصف المستقبلية.
- تحديد التوقيت المناسب لأعمال صيانة الرصف، وإعادة تأهيله.
- تحديد استراتيجية المعالجة الأكثر فعاليّة؛ من حيث التكلفة للرصف في الشبكة.
- تقدير احتياجات الرصف المطلوبة على مستوى المملكة؛ لمعالجة الأهداف والغايات والضوابط المحددة للجهة.
- توضيح نتائج استراتيجيات الاستثمار المختلفة في الرصف.
- وضع معايير الأداء لمواصفات الأداء وعقود الضمان.

بالإضافة إلى ذلك يمكن استخدام نماذج الأداء؛ لتقديم ملاحظات حول تصاميم الرصف، أو فعاليّة استراتيجيات الصيانة المختلفة. ونظرًا لإسهام النماذج في وظائف إدارة الرصف هذه؛ فإن دقتها هي أحد العوامل المهمة لمنع الجهات من التقدير غير الصحيح للسنة التي يلزم فيها إجراء إعادة التأهيل، أو مستوى الإصلاح المطلوب، أو الحالة المستقبلية للشبكة. لذلك كلما كانت نماذج الأداء عاكسة

لأنماط التدهور، كلما قل احتمال وجود بيانات خاطئة لمستويات الحالة المستقبلية أو احتياجات المعالجة. إذ تضع هذه الصلة درجة عالية من الأهمية على جودة بيانات حالة الرصف المستخدمة لتطوير النماذج.

في مجال إدارة الرصف؛ تُستخدم مصطلحات مختلفة لوصف نماذج أداء الرصف، بما في ذلك نماذج التدهور أو منحنيات التنبؤ. ويصف كل مصطلح من هذه المصطلحات -من حيث المضمون- المعادلة التي تُمثِّل فيها التغييرات في حالة الرصف بمرور الوقت.

٥-٦-١ العوامل التي تؤثر على التنبؤ بحالة الرصف:

يمكن أن تؤثر عوامل مختلفة على حالة الرصف. وتشمل هذه العوامل: عمر الرصف، والحمل المروري، وتوافر نظام صرف المياه، ونوع الصيانة، ووجود ترقيع لعمليات حفر المنافع العامة. ومن المعروف أن عمر الرصف من أكثر المتغيرات التي تؤثر على حالة الرصف؛ لذا يُقاس عمر الرصف من تاريخ الإنشاء أو من تاريخ آخر عملية تجديد للطبقة السطحية. تُستخدم عدد من التقنيات لقياس الحجم المروري، وعادة ما يُستخدم متوسط المرور اليومي (ADT) في عمليات التنبؤ بحالة الرصف، ويُعرَّف متوسط المرور اليومي بأنه: متوسط عدد المركبات التي تمر في مسار في اليوم (مركبة/مسار/يوم). يمكن أن يؤثر توفر نظام صرف المياه على حالة الرصف؛ لذلك ينبغي تقسيم مقاطع الرصف إلى مجموعتين: مقاطع بنظام صرف، ومقاطع من دون نظام صرف، ومن المتوقع أن يكون لمقاطع الرصف التي تشتمل على نظام صرف حالة أفضل من مقاطع الرصف غير المزودة بنظام صرف؛ إذ يتأثر تدهور الرصف -بصورة كبيرة- بنوع الصيانة المنفذة؛ لذلك وُضِّحت خصائص مقاطع الرصف بناءً على صيانة الرصف المنفذة.

يعتمد نوع البيانات المطلوبة لتطوير نماذج أداء الرصف -بصورة كبيرة- على النهج والتقنية المستخدمة لتطوير النموذج. وبصورة عامة فإن الفئات التالية من البيانات مطلوبة كمدخلات لنموذج أداء الرصف:

- خصائص الرصف: نوع الرصف، وقوة الرصف، وسماكة الطبقة، وخواص المواد، والإنشاء وعمر الرصف.
- بيانات المرور: حجم المرور، ومزيجه، وتحميله.
- الظروف البيئية: درجات الحرارة الموسمية، وتساقط الأمطار، والعوامل الإقليمية، وتصنيف تربة الأرض الطبيعية.
- حالات الرصف: المدى، والشدة، وكمية العيوب، والخشونة، والقدرة الإنشائية، ومقاومة الانزلاق.
- بيانات الصيانة: تقنيات الصيانة، والعمر المتوقع للصيانة، وتكلفة وحدة الصيانة.

٥-٦-٢ تقنيات توقع حالة الرصف:

مع تقييم حالة الرصف الحالية تُزود الجهات بالمعلومات اللازمة للتنبؤ بالحالة المستقبلية للمقطع. يُتنبأ بالحالة -في إدارة الرصف- من خلال: نماذج الأداء التي تُقدّر متوسط معدل تدهور الرصف كل عام، بالإضافة إلى التنبؤ بالحالة المستقبلية. وتساعد نماذج الأداء في الأنشطة التالية:

- تحديد التوقيت المناسب لأعمال صيانة الرصف وإعادة التأهيل لكل مقطع.
- تحديد استراتيجية المعالجة الأكثر فعاليّة من حيث التكلفة لمقاطع الرصف في الشبكة.
- تقدير احتياجات الرصف، والميزانيات المرتبطة بها، والمطلوبة لمعالجة الأهداف والغايات والقيود التي تحددها الجهة.
- توضيح نتائج استراتيجيات الاستثمار المختلفة في الرصف.

إذا أرادت إحدى الجهات إنشاء برنامج صيانة وإصلاح للرصف متعدد السنوات؛ فإنها تحتاج إلى التخطيط لحالة الرصف في المستقبل. تُستخدم نماذج التنبؤ؛ لتحديد الحالة المستقبلية لمقطع الرصف. يُحسب منحنى الأداء؛ من خلال تقييم البيانات التاريخية السابقة -غالبًا- من حيث: عمر الرصف، وحالته. يمكن إنتاج النماذج لأي مقياس للحالة؛ وفقًا لاحتياجات الجهة.

الشكل الأساس لنموذج الأداء؛ هو: متوسط معدل التدهور لمقطع رصف واحد، أو مجموعة من مقاطع الرصف ذات الخصائص المتشابهة، والمعروفة باسم: (عوائل الرصف). يُعد إنشاء متوسط معدلات التدهور عملية بسيطة، تعمل بصورة جيدة عندما تكون إحدى الجهات مهتمة باستخدام الطرق الورقية، أو جداول البيانات؛ لتقييم أداء شبكة الرصف الخاصة بها. وغالبًا ما تُستخدم نماذج أداء أكثر تعقيدًا من قِبل الجهات التي تستثمر في برامج إدارة الرصف؛ وذلك لأن البرامج -غالبًا- ما توفر الأدوات اللازمة لتطوير معادلات التنبؤ واستخدامها؛ إما لمقاطع الرصف الفردية، أو مجموعات الرصف ذات الخصائص المتشابهة.

٥-٦-٢-١ متوسط معدلات التدهور:

باستخدام معلومات الحالة المُجمّعة، يُمكن تقدير معدلات التدهور لمقاطع الرصف باستخدام المعادلة التالية:

المعادلة (٥-٢)

$$\text{معدل التدهور} = \frac{(\text{المعدل السابق} - \text{المعدل الحالي})}{(\text{عدد السنوات بين التقييمين})}$$

يمكن للجهة -أيضًا- حساب معدل التدهور لمجموعات مقاطع الرصف؛ باستخدام متوسط الحالة، وأعمار الرصف في المعادلة أعلاه؛ لتقدير متوسط معدل التدهور لعائلة الرصف. يمكن بعد ذلك استخدام معدلات التدهور المحسوبة للمقطع الفردي أو عوائل الرصف؛ لتقدير حالة مقاطع الرصف لمدة عام أو عامين في المستقبل؛ بناءً على افتراض أن التدهور سيستمر بالمعدل نفسه. بالإضافة إلى ذلك إذا سُجلت أنواع العيوب في مسح الحالة المحدد؛ يمكن أن توفر أنواع العيوب الموجودة مزيدًا من المعلومات حول سبب تدهور الرصف. قد تحظى الجهات التي تستخدم طرق جداول البيانات بخدمة أفضل؛ عند استخدام متوسط معدلات التدهور للتنبؤ بالحالة.

٥-٦-٢-٢ نماذج التنبؤ باستخدام التحليل الإحصائي:

يُعد تطوير نماذج التنبؤ باستخدام التحليل الإحصائي نشاطًا أكثر تعقيدًا من إنشاء متوسط معدلات التدهور. وغالبًا ما تنجز الجهات إنشاء هذه النماذج داخل برامج إدارة الرصف التي تستخدمها. على سبيل المثال: تعمل تلك الجهات التي تستخدم برنامج مايكروبيفر (MicroPAVER) على تطوير نماذج التنبؤ بالأداء؛ باستخدام إجراء عام يُسمى: (طريقة العائلة). يمكن لجهة الطرق تطوير نموذج الأداء الخاص بها؛ باستخدام البيانات المتاحة، وتحليل الانحدار الإحصائي الخطي أو غير الخطي.

٥-٦-٣ البيانات لنماذج أداء الرصف:

ينبغي مراعاة العوامل التالية عند اختيار نهج النمذجة، وتحديد مدى توفر البيانات الكافية لعملية التطوير:

- مصدر كافٍ للبيانات: تتطلب الأنواع المختلفة من النماذج أنواعًا مختلفة من البيانات؛ لذلك من المهم أن يؤخذ في الاعتبار توافر البيانات الكافية قبل البدء في عملية النمذجة. ويجب أن يكون كل متغير مستخدم في النمذجة متاحًا لكل مقطع من مقاطع الرصف المتضمنة في نظام إدارة الرصف. بالإضافة إلى ذلك يجب الحفاظ على البيانات بمرور الوقت؛ حتى تستمر النماذج في التنبؤ بقيم معقولة.
- النظر في أهم المتغيرات التي تؤثر على أداء الرصف: هناك العديد من المتغيرات التي يمكن أن يكون لها تأثير في كيفية أداء الرصف بمرور الوقت؛ بما في ذلك المناخ، وحركة المرور، وسمك الطبقة، وخواص المواد. على الرغم من أن الجهة يمكن أن ترغب في دمج كل هذه المتغيرات في نماذج أداء الرصف الخاصة بها، إلا أنه -غالبًا- ما يكون من غير العملي تنفيذ ذلك؛ لأن معظم قواعد بيانات إدارة الرصف لا تحتوي على سجلات كافية لدعم استخدام المتغيرات المستقلة المتعددة. يوفر نهج نمذجة العائلة الذي نُوقش في الجزء الفرعي (٦-٤-١) وسيلة للمحاسبة بصورة غير مباشرة للمتغيرات المهمة في عملية النمذجة عندما لا تكون البيانات متاحة (أو موثوقة بدرجة كافية) لاستخدامها مباشرة في تطوير النموذج. إذا اختارت الجهة استخدام متغيرات مستقلة متعددة في تطوير نماذجها؛ يمكن أن تساعد برامج الإحصاء في تحديد درجة تأثير كل متغير على أداء الرصف.
- صيغة دالة تناسب البيانات: تصف نماذج أداء الرصف -باستخدام المعادلات- التغير المتوقع في أداء حالة الرصف بمرور الوقت؛ إذ يمكن أن يأخذ التغير في الحالة عددًا من الأشكال المختلفة، اعتمادًا على نوع المعادلة المستخدمة؛ لذا ينبغي أن يتناسب نموذج النمذجة المختار مع البيانات، وينبغي أن يعكس أنماط التدهور النموذجية للجهة.
- تلبية معايير الدقة والضبط: تُستخدم نماذج أداء الرصف -كما نوقشت- على نطاق واسع في نظام إدارة الرصف؛ لذلك من المهم أن تقدّم النماذج تقديرات معقولة للتغيرات في الحالة بمرور الوقت.

٥-٦-٤ المقياس المُجَمَّع لحالة الرصف:

تستند المؤشرات المركبة إلى مزيج مكوّن من سمتين أو أكثر من سمات حالة الرصف؛ باستخدام أوزان مناسبة للسمات، وتقنيات النمذجة الموثوقة. وكما ذكرنا سابقًا؛ فإن استخدام معلومات الخشونة -فقط- هو أفضل طريقة للتنبؤ بقيمة معامل قابلية الخدمة الحالية (PSR) لرصف معين. ولربط قابلية الخدمة بالتدهور المادي، والذي يمكن نمذجته ميكانيكيًا؛ يُفضل استخدام نموذج بقيمة معامل قابلية الخدمة الحالي (PSR) الذي يعتمد على أنواع معينة من العيوب.

يمكن أن تتراوح المؤشرات المُجمعة من تضمين مجموعة من المقاييس؛ مثل: مقاييس عيوب السطح مع النتيجة التي ستكون مؤشر حالة الرصف (PCI)، حتى المقاييس التي تجمع بين اثنين أو أكثر من المؤشرات في مؤشر مركب شامل. هذا النوع من المؤشرات تستخدمه جهة الطرق لعكس الحالة العامة للرصف. ومن المبادرات الأولية التي لاقت استخدامًا واسعًا؛ مؤشر جودة الرصف (PQI)، فهو يشتمل على: مؤشر الملاءمة الإنشائية (SAI)، ومؤشر عيوب السطح (SDI)، ومؤشر راحة الركوب (RCI).

ذُكرت أمثلة للمؤشرات المركّبة في الأقسام الفرعية التالية.

٥-٦-٤-١ مؤشر قابلية الخدمة الحالي (*PSI*):

طُور مؤشر قابلية الخدمة الحالي (PSI) في اختبار الطريق الخاص بـ (AASHTO)، ويعتمد على كل من خشونة الرصف وحالات العيوب؛ مثل: الشقوق، والتخدد، والترقيع. للانتقال من مقياس نسبة معامل قابلية الخدمة الحالي (PSR) -الذي يتطلب وجود لجنة تقييم- إلى مقياس مؤشر قابلية صيانة الرصف (PSI) الخالي من اللجان؛ قامت لجنة من القائمين على تقييم الطرق المختلفة؛ عبر ولايات إلينوي، وإنديانا، ومينيسوتا (الأمريكية) لتحديد معامل الخدمة الحالي (PSR). ورُبطت هذه المعلومات -بعد ذلك- بقياسات الرصف المختلفة؛ مثل: القطاع الطولي والعيوب، لتطوير معادلات معامل الخدمة الحالي (PSR) التالية.

$$PSI = 5.03 - 1.91\,log\,(l + \overline{SV}) - 1.38\,\overline{RD} - \sqrt{(C + P)}] \qquad \text{المعادلة (٥-٣)}$$

حيث إن:

PSI = مؤشر قابلية الخدمة الحالي، وهو تقدير إحصائي لمتوسط نسبة قابلية الخدمة الحالي الذي قدمته لجنة التقييم.

SV = تباين الميول فوق المقطع من مقياس وعورة الطريق (CHLOE).

RD = متوسط عمق الأخدود (بوصة).

C = التشققات المرنة (قدم لكل ١,٠٠٠ قدم مربع).

P = الترقيع (قدم مربع لكل ١,٠٠٠ قدم مربع).

٥-٦-٤-٢ مؤشر راحة الركوب (*RCI*):

طُور مؤشر راحة الركوب (RCI) في ألبرتا بكندا؛ حيث استُخدمت بيانات حول الخشونة، وعيوب السطح، وحركة المرور، والانحراف، وعوامل أخرى جُمعت على مدار ما يصل إلى (٢٥) عامًا. بالنسبة إلى رصفيات طبقة الأساس الحبيبية التقليدية؛ اقترحت معادلة الانحدار التالية (Karan et al, 1983):

$$RCI = -5.998 + 6.870Log\,(RCI_B) - 0.162Log\,(AGE^2 + 1) + 0.185AGE - 0.084AGE\,Log\,(RCI_B) - 0.093\Delta AGE$$

المعادلة (٥-٤)

حيث إن:

RCI = مؤشر راحة الركوب (مقياس من ٠ إلى ١٠) في أي عمر (AGE).

AGE = العمر بالسنوات.

ΔAGE = ٤ سنوات (خاصة بهذه المعادلة).

بالنسبة للمعادلة السابقة، يكون الخطأ المعياري للتقدير (٠,٣٨) مع معامل تحديد (R^2) يبلغ ٠,٨٤.

وقد وجد أن المعادلة كانت منحازة إلى متغيرين فقط (AGE و RCI_B)، بينما نُظر في عدد من المتغيرات؛ مثل: حركة المرور فيما يتعلق بالأحمال المكافئة للمحور الأحادي (ESALs)، والمنطقة المناخية، ونوع تربة طبقة الأرض الطبيعية، وغيرها من المتغيرات. والسبب في هذا التحيز؛ هو: أن الرصف مصمم بشكل أساسي من أجل التدهور البيئي، مع طبقات إنشائية أكثر سمكًا - بشكل ملحوظ- مما يتطلبه متغير حركة المرور وحده.

٥-٦-٤-٣ مؤشر جودة الرصف (*PQI*):

مؤشر جودة الرصف (PQI)؛ هو: (الدرجة) الإجمالية الممنوحة لمقطع تتراوح من (٠) إلى (١٠٠). يمثل الرقم (١٠٠) طريقًا في حالة ممتازة (عادةً وقت إنشائه في البداية). يُعد مؤشر جودة الرصف (PQI) أحد المخرجات؛ وهو: دالة في مؤشر راحة الركوب (RCI)، ومؤشر عيوب السطح (SDI)، ومؤشر الملاءمة الإنشائية (SAI). يمكن تمثيل علاقات هذه المعلمات على أنها: مؤشر جودة الرصف (PQI) = دالة في (RCI، SDI، SAI). من الضروري فهم أن مؤشر جودة الرصف (PQI) لا يُعد قيمة مُقاسة، لكنه نتاج ثلاث معلمات مقاسة أخرى.

وقد وجد أن صيغة مؤشر جودة الرصف (PQI) مفيدة في عدد من الولايات والمقاطعات والجهات المحلية (الأمريكية). أحد الأمثلة التي طُورت في ولاية مينيسوتا (الأمريكية)، والتي تستخدم ثلاثة مؤشرات؛ للإبلاغ عن حالة الرصف، وقياس مقدارها. أحدها: يمثل الخشونة، وآخر: يمثل العيوب، والأخير: يمثل الحالة العامة للرصف؛ كما هو موضح في الجدول (٥-٢١).

الجدول (٥–٢١) مؤشرات حالة الرصف.

اسم المؤشر	سمة الرصف مقاسة بالمؤشر	مقياس التصنيف
مؤشر جودة الركوب (RQI)	خشونة الرصف.	٥,٠ - ٠,٠
تقييم السطح (SR)	عيوب الرصف.	٤,٠ - ٠,٠
مؤشر جودة الرصف (PQI)	**جودة الرصف الإجمالية.**	٤,٥ - ٠,٠

يُحسب مؤشر جودة الرصف "PQI" من مؤشر جودة الركوب (RQI) وتقييم السطح (SR) على النحو التالي:

$$PQI = \sqrt{(RQI)(SR)}$$

المعادلة (٥-٥)

تُقاس الخشونة أو جودة الركوب؛ من خلال مفهوم (قابلية الخدمة-الأداء) الذي طُور في اختبار الطرق الخاص بـ (AASHTO). يُعبر عن قابلية الرصف للخدمة بدرجة قابلية الخدمة الحالي (PSR).

تتمثل الخطوة الأولى: لتحديد مؤشر جودة الركوب (RQI)؛ في حساب مؤشر الخشونة الدولي (IRI) من القطاع الطولي للرصف. وبينما تستخدم العديد من الولايات الأمريكية مؤشر الخشونة الدولي (IRI) كمقياس وحيد للخشونة، تستبدله ولاية مينيسوتا (الأمريكية) بمؤشر جودة الركوب (RQI).

وتُربط باستخدام لجنة تقييم. وتُلخص فئات مؤشر جودة الركوب (RQI) ومداها في الجدول (٥-٢٢). لاحظ أن هذا يتوافق مع الصيغة الأصلية لمؤشر قابلية الخدمة الحالي (PSI) على مقياس من (٠) إلى (٥).

الجدول (٥–٢٢) فئات مؤشر جودة الركوب (RQI) ومداها.

مدى درجة قابلية الخدمة الحالي	مؤشر جودة الركوب
٤,١ - ٥,٠	**جيد جدًا**
٣,١ - ٤,٠	**جيد**
٢,١ - ٣,٠	**مقبول**
١,١ - ٢,٠	**سيئ**
٠,٠ - ١,٠	**سيئ جدًا**

٥-٦-٤-٤ مؤشر العيوب في المناطق الحضرية (*UDI*):

يُعد مؤشر العيوب في المناطق الحضرية (UDI) مقياسًا رقميًا؛ لتقييم مسح عيوب السطح، وهو مؤشر مركب من (١٥) عيبًا، وقد طُوّر لشبكة شوارع مدينة الرياض. تشمل خصائص تقييم مؤشر العيوب في المناطق الحضرية (UDI) ما يلي:

- تعتمد طريقة التقييم على الفحص البصري لعيوب الرصف. وتوفر طريقة التقييم إجراءً؛ لتحديد العيب ووصفه؛ من حيث: (النوع، والشدة، والمدى (الكمية))
- يعتمد تقييم الرصف على المؤشر الرقمي لمقياس يتراوح من (٠) إلى (١٠٠)؛ (حيث تكون القيمة من (٠) إلى (٣٩) ضعيفة، والقيمة من (٤٠) إلى (٦٩) مقبولة، ومن (٧٠) إلى (٨٩) جيدة، ومن (٩٠) إلى (١٠٠) ممتازة).
- تُصنف نطاقات الرصف في مؤشر العيوب في المناطق الحضرية (UDI)؛ بناءً على تأثيرها في حالة الرصف.

يتوفر مزيد من التفاصيل حول إجراءات حساب مؤشر العيوب في المناطق الحضرية (UDI) في الملحق (ج-٢).

٥-٦-٥ نُهج نمذجة الأداء:

عند وضع نماذج لأداء الرصف؛ فإن الخطوة الأولى: تتمثل في النظر فيما ستتنبأ به النماذج. وعادةً ما تتنبأ نظم إدارة الرصف بالتغيرات، التي تمثل حالة الرصف على مرور الوقت؛ في أحد المؤشرات التالية:

- شدة العيوب ومداها: بما في ذلك التغيرات في مقدار عيب معين وشدته؛ مثل: شقوق الكلل (fatigue)، أو التخدد (rutting)، أو التصدع (faulting).
- مؤشرات حالة الرصف الفردية: بما في ذلك التغيرات في مؤشر الشقوق الإنشائية، ومؤشر الخشونة، وما إلى ذلك.
- المؤشرات المركبة: بما في ذلك التغيرات التي تجري في أحد المؤشرات المركبة؛ مثل: مؤشر حالة الرصف (PCI).

هناك مزايا وعيوب لكل طريقة من طُرق التنبؤ بحالات الرصف؛ كما هو موضح في الجدول (٥-٢٣). على سبيل المثال: قد يكون من الصعب التنبؤ -بدقة- بالتغيرات في مؤشر مركب ما؛ بسبب عدم الموضوعية في المؤشر، ومجموعات العيوب التي يمكن أن تؤدي إلى المؤشر نفسه. على سبيل المثال: قد يُظهر مقطع الرصف الذي يحتوي على مؤشر مركب قيمته ٨٠ (على مقياس من ٠ إلى ١٠٠) شقوق الكلل المبكرة؛ (وهي: شكل من أشكال التدهور الإنشائي)، أو قد يكون التصنيف ناتجًا عن الشقوق الشبكية؛ (شكل بيئي من التدهور). على الرغم من أن كلًا من مقطعي الرصف لهما نفس قيمة مؤشر الحالة والعمر نفسه، من المتوقع أن يتدهور المقطع الذي يعاني من شقوق الكلل -بشكل أسرع- من المقطع الذي به شقوق شبكية. و لأن نموذج مؤشر مركب واحد لا يفرق

بالضرورة بين مجموعات العيوب الناتجة في التصنيف؛ فمن غير المرجح أن يكون نموذج الأداء قادرًا على التنبؤ بمعدلات تدهور مختلفة للمقطعين. يمكن معالجة هذه المشكلة؛ من خلال التنبؤ بمعدل التدهور في مؤشرات حالة الرصف الفردية، ولكن يزداد عدد نماذج الأداء التي يجب إجراؤها؛ بناءً على عدد المؤشرات التي أُخذت في الاعتبار.

إن النهج الأكثر تعقيدًا؛ هو: توقع التغيرات في شدة ومدى العيب؛ مثل: التنبؤ بازدياد شقوق الكلل بمرور الوقت، وتباين شدتها من منخفضة إلى عالية. تتضمن النماذج -التي تتنبأ بشدة العيوب ومداها- عملية تحديد النقاط، التي تظهر عندها العيوب لأول مرة، بالإضافة إلى انتشارها مع مرور الوقت، وهو انتشار سريع يبدأ من مجرد ظهورها. وبسبب تعقيد عملية نمذجة العيوب الفردية؛ فيمكن أن تختار الجهة الجمع بين درجات شدة لنوع معين من العيوب؛ لتجنب نمذجة زيادة درجة شدة العيوب. على سبيل المثال: سيُجمع بين جميع درجات شدة الشقوق الطولية، والتنبؤ بالمقدار الإجمالي للشقوق التي ستحدث بمرور الوقت. سيكون من الأصعب محاولة التنبؤ بزيادة شدة الشقوق من منخفضة إلى عالية.

الجدول (٥–٢٣) مزايا المتغير المتنبأ به وعيوبه.

المتغير المتنبأ به	المزايا	العيوب
شدة العيب ومداه	• توفير تقديرات محددة لكميات العيوب في المستقبل. • تُوفر التنبؤات بتنسيق مرتبط للغاية بالطريقة التي تُجمع البيانات.	• **يجب نمذجة كل من بداية العيب ومقداره بمرور الوقت.** • يمكن أن **يكون من الصعب إدراجه في برنامج إدارة الرصف.**
المؤشرات الفردية	• بشكل عام، تكون المؤشرات أسهل في نمذجة شدة العيب ومداه. • تتعلق الحالات المتوقعة بالعوامل التي تؤدي إلى المعالجات.	• **يجب إعداد نماذج لكل مؤشر.** • **يمكن أن تكون متطلبات التحديث مرهقة بسبب عدد النماذج.** • **إذا استخدم مؤشر مركب بالاقتران مع المؤشرات الفردية، ف**يمكن أن **يكون هناك تعارض بين الحالات المتوقعة؛ باستخدام نماذج المؤشر الفردية، وتلك المستخدمة للتنبؤ بالمؤشر المركب.**
المؤشر المركب	• **من المحتمل أن يكون ذلك هو النهج الأبسط، الذي ينتج عنه أقل عدد من النماذج.** • **وبسبب العدد المحدود للنماذج، يكون تحديث النماذج أمرًا بسيطًا نسبيًا.**	• **تُحجب معدلات التدهور المختلفة المرتبطة بأنواع العيوب المختلفة.** • يمكن ألّا **يلبي احتياجات بعض أصحاب المصلحة الذين يريدون نماذج أكثر تفصيلًا.**

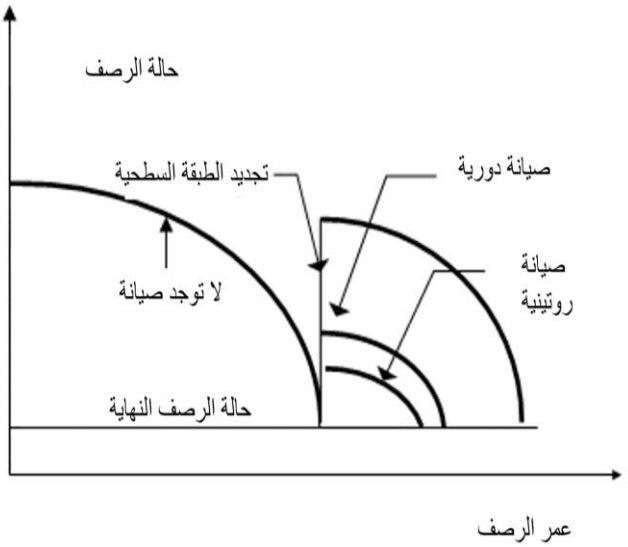
بعد تحديد ما ينبغي أن تتنبأ به النماذج؛ يجب تحديد نوع النموذج. في إدارة الرصف؛ تُستخدم أربعة أنواع من النماذج؛ للتنبؤ بحالات الرصف المستقبلية: نماذج قطعية (deterministic)، واحتمالية (probabilistic)، ونماذج بازين (Bayesian)، ونماذج انطباعية (أو قائمة على الخبراء). يُلخص كل من الأساليب الأربعة هنا، ووصفها بمزيد من التفصيل في الأقسام الفرعية التالية:

- النماذج القطعية: تتنبأ هذه النماذج بقيمة واحدة تابعة؛ مثل: (حالة الرصف) من متغير واحد أو أكثر من المتغيرات المستقلة؛ مثل:(عمر الرصف، وحركة المرور التراكمية السابقة، والبيئة المحيطة، والخصائص الإنشائية للرصف). تُطور النماذج -عادةً- بناءً على نتائج التحليل الإحصائي.
- النماذج الاحتمالية: تتنبأ هذه النماذج بمجموعة من القيم للمتغير التابع؛ مثل: احتمالية تغيير الرصف من كل حالة من الحالات المختلفة إلى حالة أخرى في دورة إصدار تقارير واحدة.
- نماذج بازين (Bayesian): تجمع هذه النماذج بين البيانات الموضوعية والانطباعية. يُوصف كل من المتغيرات المستخدمة في النموذج حسب التوزيع الاحتمالي.
- النماذج الانطباعية (أو القائمة على خبراء): تشبه النماذج القطعية، باستثناء استناد العلاقات بين المتغير المستقل والمتغير التابع إلى رأي الخبراء بدلًا من البيانات التاريخية.

اعتمادًا على المتغيرات المستخدمة؛ يمكن تصنيف النماذج -أيضًا- على أنها ميكانيكية (mechanistic)، أو ميكانيكية-تجريبية (mechanistic-empirical)، أو تجريبية (empirical). تستند النماذج الميكانيكية على المبادئ الأساسية لسلوك الرصف، بينما تستند النماذج التجريبية إلى نتائج التجارب أو الخبرات. تشتمل النماذج الميكانيكية-التجريبية على أجزاء من النهجين، وتربط الحالة المتوقعة بالتدهور المُقاس؛ مثل: العيب أو الخشونة، من خلال معادلات الانحدار؛ لذلك تُستخدم النماذج الميكانيكية-التجريبية كثيرًا في إدارة الرصف.

٥-٧ تأثير الصيانة على حالة الرصف:

يمكن قياس تأثير الصيانة بوصفه تغيرًا في معدل تدهور الرصف. كما يمكن تمثيله بوصفه تغيرًا في ميل منحنى حالة الرصف، أو بوصفه تغيرًا في مستوى حالة الرصف، قبل تنفيذ استراتيجية الصيانة وبعد ذلك. في بعض الحالات الأخرى؛ يُقاس تأثير صيانة الرصف حسب الوقت الذي تتسبب فيه الصيانة بإطالة عمر خدمة الرصف. الشكل (٥-١٤) يوضح التأثير المتوقع لصيانة الرصف في حالة الرصف.



الشكل (٥–١٤) تأثير الصيانة المتوقع على حالة الرصف.

يمكن قياس تأثير الصيانة وإعادة التأهيل بطرائق مختلفة؛ مثل:

- كتغير في معدل تدهور الرصف، والذي يمكن تمثيله بتغير ميل منحنى حالة الرصف، أو كتغير في مستوى حالة الرصف في وقت أداء أنشطة الصيانة.
- يمكن نمذجة فعاليّة الصيانة، وإعادة التأهيل في ثلاث فئات؛ وهي: الفئات المنخفضة، والمتوسطة، والعالية؛ إذ تتسبب الفعاليّة المنخفضة في معدل زيادة أقل لمستوى حالة الرصف أو معدل انخفاض أقل للتدهور، وتتسبب الفعاليّة العالية في زيادة أكبر لمستوى حالة الرصف وانخفاض أعلى لمعدل التدهور.
- فعاليّة الصيانة وإعادة التأهيل بسبب مستوى معين من الإنفاق: يمكن حدوث ذلك عن طريق تحديد مستويات الصيانة المختلفة. يمكن بعد ذلك أن تكون هذه المستويات مرتبطة بالإنفاق، والزيادة في مستوى حالة الرصف.
- نهج آخر يُستخدم لتقييم آثار أنشطة الصيانة وإعادة التأهيل عبر إعداد نماذج تأثير الصيانة. يبدأ إجراء نمذجة تأثير الصيانة بتحديد عوامل أخرى، إضافة إلى صيانة الرصف التي يمكن أن يكون لها تأثير في حالة الرصف، ويمكن أن تشمل هذه العوامل الأخرى: عمر الرصف، والحمل المروري، والبيئة المحيطة، والتصميم الأولي، ومواصفات الإنشاء. بعد تحديد جميع العوامل المحتملة التي يمكن أن يكون لها تأثير على حالة الرصف، يمكن تجميع مقاطع الرصف بناءً على نوع الصيانة التي تتلقاها. ويمكن بعد ذلك إعداد نموذج للتنبؤ بحالة الرصف ضمن كل معالجة صيانة. تُقارن القيم المتنبأ بها لمؤشرات حالة الرصف ضمن كل معالجة صيانة؛ لتقييم مدى تأثير كل معالجة صيانة من أجل تحديد المعالجة الأكثر فعاليّة.

٥-٧-١ أنواع الصيانة:

يمكن أن يشمل بديل الصيانة أكثر من تقنية إصلاح واحدة، والتي يمكن أن تكون ضرورية لإصلاح عيب واحد أو أكثر في المشروع نفسه. سيعتمد الاختيار النهائي لبديل الصيانة والتقنية -التي ستُعتمد كصيانة فعالة لرصف معين- على نتائج تقييم المشروع،

وإطالة عمر الخدمة المتوقع، ومدة الصيانة، ومشكلات التحكم المروري، وتحليل التكلفة. يمكن أن يساعد توفير التعاريف المختلفة لتقنيات الصيانة في إيجاد أساس مشترك؛ لإدراك المفاهيم المرتبطة بالصيانة.

على الرغم من أن معظم الجهات تتفق على المفهوم الذي يقضي بأن الحفاظ على الرصف؛ هو: استراتيجية فعالة لإطالة عمر الرصف، إلا أن هناك خلطًا عامًا في الصناعة فيما يتعلق بالمعالجات التي تُصنّف كأنشطة حفظ، والمعالجات التي تُصنّف كأنشطة إعادة تأهيل أو إعادة إنشاء. على الرغم من عدم وجود تعريف واحد لمعالجة هذه المشكلات؛ إلا أن هناك العديد من المبادرات التي تهدف إلى تقليل أو إزالة أي لبس ناتج عن هذه المصطلحات.

٥-٧-٢ تأثير الصيانة الروتينية :

تشير الصيانة الروتينية إلى أعمال صيانة صغيرة تُجرى في جميع المواسم على جميع الطرق بشكل منتظم، وتشمل فئات بسيطة من أعمال الصيانة. تتضمن الصيانة الروتينية: سد الشقوق، والترقيع، بالإضافة إلى تنظيف عناصر الطريق المختلفة وإزالة المخلفات عنها؛ للتأكد من أنها تعمل بشكل صحيح، مع تجنب الضرر الذي يلحق بالطريق. إن مدة تأثير استراتيجية الصيانة الروتينية الأساسية قصيرة نسبيًا، فتأثيرها في حالة الرصف منخفضة نسبيًا، ومع ذلك يمكن أن تؤخِر أو تمنع -أحيانًا- حدوث مشكلات كبيرة في الرصف. اطّلع على مزيد من التفاصيل والمعلومات عن الصيانة في الجزء (٧-٢) من كود الطرق السعودي ٤٠١ (إنشاء الطرق).

٥-٧-٣ تأثير الصيانة الدورية :

الصيانة الدورية؛ هي: الصيانة التي تتم بشكل دوري. وتحدث -عادة- كل (٣) إلى (٥) سنوات من عمر خدمة الرصف. وتُستخدم كإجراءات تصحيحية؛ لإصلاح الأضرار، أو تدهور حالة الرصف. من المتوقع أن تضفي أنشطة الصيانة الدورية درجة معينة من التأثير في تحسن حالة سطح الرصف، وبالتالي على إطالة عمر خدمة الرصف. وتشمل أنشطة؛ مثل: عازل مستحلب الأسفلت الحبيبي (chip seal)، والعازل الرملي (sand seal)، ومعالجة الأسطح، وطبقات التكسية (overlay) الرقيقة. وضِّحت الآثار المتوقعة لهذه الأنشطة في حالة سطح الرصف في الشكل (٥-١٤). تهدف الصيانة الدورية إلى إطالة عمر سطح الرصف، وضمان سلامة مستخدمي الطُرق.

تشمل الصيانة الدورية للطرق الترابية: التسوية، وإعادة التشكيل، مع بعض الإصلاحات الموضعية. وبالمثل فإن الصيانة الدورية للأسطح الحصوية؛ تتضمن: إعادة وضع الحصى مع بعض الإصلاحات الموضعية. في طريق رصفه مرن؛ تشمل الصيانة الدورية: الرابط الأسفلتي، عازل مستحلب الأسفلت الحبيبي (chip seal)، والعازل الرملي (sand seal)، وعازل (طلاء) المونة الأسفلتية (slurry seal)، وطبقات التكسية الرقيقة. تهدف الصيانة الدورية إلى إطالة عمر سطح الرصف، وضمان سلامة مستخدمي الطُرق.

٥-٧-٤ تأثير صيانة تجديد الطبقة السطحية:

تُعرَّف عملية تجديد الطبقة السطحية: بأنها تلك الأنشطة التي تُجرى للتخلص من العيوب الموجودة، وإعادة حالة الرصف إلى حالتها الأصلية. من المتوقع أن تؤثر هذه الأنشطة بشكل كبير في حالة الرصف، وتوفر تحسينًا للدعم الإنشائي لمقطع الرصف. وتتضمن أنشطة؛ مثل: إعادة الإنشاء، وإضافة طبقة علوية، وتجديد الطبقة السطحية. عُرضت الآثار المتوقعة لهذه الأنشطة في حالة سطح الرصف بيانيًا في الشكل (٥-١٤).

تُعد طبقات التكسية الإنشائية نشاطًا من أنشطة تجديد الطبقة السطحية. ويمكن أن تشمل: تحسينات إنشائية؛ تطيل من عمر خدمة الرصف الحالي، أو تحسن قدرته في حمل الأحمال؛ لذلك تعد أنشطة تجديد الطبقة السطحية من أمثلة إعادة التأهيل. تُعرَّف عملية إعادة التأهيل الرئيسة من قِبل اللجنة الفرعية لصيانة الطرق في (AASHTO): بأنها تحسينات إنشائية، تعمل على إطالة عمر خدمة الرصف الحالي، أو تحسين قدرته في حمل الأحمال.

٥-٨ تقييم قياسات حالة الرصف:

٥-٨-١ تقييم نظام مستوى الشبكة:

يتعامل مستوى الشبكة مع القرارات الإدارية الرئيسة لنظام الرصف، ومستوى الخدمة الذي ينبغي الحفاظ عليه. إن السؤال عن مقاطع الشوارع التي تحتاج إلى عمل، وكم الأموال المطلوبة، ووقت جدولة المعالجة، والاحتياجات التي ينبغي تمويلها؛ هي من بين هذه العناصر المتضمنة على مستوى الشبكة.

غالبًا ما تُستخدم قيمة مؤشر حالة الرصف ضمن مستوى الشبكة؛ لتحديد حالات الشبكة، والتمييز بين مقاطع الجهة التي ينبغي اختيارها للصيانة.

تُوصف الأنظمة الفرعية على مستوى إدارة الشبكة ومكوناتها، بالإضافة إلى أنشطة الإدارة الرئيسة الأخرى في هذا المستوى بإيجاز؛ في الأقسام الفرعية (٥-٨-١-١) حتى (٥-٨-١-٤).

٥-٨-١-١ أنظمة المعلومات:

يتضمن هذا النظام حالة الرصف، وبيانات قائمة الجرد، بالإضافة إلى معالجة البيانات الموجهة نحو توفير الجانب الأساسي لإجراء تحليل الشبكة. تشمل الأنشطة الأساسية، وأنواع البيانات التي جُمعت لهذا النظام ما يلي:

- تحديد سمات الرصف المطلوب قياسها، والحصول على المعلومات.
- تحديد المقاطع المتجانسة في الشبكة (الخصائص الهندسية (الجيومترية)).
- تقديرات حركة المرور، والأحمال، والحوادث.
- القياسات الميدانية للقدرة الإنشائية، وجودة الركوب، وعيوب السطح، ومقاومة الانزلاق.
- تكاليف الوحدة التقريبية؛ لإعادة التأهيل والصيانة. جرد الموارد المتاحة؛ (المواد، قدرة المقاول، محطة/ ورشة العمل، وما إلى ذلك).
- معايير الحد الأدنى من القدرة المطلوبة، والهندسة الجيومترية، ومستويات جودة الركوب، ومقاومة الانزلاق، والقدرة الإنشائية، والعيوب.
- البيانات من المشروعات القائمة -كما نُفذت-، والصيانة.
- معالجة البيانات للإدخال في النظام الفرعي لتحليل الشبكة.

تعد بيانات مسح الحالة الجيدة مفتاحًا للحصول على نتائج جيدة من نظام إدارة الرصف. يجب أن يحتوي النظام على معلومات صالحة بشأن الحالة الحالية لشبكة الرصف؛ من أجل تقديم أفضل التوصيات لأنشطة الصيانة، وإعادة التأهيل؛ لذلك يجب أن تكون بيانات مسح الحالة مختصرة ومباشرة قدر الإمكان. ينبغي أن تجمع الجهة البيانات بقدر ما تحتاجه -فقط- لاتخاذ القرارات المتعلقة بصيانة وإصلاح شبكة الطرق التي تديرها هذه الجهة. إن البيانات الزائدة تتسبب في تكاليف إضافية لجمعها وتخزينها.

ليس مطلوبًا أن تكون بيانات مسح حالة مستوى الشبكة دقيقة للغاية. وليس من الضروري معرفة أطوال الشقوق وعرضها بدقة، على سبيل المثال. من الضروري فقط أن تعرف -بشكل عام- ما إذا كانت الشقوق على مقطع من الرصف طفيفة أم متوسطة أم كبيرة. من المفيد -أيضًا- معرفة ما إذا كانت تغطي جزءًا أو مساحة صغيرة أو متوسطة أو كبيرة من المقطع. يعد قياس خشونة الرصف على مقياس مؤشر قابلية الخدمة الذي يتضمن (٥) مستويات مناسبًا؛ لفحص مستوى الشبكة لحالات مقطع الرصف. هذا هو مستوى التفاصيل الضروري؛ لاتخاذ القرارات بشأن عمليات الإصلاح والصيانة على مستوى الشبكة. يجب توفر مزيد من التفاصيل -فقط- عندما يُنظر في تصميم إعادة التأهيل على مستوى المشروع. ويستلزم ذلك إجراء مسح ثانٍ أكثر تفصيلًا عن العيب، وربما تقييمًا إنشائيًا؛ مثل: تحليل الانحراف.

٥-٨-١-٢ نظام تحليل الشبكة:

تتمثل الوظيفة الأساسية للنظام الفرعي لتحليل الشبكة في النظر في تحسين الرصف وفي احتياجات الصيانة، والتوصل إلى برنامج إعادة التأهيل والإنشاء الجديد والصيانة. ويتحقق ذلك؛ من خلال النشاط التالي:

- تحديد الاحتياجات والجوانب المرشحة للتحسين من النظام الفرعي للمعلومات.
- توليد بدائل لكل مشروع مرشح أو قسم صيانة؛ على سبيل المثال: (أنواع متعددة للبدائل، وسُمك وتوقيتات الإنشاء الجديد، والتوقيتات العديدة، وبدائل الأنواع والسُمك أو إعادة التدوير من أجل إعادة التأهيل، وعدة مستويات من الصيانة لكل مقطع).
- اختيار فترة التحليل، ومعدل الخصم، ومستويات جودة الركوب الدنيا، وما إلى ذلك؛ من أجل التحليل الفني والاقتصادي، بالإضافة إلى تحديد أساس اتخاذ قرار بشأن البرنامج النهائي ذي الأولوية؛ (أي: في الجانب الاقتصادي -فقط- من حيث: زيادة الفوائد، أو تقليل التكاليف، أو في الجانب الاقتصادي جزئيًا، والجانب غير الكمي جزئيًا، وما إلى ذلك).
- التحليل الفني لكل بديل؛ من حيث تقدير الأداء، وباستخدام النماذج ذات الوقت الحسابي المقبول، ومتطلبات معلومات الإدخال.
- التحليل الاقتصادي لكل بديل عبر حساب التكاليف والفوائد.
- تطوير برنامج أولي للإنشاء الجديد وإعادة التأهيل والصيانة، وأن يكون محسّنًا؛ فيما يتعلق ببعض مقاييس الفوائد، أو مرتبًا حسب الأولوية.

٥-٨-١-٣ اختيار إستراتيجيات الصيانة وإعادة التأهيل:

تتمثل الوظيفة الرئيسة لأي نظام في إدارة الرصف على مستوى الشبكة؛ في تقديم توصيات إلى مدير الرصف، بشأن استراتيجيات الصيانة، وإعادة التأهيل المحددة لمقاطع معينة في الشبكة؛ لذلك فإن نظام إدارة الرصف الجيد سيوفر للمدير خطة وميزانية صالحة؛ من أجل أداء جميع أنشطة الصيانة، وإعادة التأهيل في الرصف. ستُظهر دقة هذه الخطة وتفاصيلها مدى جودة وتعقيد نظام إدارة الرصف الذي يقدم التوصيات. تعتمد المنهجية -التي يستخدمها النظام في التوصية، وتحديد أولويات وبدائل الصيانة، وإعادة التأهيل- على احتياجات الجهة والنظام المُستخدم. النقطة المهمة هي أن المنهجية تقدم توصيات ونتائج معقولة على هيئة خطة صيانة، وإعادة تأهيل مجدية، وقابلة للتطبيق، وفعالة؛ من حيث التكلفة للجهة. إن منهجية شجرة القرارات؛ هي: الطريقة المباشرة التي تعمل جيدًا عند إعدادها جيدًا. تفحص شجرة القرارات مؤشرات الحالة الرئيسة للرصف بالنسبة لاحتياجات الجهة، وتقرر البديل، أو مجموعة البدائل الأكثر ملاءمة لكل مجموعة من مستويات الحالات. يمكن أن توفر شجرة القرار توصيات متعددة لكل مقطع. سيكون من الضروري بعد ذلك إجراء تحليل اقتصادي؛ لتحديد أي من البدائل الموصى بها هو الأكثر فعاليّة؛ من حيث: التكلفة لكل مقطع حسب الميزانية المتاحة والحالات العامة للشبكة. يمكن إجراء هذا النوع من التحليل؛ باستخدام تكلفة دورة الحياة، وتحديد الأولويات متعددة الأعوام، أو منهجية تعظيم الاستفادة (optimization). ليس من الأهداف هنا الخوض في تفاصيل مختلف إجراءات تعظيم الاستفادة، ولا في

تحديد الأولويات المناسبة لنظم إدارة الرصف. يكفي أن يكون هناك عدد من المنهجيات المتاحة، بعضها مطبق حاليًا بنجاح من قبل بعض الجهات.

٥-٨-١-٤ نظام التنفيذ:

يُشتق نظام تنفيذ مستوى إدارة الشبكة من تطبيق معايير القرار وقيود الميزانية. كما أنه يسرد البرنامج النهائي، والجدول الزمني للمشروعات الإنشائية، وإعادة التأهيل الجديدة خلال فترة التحليل، بالإضافة إلى برنامج الصيانة السنوي. في بعض الجهات يمكن أن يخضع هذا البرنامج للحصول على الموافقة النهائية من مستوى الإدارة العليا.

٥-٨-٢ تقييم نظام مستوى المشروع:

يتعامل مستوى المشروع مع قرارات الإدارة الفنية؛ لمعرفة المزيد من الشروط التفصيلية، وظروف المشروع المحددة. وبالنظر إلى أن قسمًا معينًا سيتلقى تمويلًا من أجل الصيانة؛ فإن مستوى المشروع سيساعد في العثور على أفضل معالجة بديلة لتطبيقها.

تُوصف الأنظمة على مستوى المشروع ومكوناتها، بالإضافة إلى أنشطة الإدارة الرئيسة الأخرى على مستوى المشروع بإيجاز؛ على النحو المبين في الأقسام من (٥-٨-٢-١) حتى (٥-٨-٢-٤).

٥-٨-٢-١ أنظمة المعلومات:

يتضمن هذا النظام جمع بيانات أكثر تفصيلًا، والمقدار المناسب لحجم المشروع ونوعه؛ حتى يمكن المضي قدمًا في تحليل المشروع والإنشاء اللاحق. يمكن أن تشتمل أنواع البيانات والأنشطة التي يتضمنها المكون على ما يلي:

- تحديد الأقسام الفرعية المتجانسة ضمن طول المقطع أو المشروع (في بعض الحالات يمكن أن يَتبع ذلك القياسات الميدانية).
- القياسات الميدانية أو تقديرات العناصر الهندسية (الجيومترية)؛ (عروض المسارات، وسماكات الطبقات، وما إلى ذلك)، وأحجام المرور، والقدرة الإنشائية، وجودة الركوب، وحالة السطح، ومقاومة الانزلاق، وما إلى ذلك، للرصفيات الحالية.
- القياسات المعملية؛ لتحديد خواص المواد.
- الحصول على تكاليف الوحدة أو تقديراتها للمواد، والإنشاء، وما إلى ذلك.
- تحديد معايير أو مواصفات الحد الأدنى من جودة الركوب، والحد الأدنى من مقاومة الانزلاق وغيره.
- جمع البيانات المناخية أو البيئية.
- جمع البيانات المتاحة عن تباين الإنشاء والصيانة.
- معالجة البيانات؛ من أجل الإدخال في نظام تحليل المشروع، ولإحالتها إلى ملف البيانات.

٥-٨-٢-٢ نظام تحليل المشروعات :

يمكن أن يطلق على نظام تحليل المشروعات -أيضًا- نظام التصميم؛ حيث يُضطلع بمشروعات الإنشاء، أو إعادة التأهيل الجديدة. ومع ذلك فإن المصطلحات والمفاهيم المستخدمة في نظام تحليل المشروعات تتوافق مع نظام تحليل الشبكة، كما أنها تسمح بتحليل الأنشطة غير المتعلقة بالتصميم؛ مثل الصيانة.

تتضمن قائمة الأنشطة لهذا النظام ما يلي:

- توليد بدائل من مزيج المواد وسماكة الطبقة، وبدائل إعادة التأهيل والصيانة المستقبلية.
- تحديد فترة التحليل، ونسبة الخصم، وما إلى ذلك، للتحليل الفني والاقتصادي.
- التحليل الفني للبدائل؛ من حيث التنبؤ بالعيوب وتوقع الأداء.
- التحليل الاقتصادي للبدائل؛ لتحديد التكاليف والفوائد.

٥-٨-٢-٣ معايير القرار والاختيار:

يمكن أن تتضمن معايير القرار المطبقة على البدائل المختلفة من نظام تحليل المشروعات: عوامل كمية، وأخرى غير كمية. ينبغي أن تعكس هذه العوامل احتياجات الشبكة؛ كما يراها مُتخذ القرار. ويمكن اختيار بديل أقل تكلفة أو أقصى منفعة، أو يمكن دمج التجربة السابقة، والحكم، ، وما إلى ذلك، مع معيار يمكن أن يستند إلى الاقتصاد.

٥-٨-٢-٤ نظام التنفيذ:

يمثل هذا النظام تحقيق واقع مادي نهائي من جميع الأنظمة السابقة على مستويات كل من الشبكة والمشروع. وعندما يتعلق الأمر بعملية إنشاء أو إعادة تأهيل جديدة؛ فإنه يشمل العطاءات، وإرساء العقود، وأنشطة العمل الفعلية، ومراقبة عملية الإنشاء، وتوثيق كميات الإنشاء، والتكاليف، والمقاييس الهندسية (الجيومترية)؛ لتحديث قاعدة معلومات الشبكة، ولإحالتها إلى قاعدة البيانات. عندما يتعلق الأمر بالصيانة؛ يشتمل هذا النظام على العمل الفعلي المنجز، والكميات، والجداول الزمنية، والتكاليف، وما إلى ذلك، بما في ذلك تطبيق ما يسمى -عادةً- إدارة الصيانة على المقطع الفردي أو أطوال من المشروع. وعادة ما تُطبق نظم إدارة الصيانة على الشبكات الإقليمية أو شبكات الأحياء.

٥-٩ نظام مياه الأمطار:

يمكن أن يكون لمياه الأمطار آثار إيجابية وسلبية على حالة الرصف. وبالنسبة للآثار الإيجابية، يمكن أن تساعد شبكات تصريف مياه الأمطار في منع تراكم المياه على الرصف، مما قد يؤدي إلى تدهور حالة الرصف مع مرور الوقت. وفي حال تجميع مياه الأمطار بشكل صحيح وتوجيهها بعيدًا عن أسطح الرصف، فيمكن أن تساعد في تقليل كمية المياه الراكدة التي يتعرض لها الرصف. ويمكن أن يساعد هذا في منع تكون الحفر والشقوق، ويمكن أن يطيل في عمر الرصف.

أما بالنسبة للأثار السلبية، يمكن أن تساهم شبكات تصريف مياه الأمطار في تدهور الرصف في حال عدم تصميمها أو صيانتها بشكل صحيح. وفي حال عدم تركيب شبكات تصريف مياه الأمطار أو صيانتها بشكل صحيح، فيمكنها السماح بتجمع المياه على أسطح الرصف، مما قد يؤدي إلى الانجراف (erosion) والتشقق وتواجد الأشكال الأخرى من التلف. وعلاوةً على ذلك، يمكن أن تحمل مياه الأمطار الرواسب وغيرها من المواد التي يمكن أن تسبب البري (abrasion) والأشكال الأخرى من التلف لأسطح الرصف.

ويعتمد تأثير مياه الأمطار على حالة الرصف -إجمالًا- على مجموعة متنوعة من العوامل، بما في ذلك تصميم وصيانة شبكات تصريف مياه الأمطار وكمية وتكرار هطول الأمطار وحالة الرصف نفسه. ويمكن أن يساعد التصميم الصحيح لشبكات تصريف مياه الأمطار وصيانتها في الحد من الآثار السلبية لمياه الأمطار على حالة الرصف وتعظيم الآثار الإيجابية.

٥-١٠ التحكم بالمزروعات على الطرق:

يمكن أن يكون للغطاء النباتي آثار إيجابية وسلبية على حالة الرصف، اعتمادًا على عوامل مختلفة مثل نوع وكثافة الغطاء النباتي وموقع الرصف واستخدامه وظروف المناخ والتربة في المنطقة. وها هي بعض الطرق الممكنة التي يمكن للغطاء النباتي التأثير على حالة الرصف.

٥-١٠-١ الآثار الإيجابية:

- انخفاض الجريان السطحي لمياه الأمطار: يمكن للغطاء النباتي امتصاص مياه الأمطار وتقليل كمية الجريان السطحي لمياه الأمطار التي تصل إلى الرصف. ويمكن لهذا أن يساعد في تقليل التآكل وإطالة عمر الرصف.
- انخفاض درجة الحرارة: يمكن للغطاء النباتي توفير الظل وتقليل كمية ضوء الشمس المباشر الذي يصل للرصف. ويمكن لهذا أن يساعد في تقليل درجة حرارة سطح الرصف، مما قد يقلل من خطر التشقق وتواجد أشكال الضرر الأخرى.
- تحسين ثبات التربة: ويمكن أن يساعد الغطاء النباتي في ثبات التربة حول الرصف، مما قد يقلل من خطر الهبوط أو الإزاحة الذي يمكن أن يؤدي إلى وجود شقوق أو تواجد أشكال الضرر الأخرى.

٥-١٠-٢ الآثار السلبية:

- زيادة الرطوبة: يمكن للغطاء النباتي -أيضًا- احتجاز الرطوبة بالقرب من الرصف، مما قد يؤدي إلى زيادة التشقق وتواجد أشكال أخرى من الضرر، وخاصة في المناطق التي بها دورات تجميد ثم ذوبان الجليد.
- زيادة المخلفات: يمكن للغطاء النباتي إسقاط الأوراق والأغصان والمخلفات الأخرى على الرصف، مما قد يؤدي إلى مخاطر الانزلاق للمشاة وراكبي الدراجات، وكذلك انسداد مصارف تصريف مياه الامطار وأنظمة الصرف الأخرى.
- زيادة نمو الجذور: يمكن أن تنمو بعض أنواع الغطاءات النباتية على سبيل المثال الأشجار ذات الجذور العميقة في الرصف وتسبب أضرارًا للسطح والطبقات الجوفية.
- وخلاصةً للقول، يمكن أن يختلف تأثير الغطاء النباتي على حالة الرصف حسب نوع وكثافة الغطاء النباتي، بالإضافة إلى العوامل البيئية الأخرى. ومن الضروري مراعاة هذه العوامل عند تخطيط وصيانة أنظمة الرصف من أجل تحسين طول عمرها وسلامتها.

٥-١١ التحكم بالجودة وضمان الجودة:

٥-١١-١ التحكم بالجودة:

يشمل التحكم بالجودة الإجراءات والاعتبارات اللازمة لتقييم عمليات الإنتاج، وتعديلها؛ للحصول على المستوى المطلوب من الجودة لبيانات حالة الرصف. وتشمل هذه الأنشطة: فحص المعدات المستخدمة لجمع البيانات، ومراقبة العاملين المسؤولين عن جمع البيانات، وعملية جمع البيانات نفسها. وعند جمع البيانات باستخدام معدات جمع مؤتمتة للبيانات؛ فيمكن أن تشمل مراقبة الجودة: صيانة المعدات واختبارها ومعايرتها. يعد تدريب الفرق المعنية بتنفيذ عملية المسح والإشراف عليهم أمرًا بالغ الأهمية عند جمع البيانات؛ باستخدام عمليات المسح اليدوية/البصرية. كما تتضمن أمثلة أنشطة مراقبة الجودة -كذلك- فحوصات التحقق من البيانات باستخدام مقاطع التحكم أو التحقق، وفحوصات البيانات في الوقت الحقيقي أثناء السير بالمركبة، والتشخيصات الدورية/فحوصات البيانات، وفحوصات الفيديو والبيانات المُسلمة، وفحوصات بيانات تقييم العيوب، وفحوصات قاعدة البيانات.

قبل جمع البيانات؛ يجب معايرة المعدات بشكل صحيح، ويجب تحديد الإجراءات، وتوثيقها بوضوح، وتدريب الأفراد. في أثناء عملية جمع البيانات؛ من المهم أن تُراقب بيانات حالة الرصف -بشكل مستمر- عبر مجموعة متنوعة من الطرائق الممكنة؛ لضمان

معايرة المعدات، ودقة البيانات، واتساقها في أثناء جهود الجمع. تسمح عملية المراقبة -هذه- باكتشاف الأخطاء وتصحيحها، قبل إرسال مجموعات كبيرة من البيانات غير المُرضية. بعد اكتمال عملية جمع البيانات يمكن التحقق من صحة البيانات قبل قبولها.

٥-١١-٢ ضمان الجودة:

إن أنشطة ضمان الجودة؛ هي: التي تحكم عملية قبول بيانات حالة الرصف، وغالبًا ما يشار إلى ذلك بمصطلح: (ضمان الجودة) في مصطلحات جمع بيانات الرصف. ومع ذلك لا يُستخدم هذا المصطلح الأخير في عملية التجميع هذه؛ لأن في أدبيات إدارة الجودة يشتمل مصطلح ضمان الجودة على جميع الأنشطة، التي تركز على زيادة القدرة على تلبية متطلبات المنتج، أو الخدمة التي تُنتج. ويُعد التعريف المستخدم في هندسة الرصف أقرب إلى التعريف الذي قدمه المعهد الوطني للجودة (National Quality Institute)، والذي يُعرف ضمان الجودة على أنه: الإجراءات التي يتخذها المشتري أو مستخدم البيانات؛ للتأكد من توافق المنتج النهائي مع الاتفاقيات أو الأحكام أو المواصفات.

تُستخدم أدوات قبول الجودة؛ لاختبار كل من بيانات حالة الرصف التي تجمعها الجهة، و يجمعها مزود الخدمة. إذ تتحقق هذه الاختبارات من استيفاء البيانات للمتطلبات المحددة قبل استخدامها؛ لدعم قرارات إدارة الرصف. تتضمن أمثلة أنشطة الجودة -شائعة الاستخدام- اختبار موقع المراقبة والتحقق منه، وفحوصات قاعدة البيانات الكاملة؛ على سبيل المثال: (للتحقق من التقييمات خارج المدى المتوقع)، والمُعاينة وإعادة الاختبار لقبول الجودة، وفحوصات الجودة المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية، ومقارنات السجل التاريخي الزمني.

عادةً ما تبحث البرامج المستخدمة لإدارة الجودة عن البيانات المفقودة، أو التي حُددت بشكل خاطئ أو غير الصحيحة؛ فيما يتعلق بحجم المقطع، أو المنسقة بشكل غير صحيح أو خارج المدى المتوقع. وتعمل هذه البرامج على ضمان اكتمال البيانات ووظائفها. لا يضمن استخدام مثل هذه البرامج الاكتمال فحسب، بل يضمن التوحيد القياسي أيضًا؛ الأمر الذي يقلل من مشكلات تحديثات السجل التاريخي الزمني، ويسمح بتحليل أفضل للبيانات الأولية إلى بيانات ذات مستوى أعلى؛ مثل المؤشرات المركبة.

٦- قرار الصيانة:

٦-١ المقدمة:

تصف صيانة الرصف العمل الذي يُجرى للحفاظ على حالة الرصف، أو الاستجابة لحالات، أو لأحداث معينة تعيد نظام الطرق إلى حالة التشغيل الوظيفية. وتُعد الصيانة عنصرًا حاسمًا في نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS)، الذي يشمل الصيانة الروتينية والوقائية. ومن المسلم به أن نوع صيانة الرصف، وتكرارها، ودرجتها يمكن أن تؤثر بشكل كبير على الأداء. وعليه يجب أن يتضمن كود الرصف عملية قرار الصيانة. من الناحية المادية؛ تتكون الصيانة من مجموعة من الأنشطة الوقائية، الموجهة نحو الحد من معدل التدهور الإنشائي، أو الأنشطة التصحيحية الموجهة نحو الحفاظ على هيكل الرصف في حالة صالحة للخدمة. وهذا يشمل العمل الوقائي؛ مثل: عازل مستحلب الأسفلت الحبيبي (chip seal)، والأعمال التصحيحية؛ مثل الترقيع (patching). ستُضمن الأنشطة الخاصة بالخدمة؛ مثل: إزالة الدهانات، والكنس، وإزالة النفايات، في نظام إدارة صيانة الرصف، لكن سيكون لها تأثيرًا ضئيلًا في أداء الرصف، ولا تُؤخذ -عادةً- في الاعتبار في نظام إدارة صيانة الرصف.

عندما طُوّرت نظم إدارة الرصف في الأصل، كانت تركز -بشكل أساسي- على تحديد، وترتيب أولويات إعادة تأهيل الرصف، ومشروعات إعادة الإنشاء. وفي السنوات الأخيرة أدركت الجهات أن السماح لأحد الأصول بالتدهور إلى نقطة لا يكون فيها شيئًا ممكنًا سوى أنشطة إعادة التأهيل أو إعادة الإنشاء -فقط-؛ هو أمر مكلف -للغاية- في صيانة شبكة الرصف؛ نتيجة لذلك نفذّت العديد من الجهات برامج؛ للمحافظة على الرصف، تشمل: استخدام معالجات صيانة وقائية في وقت مبكر من دورة حياة الرصف؛ لتأجيل الحاجة إلى أنشطة إعادة التأهيل المستقبلية. ولأن أنشطة المحافظة على الرصف يمكن أن تُدفع تكاليفها من خلال ميزانية المنطقة الإدارية، وتوفر وسيلة منخفضة التكلفة؛ للحفاظ على حالات الرصف، فقد أصبحت نهجًا مهمًا لتمديد دورة حياة الرصف.

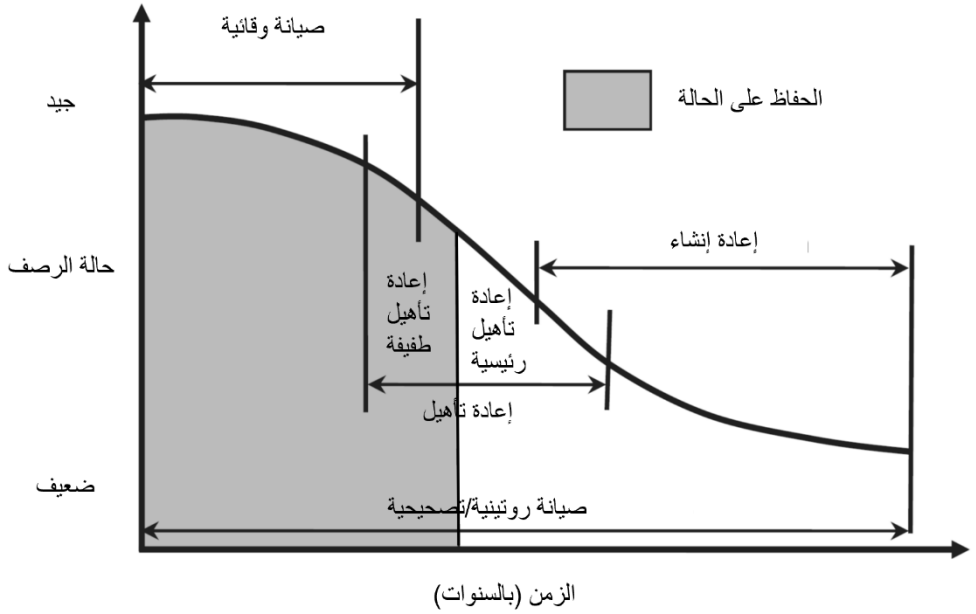
ومن الناحية الإدارية؛ يمكن فصل الصيانة عن إعادة التأهيل؛ من خلال تحديد الميزانية، وبإجرائها في مقاطع متقطعة لا يزيد طولها عن عدة مئات من الأمتار؛ على سبيل المثال: يتناول هذا الباب بشكل أساسي المعلومات المرتبطة بالصيانة، وإعادة التأهيل، واستخدامها في إدارة الرصف، وليس مع ممارسات الصيانة نفسها. وعلى الرغم من أن هذه الممارسات لم يُنظر فيها بأي طريقة شاملة في هذا الباب، إلا إنه ينبغي التأكيد على أهميتها لأداء الرصف.

٦-٢ أنواع الصيانة:

حاولت مذكرة الإدارة الاتحادية (الأمريكية) للطرق (FHWA) التمييز بين الأنواع المختلفة لإصلاح الرصف؛ من خلال تقديم التعريفات التالية:

- إعادة التأهيل (Rehabilitation): تتكون من تحسينات إنشائية، تعمل على إطالة عمر خدمة رصف قائم، أو تحسين قدرته على حمل الأحمال، أو كليهما. وتُعد أنشطة إعادة التأهيل أمثلة على إعادة التأهيل الطفيفة عند إجراء تحسينات غير إنشائية على مقاطع رصف قائمة. ووفقًا للمذكرة؛ حددت لجنة (AASHTO) الفرعية للطرق إعادة التأهيل الرئيسة على أنها: تحسينات إنشائية تعمل على إطالة عمر خدمة رصف قائم و/أو تحسين قدرته على تحمل الأحمال.
- تُعرَّف الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance)؛ بأنها: استراتيجية مخططة للمعالجات الفعالة؛ من حيث التكلفة، لنظام الطرق القائمة وملحقاته التي تحافظ على النظام، وتؤخر التدهور المستقبلي، وتحافظ على الحالة الوظيفية للنظام، أو تحسنها (دون زيادة القدرة الإنشائية بشكل كبير). ويُطبق -بشكل عام- على الرصفيات، التي تكون في حالة جيدة دون وجود مقدار كبير من التدهور.
- من ناحية أخرى تتكون الصيانة الروتينية (Routine Maintenance)؛ من: العمل المخطط والمُنفّذ على أساس روتيني؛ للحفاظ على حالة نظام الطرق، وصونها، أو الاستجابة لحالات وأحداث معينة تعيد نظام الطرق إلى مستوى مناسب من الخدمة.
- تشتمل الصيانة التصحيحية (Corrective Maintenance) على الأنشطة التي تُجرى استجابة لتفاقم عيب أو أوجه قصور وتؤثر سلبًا في سلامة المنشأة، وعملياتها الفعالة، وتكامل مقطع الرصف في المستقبل. وتُعد هذه الأنواع من الأنشطة تفاعلية بطبيعتها بشكل عام.
- يُعرّف الحفاظ على الرصف (Pavement Preservation) بأنه: برنامج يستخدم استراتيجية طويلة المدى على مستوى الشبكة، يعمل على تحسين أداء الرصف؛ باستخدام مجموعة متكاملة وفعالة -من حيث التكلفة- من الممارسات التي تعمل على إطالة عمر الرصف، وتحسين السلامة، وتلبية توقعات السائقين.
- لم يُعرف مصطلح إعادة إنشاء الرصف (Pavement Reconstruction) في مذكرة الإدارة الاتحادية للطرق (الأمريكية)؛ إذ يُعد -بشكل عام- بمثابة استبدال هيكل الرصف الحالي بهيكل جديد مكافئ له. وعادة ما تتضمن الإزالة الكاملة لهيكل الرصف الحالي واستبداله، ويمكن أن يشمل إما مواد جديدة أو معاد تدويرها.
- لم تُعرف الصيانة في حالات الطوارئ أو الكوارث في مذكرة الإدارة الاتحادية للطرق (الأمريكية) أيضًا؛ إذ تُجرى في أثناء حالة الطوارئ؛ كظهور أحد الانتفاخات، أو حدوث حفرة كبيرة أو عميقة تحتاج إلى إصلاح على الفور؛ لأسباب تتعلق بالسلامة، أو للسماح لحركة المرور باستخدام الطريق. ويصف هذا -أيضًا- معالجات مؤقتة، مصممة لتثبيت السطح؛ حتى يمكن إجراء المزيد من الإصلاحات الدائمة.

وتُوضح العلاقة العامة بين كل هذه الأنشطة في الشكل (٦-١). وتشمل أنشطة الحفاظ على الرصف كلًا من الصيانة الوقائية، وأنشطة إعادة التأهيل البسيطة. وكما هو محدد أعلاه؛ تركز هذه الأنشطة على استعادة الخصائص الوظيفية للرصف، بدلًا من الحالة الإنشائية للرصف، والتي تُعالج بشكل أكثر ملاءمة؛ من خلال أنشطة إعادة التأهيل، وإعادة الإنشاء. ويمكن إجراء أنشطة الصيانة الروتينية والتصحيحية في أي وقت خلال دورة حياة الرصف. يعتمد تطبيق هذه المعالجات -أيضًا- على حالة الرصف؛ إذ تُستخدم معالجات الصيانة الوقائية في وقت مبكر من عمر الرصف، عندما لا يزال الرصف في حالة جيدة نسبيًا. وكذلك يحل وقت لا تعد فيه الصيانة الوقائية مناسبة؛ (لأن الرصف قد تدهور إلى درجة وجود شقوق واسعة المدى وعيوب أخرى)، لكن من السابق لأوانه بدء تنفيذ إعادة التأهيل الرئيسة على الرصف؛ إذ تتلقى الرصفيات التي تكون في هذه الحالة معالجات بسيطة من معالجات إعادة التأهيل؛ مثل: طبقات التكسية الرقيقة، أو عملية إعادة تدوير الرصف. وعند الجمع بين استخدام علاجات الصيانة الوقائية وتقنيات إعادة التأهيل البسيطة مع الصيانة الروتينية؛ فإنها توفر خيارات للحفاظ على حالة الرصف، وذلك في حالات الرصف التي لا تزال جيدة نسبيًا.



الشكل (٦–١) العلاقة بين حالة الرصف والفئات المختلفة من معالجة الرصف (AASHTO, 2012).

إذا لم تُستخدم الصيانة الوقائية أو إعادة التأهيل البسيطة خلال العمر الافتراضي للرصف؛ فستتدهور حالة الرصف إلى درجة تكون فيها عملية إعادة التأهيل الرئيسة (كالترميم الإنشائي، مثل إصلاحات كامل العمق أو طبقات التكسية السميكة، أو حتى إعادة الإنشاء) ضرورية. وعندما تتفاقم عيوب الرصف إلى مستويات كبيرة؛ فإن أنشطة الحفاظ على الرصف لا تكون خيارات علاجية قابلة للتطبيق بعد ذلك. وإذا استخدمت الصيانة الوقائية أو إعادة التأهيل البسيطة على الرصف المتدهور بشدة؛ يمكن تقليل عمر العلاج المختار بشكل كبير.

تتوفر وجهة نظر بديلة للاختلافات في هذه الأنشطة في الجدول (٦-١)، والتي تلخص الغرض الأساسي من كل نشاط. تمثل الصفوف الثلاثة المظللة في الجدول؛ مثل: (إعادة التأهيل البسيطة (الطفيفة)، والصيانة الوقائية، والصيانة الروتينية) أنواع المعالجات المشار إليها -عادةً- باسم: الحفاظ على الرصف، وتوضح مرة أخرى أنها تتكون من الصيانة الوقائية، وبعض أشكال المعالجة البسيطة (إعادة التأهيل غير الإنشائية)، وبعض أشكال الصيانة الروتينية. يهدف الحفاظ على الرصف إلى تطبيق معالجة وقائية؛ (إجراءات تهدف إلى منع التدهور أو إيقافه أو إبطائه)، أو ترميمية؛ (إجراءات تهدف إلى تحسين الحالات أو إعادتها إلى مستويات مقبولة)، أو تصحيحية محدودة؛ (إجراءات تهدف إلى إصلاح العيوب أو تعزيز التكامل الإنشائي)، أو مزيج منها، للرصفيات التي تكون في حالة جيدة نسبيًا، ولم يتدهور هيكلها إلا قليلًا، أو ليس بها تدهور على الإطلاق. يمكن أن يساعد تطبيق المعالجة المناسبة في الوقت المناسب وبالطريقة الصحيحة على إطالة عمر خدمة الرصف. تشمل أمثلة معالجات الصيانة الوقائية: طبقات التثبيت العازلة، والأسطح المجهرية، وحشو الشقوق/الفواصل.

الجدول (٦–١) تصنيف أنشطة الرصف حسب الغرض.

نوع النشاط	الغرض من النشاط				
	زيادة القدرة الاستيعابية	زيادة القوة	إبطاء التقادم في العمر	إعادة ترميم خصائص السطح	تحسين أو إعادة ترميم الأداء الوظيفي
إنشاء جديد	☑	☑	☑	☑	☑
إعادة إنشاء	☑	☑	☑	☑	☑
إعادة تأهيل رئيسة (شديدة)		☑	☑	☑	☑
طبقة تكسية إنشائية		☑	☑	☑	☑
إعادة تأهيل بسيطة			☑	☑	☑
صيانة وقائية			☑	☑	☑
صيانة روتينية					☑
صيانة تصحيحية (تفاعلية)					☑
الصيانة في حالة الطوارئ					☑

عندما تتدهور حالة الرصف إلى درجة وجود شقوق واسعة المدى وعيوب أخرى؛ فعندئذ لا يعد استخدام الصيانة الوقائية مناسبًا، لكن قد يكون من السابق لأوانه -أيضًا- بدء عملية إعادة تأهيل كبيرة. يخضع الرصف الذي تصل حالته إلى هذا المستوى إلى علاجات إعادة التأهيل البسيطة؛ مثل: طبقات التكسية الرقيقة، أو إعادة تدوير الأسطح، والمعالجات التي تستعيد الصفات الوظيفية، والتكامل الهيكلي بشكل محدود.

٦-٣ عوامل اتخاذ قرار الصيانة:

يجب مراعاة عاملين رئيسين عند اتخاذ قرارات الصيانة: تقييم حالة الرصف، واستراتيجيات صيانة الرصف.

٦-٣-١ تقييم احتياجات صيانة الرصف:

يعد تقييم حالة الرصف طريقة جيدة لبدء التخطيط لإجراء الصيانة وإعادة التأهيل. وتعد العيوب المختلفة في الرصف مؤشرًا مهمًا لأنواع من عمليات الصيانة وإعادة التأهيل، التي يمكن أن تحتاجها على الفور أو في المستقبل. بالإضافة إلى ذلك فإن تقييم الرصف بشكل دوري يوفر فكرة أفضل عن كيفية تدهور حالة الرصف؛ مما يسمح بالتخطيط وإعداد الميزانية بشكل أفضل. وهناك العديد من الطرائق المختلفة لتقييم احتياجات صيانة الرصف. ويوجد عدد قليل من الخيارات الموضحة أدناه.

١- التقييم من قبل مهنيين مدربين.

إن أبسط طريقة للتقييم هي السماح لفريق مدرب بإجراء عملية التقييم؛ إذ يمكنهم إعداد تقارير مفصلة عن حالة الرصف، وقائمة بالعيوب المختلفة الموجودة، وتقديم العديد من الصور التي توثق كل العناصر الممكنة.

٢- توثيق أنواع العيوب.

أحد أكثر أنواع التقييم الأساسية؛ هو: توثيق أنواع العيوب على سطح الرصف؛ باستخدام دليل عيوب الرصف، التجول حول أسطح الرصف، وإنشاء قائمة بأنواع العيوب المختلفة الموجودة، وشدتها، ومقدارها، وما إلى ذلك. ويقدم دليل عيوب الرصف -أيضا- معلومات حول تقنية الصيانة الأنسب لكل نوع من أنواع العيوب.

٣- التقييم الموجه.

تقييم حالة الرصف هذا كأنه استبيان حول حالة الرصف. وبالإجابة على هذه العينة من الأسئلة القليلة، وحساب درجة التقييم الإجمالية؛ فإنها قد تعطي فكرة أفضل عن حالة الرصف.

٤- وضع درجات لحالة سطح الرصف.

تتطلب طريقة وضع درجات حالة الرصف إنشاء نوع من مقياس اختياري لاستخدامه في التقييم. ويُعد هذا التقييم انطباعيًا؛ حيث تقوم مجموعة من مستخدمي الرصف بتقييم مقاطع الرصف بناءً على جودة الركوب. ويُستخدم متوسط التقييم لتحديد احتياجات الصيانة.

٥- ممارسة (ASTM) القياسية لمسوحات مؤشر حالة الرصف.

يجب قياس كل العيوب الموجودة على سطح الرصف؛ من حيث: الطول، والعرض، والعمق قبل حساب مؤشر حالة الرصف (PCI) لسطح لرصف؛ وفقًا لطريقة (ASTM D6433). تتطلب هذه الطريقة القياسية قدرًا كبيرًا من التدريب والوقت لإجراء التقييمات.

٦- معدات تقييم العيوب.

تواجه مسوحات عيوب السطح اليدوية العديد من العوائق؛ بما في ذلك خطر التواجد على الطريق، وتباين تقييمات المقيمين، وأحجام العينات غير الكافية، والتكلفة العالية لأطقم العمل التي تقوم بالفحص بسرعة بطيئة. وقد شجعت هذه العوامل تطوير تقنيات مؤتمتة؛ لتقييم عيوب الرصف. تتراوح المعدات المتاحة؛ من برمجة أجهزة الحاسب المحمولة/اللوحية، ونماذج جمع البيانات المؤتمتة، إلى تصوير الفيديو والأفلام لسطح الرصف. ومع ذلك فلا تزال جميع أساليب العمل حتى الآن تتطلب درجة معينة من التدخل البشري في عملية تحديد أنواع العيوب وقياس مقدارها.

وبشكل عام فإن احتياجات الصيانة تعتمد على حالة الرصف. تعتمد حالة الرصف التي تحدد احتياجات الصيانة على نظام إدارة صيانة الرصف الخاص بالجهة المسؤولة عن الطرق. في هذا الباب، تُعرض الإجراءات المستخدمة لتقييم الرصف بالتفصيل. وينبغي اعتبار هذه الإجراءات أساسًا لتحديد احتياجات الصيانة لشبكة الطرق للأعمال الحالية والمستقبلية.

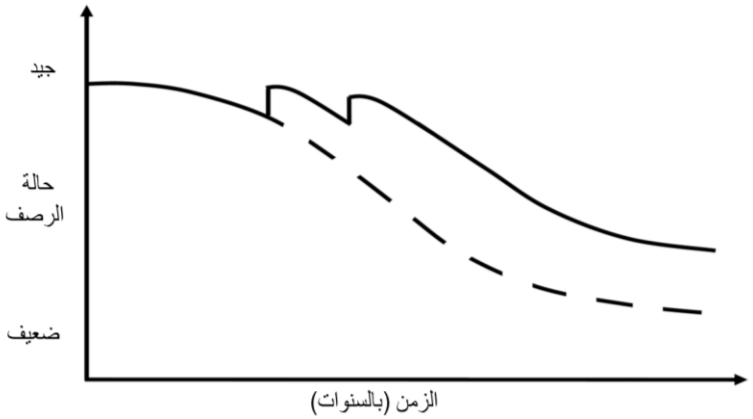
٦-٣-٢ إستراتيجيات الرصف:

تشتمل نظم إدارة صيانة الرصف -بشكل عام- على نموذج نظام فرعي؛ لتحديد المعالجة الأكثر فعاليّة من حيث التكلفة. وتعتمد هذه بشكل عام على نوع الرصف، وحالته، وعوامل أخرى مهمة. ومع ذلك فمن الأهمية بمكان أن تُعالج الصيانة المناسبة في الوقت المناسب؛ حتى يعمل الرصف على النحو المحدد له، ولكي يكون برنامج الصيانة فعالًا من حيث التكلفة. يتمثل أحد القيود للعديد من نظم إدارة صيانة الرصف في عدم قدرتها على التحليل الشامل للمشروعات الفردية، وتحديد التوقيت المناسب، وتكلفة المعالجة.

وبشكل عام تُعرَّف أنواع حماية الرصف الثلاثة؛ بأنها: وقائية، وتصحيحية، وطارئة. تستخدم الصيانة الوقائية لوقف التدهور الطفيف، وتأخير الفشل التدريجي، وتقليل الحاجة إلى الصيانة التصحيحية. وتُجرى قبل أن يظهر على الرصف عيوب كبيرة؛ لتوفير نظام رصف أكثر اتساقًا. تُجرى الصيانة التصحيحية بعد حدوث عيب في الرصف؛ مثل: فقدان الاحتكاك، والتخدد المتوسط إلى الشديد، أو الشقوق واسعة الانتشار. تُجرى الصيانة في حالة الطوارئ بوصفها معالجات مؤقتة؛ مثل: ظهور أحد الانتفاخات، أو حدوث حفرة كبيرة أو عميقة تحتاج إلى الإصلاح السريع؛ لأسباب تتعلق بالسلامة، أو للسماح لحركة المرور باستخدام الطريق. وهي مصممة لتثبيت السطح؛ حتى يمكن إجراء المزيد من الإصلاحات الدائمة.

على الرغم من أن كل نوع من أنواع الصيانة يلزم وجوده في نظام إدارة صيانة الرصف الشامل، إلا إنه ينبغي التركيز على منع وصول الرصف إلى الحالة التي يلزم فيها إجراء الصيانة التصحيحية؛ ذلك لأن التكلفة المرتبطة بهذا النهج يمكن أن تكون كبيرة. والمطلوب؛ هو: تحديد فعاليّة-التكلفة لنهج الصيانة الوقائية مقارنة بالممارسات القياسية لإعادة التأهيل عند تآكل الرصف.

تتمثل فلسفة المحافظة على حالة الرصف؛ في معالجة الرصف وهو لا يزال في حالة جيدة، ومن دون أي ضرر إنشائي خطير. يمكن لمعالجة الصيانة الوقائية -المطبقة في الوقت المناسب- أن تعيد الرصف إلى حالته الأصلية تقريبًا. تساعد عمليات معالجة الحفظ المنتظمة والمتتالية -المطبقة بشكل صحيح- على إطالة عمر خدمة الأصول، وتأخير وقت معالجات إعادة التأهيل، وإعادة الإنشاء الرئيسة الأكثر تكلفة. الشكل (٦-٢)؛ يوضح كيف يمكن لاستخدام معالجات الصيانة الوقائية المتتالية (الموضحة على شكل خط متصل) أن يساعد في الحفاظ على الرصف في حالة جيدة لفترة أطول، مقارنة بالفترة الخالية من المعالجات (كما هو موضح في منحنى الأداء بالخط المتقطع). بالإضافة إلى ذلك فإن إجراء سلسلة من معالجات الحفاظ على حالة الرصف المتتالية خلال عمر خدمة الرصف يُعد أقل إزعاجًا لحركة المرور من عمليات الإغلاق الطويلة المرتبطة -عادةً- بمشروعات إعادة الإنشاء.

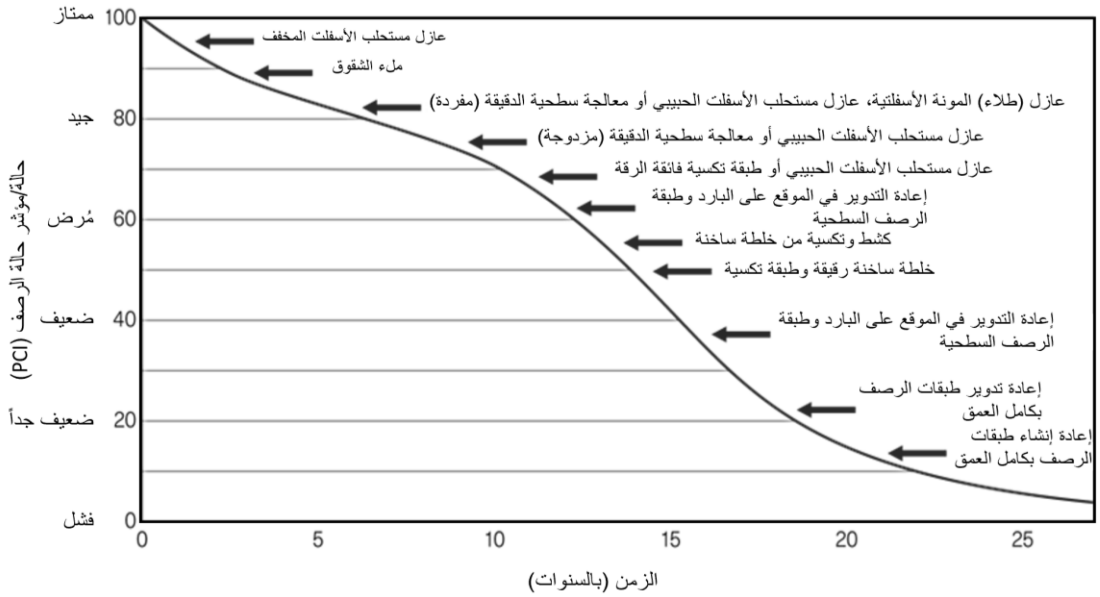


الشكل (٦–٢) تأثير إجراء معالجات الصيانة الوقائية المتتالية (AASHTO, 2012).

لتطبيق تقنيات الحفاظ على الرصف في التوقيت الأمثل؛ فإنه من الضروري فهم أسباب تدهور حالة الرصف بأنواعه المختلفة؛ إذ يعد فهم آليات العيوب التي تسبب تدهور حالة الرصف أمرًا ضروريًا في التحديد الصحيح لاستراتيجيات الحفظ والمعالجات الخاصة بالرصف. يمكن أن تؤدي أسباب التدهور إلى مجموعة متنوعة من العيوب. نُوقشت عيوب الرصف النمطية في الجزء (٤-٣) والملحق (أ-١).

الشكل (٦-٣)؛ يوضح النمط اللازم لانحدار الرصف؛ وعليه تتضح فرص متعددة للتدخل، قبل الحاجة إلى إجراء إصلاح بعمق كامل. إن إجراء المعالجة مبكرًا، وفي أعلى المنحنى يوفر المال دائمًا.

يؤدي مبدأ (الاهتمام بالأسوأ أولًا) إلى إنفاق كل الميزانية أو معظمها؛ لمعالجة أسوأ الطرق، وترك الطرق الأخرى دون عناية. وفي حين أن هذا قد يبدو منطقيًا على المدى القصير، إلا أنه ينتهي بتكلفة أكبر بكثير على المدى الطويل.



الشكل (٦–٣) الوقت المناسب لأنشطة الرصف (الصيانة وإعادة التأهيل) قبل الإصلاح الشامل.

٦-٣-٣ عيوب الرصف المرن:

بالنسبة للرصف المرن، المكون من خلطة أسفلتية ساخنة (HMA) أو أسطح بيتومينية أخرى؛ فإن الأسباب العامة للتدهور الأولي؛ تشمل: مشكلات المرور والبيئة/التقادم والمواد، والسبب الثانوي للتدهور؛ هو: تسلل الرطوبة. تؤثر أسباب التدهور هذه على أداء الرصف بطرق مختلفة.

- يمكن أن تؤدي حركة المرور إلى عيوب مرتبطة بالحمل؛ مثل: التشوه غير المرن (اللدن) الذي يظهر على شكل تخدد، أو شقوق الكلل الإنشائي الذي يحدث في مسار العجلات في الرصف.

- يمكن أن تؤدي شقوق الكلل إلى حدوث حفر؛ وتشمل العيوب الإضافية المرتبطة بحركة المرور: صقل سطح الرصف؛ بسبب تآكل السطح مما يؤدي إلى فقدان الاحتكاك.
- ويمكن أن تتسبب البيئة والتقادم في أكسدة الأسفلت، وتؤدي -أيضا- إلى وجود الشقوق الشبكية، والتعرية/التطاير. كما يمكن أن تتسبب القوى البيئية في حدوث شقوق حرارية، التي تُشاهد -عادةً- على شكل شقوق عرضية بتباعد منتظم.
- وتشمل المشكلات المادية: النزف (الذي يسهم في فقدان الاحتكاك)، والزحف (shoving)، وتشوه السطح، والتفكك (stripping).
- يمكن أن يؤدي تسلل الرطوبة -على الرغم من أنها سبب ثانوي للتدهور- إلى مزيد من الانهيار للشقوق الموجودة، وزيادة الخشونة. ويؤدي تسلل الرطوبة -أيضًا- إلى تليين القاعدة الترابية، ويمكن أن يؤدي إلى حدوث شقوق طولية عند حافة الرصف أو حفر.

٦-٣-٤ عيوب الرصف الصلب:

بالنسبة للرصف الصلب؛ وهو: عبارة عن خرسانة من الأسمنت البورتلاندي (PCC) فإن الأسباب العامة للتدهور الأولي له؛ تشمل: الأحمال المرورية، والعوامل البيئية، ومشكلات المواد، وسوء جودة الإنشاء. وتُعد الأسباب الثانوية للتدهور عدم قابلية الانضغاط في الفواصل وتسلل الرطوبة. تؤثر أسباب التدهور هذه على أداء الرصف بطرق مختلفة.

- يمكن أن تؤدي حركة المرور إلى عيوب مرتبطة بالحمل في البلاطات؛ مثل: شقوق منتصف البلاطة. ويُعد كل من الضخ (pumping)، والتصدع (faulting)، وتكسر الأركان عيوبًا -أيضا- مرتبطة بالحمل. تشمل العيوب المرتبطة بحركة المرور؛ صقل سطح الرصف؛ بسبب تآكل السطح مما يؤدي إلى فقدان الاحتكاك.
- تشمل مشكلات البيئة والمواد شقوق المتانة (D-cracking/durability cracking) وتفاعل السيليكات القلوية. يمكن أن تتسبب البيئة -أيضًا- في أكسدة الفواصل العازلة؛ مما يسمح بتسلل الرطوبة إلى هيكل الرصف.
- يمكن أن تتسبب جودة الإنشاء الرديئة في حدوث مشكلات؛ مثل: الشقوق الطولية، أو وعيوب السطح في شكل شقوق خرائطية وقشرية.
- يمكن أن تتسبب المواد غير القابلة للانضغاط والموجودة في الفواصل -وهي سبب ثانوي للتدهور- في حدوث تشظي في الفواصل.
- يمكن أن يؤدي تسلل الرطوبة إلى الطبقات تحت السطحية -على الرغم من أنها سبب ثانوي للتدهور- إلى مزيد من الانهيار للشقوق الموجودة، والتشظي، وزيادة الخشونة.
- كما سيؤدي تسلل الرطوبة -أيضًا- إلى تليين القاعدة الترابية، ويمكن أن يؤدي إلى حدوث الضخ، وتصدع الفواصل العرضية، وتكسر الأركان.

٦-٣-٥ استخدام تقنيات الحفاظ على الرصف للحفاظ على أداءِ الرصف:

يمكن أن يعالج الحفاظ على الرصف العديد من أنواع العيوب المختلفة التي نوقشت في الجزء السابق. لتقنيات الحفاظ على الرصف استخدامان رئيسان على وجه التحديد:

١. منع حدوث العديد من العيوب، أو إبطاء ظهورها.
٢. تصحيح بعض عيوب السطح الطفيفة عند تطبيقها.

تظهر بعض مشكلات الرصف التي تُمنع أو تُبطأ؛ باستخدام وسائل الحفاظ على الرصف -لحالات الرصف المرن والصلب- بالتفصيل في الجدول (٦-٢).

تُتناول العيوب التي صُححت؛ باستخدام وسائل الحفاظ على الرصف بالتفصيل في الجدول (٦-٣).

الجدول (٦–٢) مشكلات الرصف التي تُمنع أو تُبطأ باستخدام الحفاظ على الرصف.

مشكلات الرصف المرن	مشكلات الرصف الصلب
• **فقدان المواد الدقيقة (الضخ).** • **تدهور الشقوق.** • **الشقوق الشبكية.** • **شقوق الحافات.** • **الحُفر.** • **التعرية/التطاير.** • **الخشونة.**	• **فقدان المواد الدقيقة.** • **تدهور الشقوق.** • **الانتفاخات وتكسر الأركان.** • **تشظي الفواصل.** • **تصدع الفواصل.** • **الخشونة.**

الجدول (٦–٣) مشكلات الرصف التي تُصحح باستخدام الحفاظ على الرصف.

مشكلات الرصف المرن	مشكلات الرصف الصلب
• **تخدد الأسفلت المستقر.** • **التطاير.** • **النزف/الطفح.** • **فقدان الاحتكاك بالسطح.** • **الخشونة.**	• **تلف الفواصل العازلة.** • **التقشر والشقوق الخرائطية.** • **فقدان الاحتكاك بالسطح.** • **الخشونة.**

تتحقق الفوائد المترتبة على تطبيق وسائل الحفاظ على الرصف؛ لأن هذه التقنيات تحقق ما يلي:

١- تقليل تسرب المياه.
٢- الحفاظ على صرف المياه.
٣- تقليل تسرب المياه إلى الشقوق والفواصل.
٤- تقليل تأثيرات التقادم في العمر على الرصف.
٥- تقليل الأحمال الديناميكية إلى الحد الأدنى.

يساعد الحد من تسرب المياه، وإجراء الصيانة المناسبة للصرف، على حماية الطبقات السفلية للرصف من التليين أو الانجراف، ويساعد -أيضًا- في تقليل آثار العيوب الناجمة عن التجمد/الذوبان. ويعمل تقليل المخلفات غير القابلة للانضغاط، الموجودة في الفواصل والشقوق، على الحد -بشكل كبير- من احتمالية تدهور الشقوق، وتشظي المفاصل، وانتفاخات الرصف.

يمكن أن يساعد استخدام معالجات الصيانة الوقائية الشاملة للأسطح على إبطاء تقادم/تصلب الأسفلت. وتساعد تقنيات الحفاظ على الرصف -أيضًا- على المحافظة على الرصف؛ من خلال تقليل خشونة الرصف وتصحيحه؛ مما يساعد على تقليل الأحمال الديناميكية، ومن ثم يعمل على إطالة عمر الرصف.

توجد مرحلة في عمر الرصف لا توفر عندها تقنيات الحفاظ على الرصف العلاج المناسب له. وفي تلك الحالات يصل تدهور حالة الرصف إلى درجة أن استخدام تقنيات الحفظ ستأتي بنتائج عكسية تؤدي إلى تقصير عمر الخدمة. تُعرض بعض المؤشرات التي تشير إلى عدم قابلية مقطع الرصف لتطبيق معالجات الحفظ في الجدول (٦-٤).

الجدول (٦–٤) مؤشرات على فوات الأوان لاستخدام تقنية الحفاظ على الرصف.

مشكلات الرصف المرن	مشكلات الرصف الصلب
• **حُفر.** • **شقوق متدهورة بشدة.** • **انفصال الطبقات صفائحيًا.** • **تخدد غير مستقر.**	• **انتفاخات.** • **تكسر الأركان.** • **شقوق متدهورة بشدة.**

٦-٤ التقنيات المستخدمة في قرار الصيانة:

يعد قرار صيانة الرصف -مع الأخذ في الاعتبار الجودة والتكلفة- بمنزلة عملية اتخاذ قرار مهمة. فبناءً على ظروف الرصف، يمكن استخدام طريقتين:

١- نموذج تعظيم الاستفادة الخطي (linear optimization model)، الذي يزيد من جودة الصيانة مع تكاليف صيانة محدودة.
٢- ونموذج تعظيم الاستفادة متعدد الأهداف (multi-objective optimization model)، الذي يزيد من جودة الصيانة، مع تقليل تكاليف الصيانة. يمكن استخدام هذه النماذج في اتخاذ القرارات الخاصة بصيانة الرصف؛ وباستخدام تقنية البرمجة التربيعية المتسلسلة (sequential quadratic programming)، والخوارزمية الجينية (genetic algorithm).

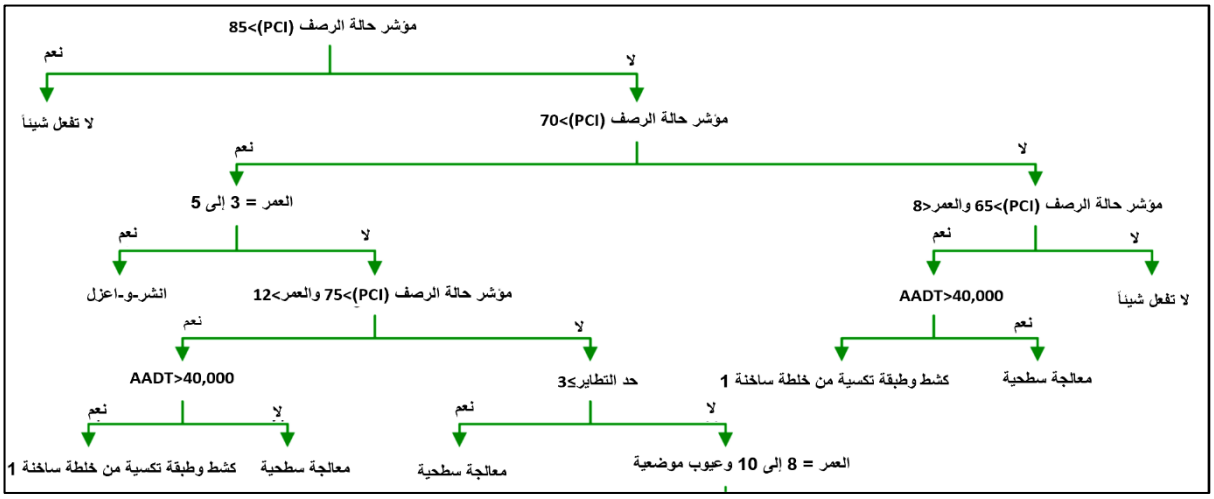
في أي تقنية؛ يجب جمع تكاليف الوحدة والعمر المتوقع؛ لمعالجات الصيانة المختلفة. ويوصى بشدة أن تقوم جهات الطرق بجمع البيانات الضرورية، وتحديد تكلفة الوحدة، وعمر الخدمة المتوقع، لكل نشاط صيانة يُنفذ عادةً. وبمجرد إنجاز ذلك؛ يمكن استخدام هذه البيانات والتقييمات في قرارات الصيانة.

٦-٤-١ أشجار القرار:

للمساعدة في ضمان ترسيخ القواعد لجميع مجموعات الأحداث الممكنة؛ تُفضل بعض الجهات وضع قواعد تطبيق المعالجة الخاصة بها في صورة أشجار قرار، أو جداول، أو كليهما؛ للمساعدة في تصور العملية. ولتسهيل الأمر على المستخدمين؛ تستخدم بعض برامج إدارة الرصف صيغة شجرة القرار لإدخال قواعد تطبيق المعالجة في نظام إدارة الرصف.

٦-٤-١-١ أشجار القرار في مؤشر حالة الرصف (*PCI*):

تستخدم العديد من أشجار القرار معايير العيوب ذات الطبيعة المركبة؛ لتبسيط عملية الاختيار بشكل أكبر. يُعد مؤشر حالة الرصف (PCI) مثالًا على أحد مؤشرات العيوب المركبة هذه. وترد أحد الأمثلة على أشجار قرار مؤشر حالة الرصف (PCI) في الشكل (٦-٤). تكمن مشكلة أشجار القرار في مؤشر العيوب المركبة في أن عمليات المعالجة لا تعالج -دائمًا- ظروف العيوب الفعلية بشكل مناسب، لا سيما في المستويات الأعلى من التدهور المرتبطة بإعادة تأهيل الرصف.



الشكل (٦–٤) شجرة القرار بناءً على مؤشر حالة الرصف (AASHTO , 2012).

٦-٤-١-٢ أشجار القرار في مؤشر الخشونة الدولي (*IRI*):

يُعد مؤشر الخشونة الدولي (IRI) مؤشرًا آخر لحالة الرصف؛ يمكن استخدامه لتحديد استراتيجية الصيانة المناسبة. وترد أحد الأمثلة على أشجار القرار في مؤشر الخشونة الدولي في الشكل (٦-٥). في هذا النهج يُحدد نشاط الصيانة بناءً على قيمة مؤشر الخشونة الدولي والعوامل المؤثرة الأخرى؛ مثل: مستوى حركة المرور، والحالة الإنشائية (معدل الشقوق ودرجة ترتيب الحفر). لتقييم صيانة الرصف، يُحسب مؤشر متطلبات الإصلاح RRI)) من مؤشر الخشونة الدولي وترتيب الحفر (الجدول ٦-٥) ومعدل الشقوق (الجدول ٦-٦). يحسب مؤشر متطلبات الإصلاح من خلال المعادلة التالية:

المعادلة (٦-١)

$$RRI = IRI \times \alpha \times \beta$$

حيث إن:

IRI = مؤشر الخشونة الدولي.

α = معامل معدل الشقوق.

β = معامل ترتيب الحفر.

في حال عدم وجود بيانات الفحص البصري (معدل الشقوق ودرجة الحفر)، يكون الإدخال (α=1.0) و (β=1.0). وهذا يعني أنه يمكن استخدام قيمة واحدة من مؤشر الخشونة الدولي؛ لإجراء تقييم تقريبي لحالة الرصف. يُعرض تدفق الاختيار القياسي لطريقة إصلاح الرصف في الشكل (٦-٥).

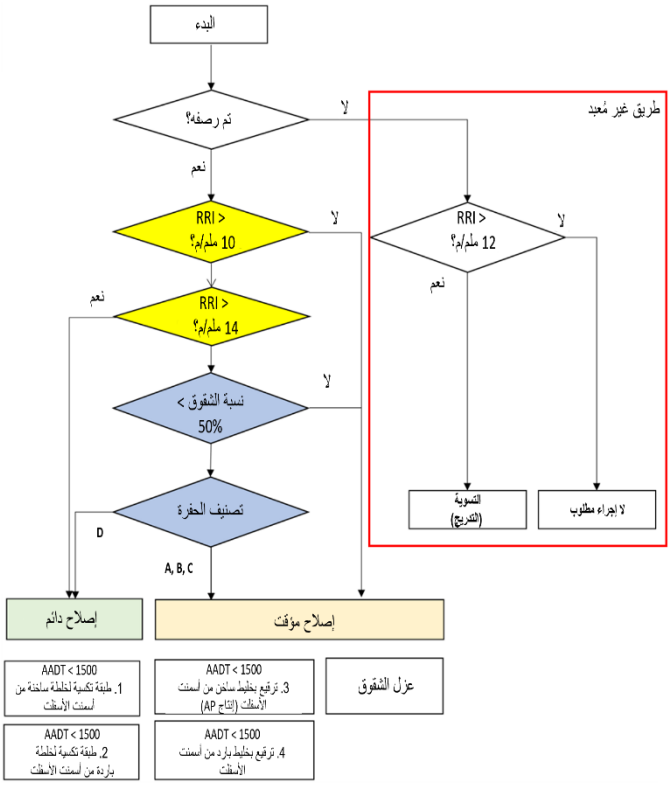
الجدول (٦–٥) ترتيب الحفر القياسي لشجرة قرار مؤشر الخشونة الدولي (IRI).

ترتيب الحفر	الحالة	المعايير	α
A	لا توجد حفر.	لا توجد حفر، ولا إصلاح ترقيع كذلك.	١,٠
B	حفر قليلة.	من ١ إلى ٥ حفرة أو ترقيع لكل ١٠٠ م.	١,٠
C	عدة حفر.	من ٥ إلى ٢٠ حفرة أو ترقيع لكل ١٠٠ م.	١,١
D	**الكثير من الحفر.**	**أكثر من ٢٠ حفرة أو ترقيع لكل ١٠٠ م.**	١,٢

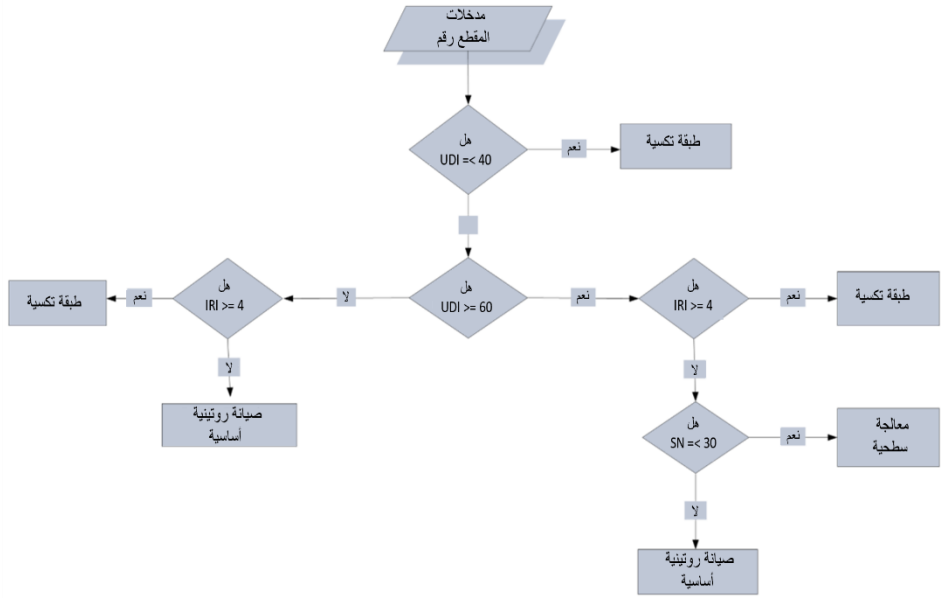
الجدول (٦–٦) معدل الشقوق القياسي لشجرة قرار مؤشر الخشونة الدولي (IRI).

معدل الشقوق	الحالة النموذجية	β
٠ إلى ٣٠٪	رصف جديد.	١,٠
٣٠ إلى ٥٠٪	شقوق جزئية/ شقوق طولية/شقوق عرضية.	١,٠
٥٠ إلى ٧٠٪	شقوق جزئية وشقوق طولية وشقوق عرضية متصلة في الفواصل، وتغطي السطح كله.	١,١
٧٠ إلى ١٠٠٪	**شقوق تمساحية كثيفة، وشقوق تمساحية أصغر من ٠,٥ م × ٠,٥ م، تغطي السطح كله.**	١,٢

مثال آخر على اختيار الصيانة باستخدام العديد من ظروف الرصف. تضمنت هذه المؤشرات مؤشر حالة الرصف (PCI)، ومؤشر الخشونة الدولي (IRI)، ورقم الانزلاق (SN). طُوّرت معايير قرار الصيانة بناءً على الحكم الهندسي والخبرة المحلية. ووضح هذا النهج في الشكل (٦-٦).

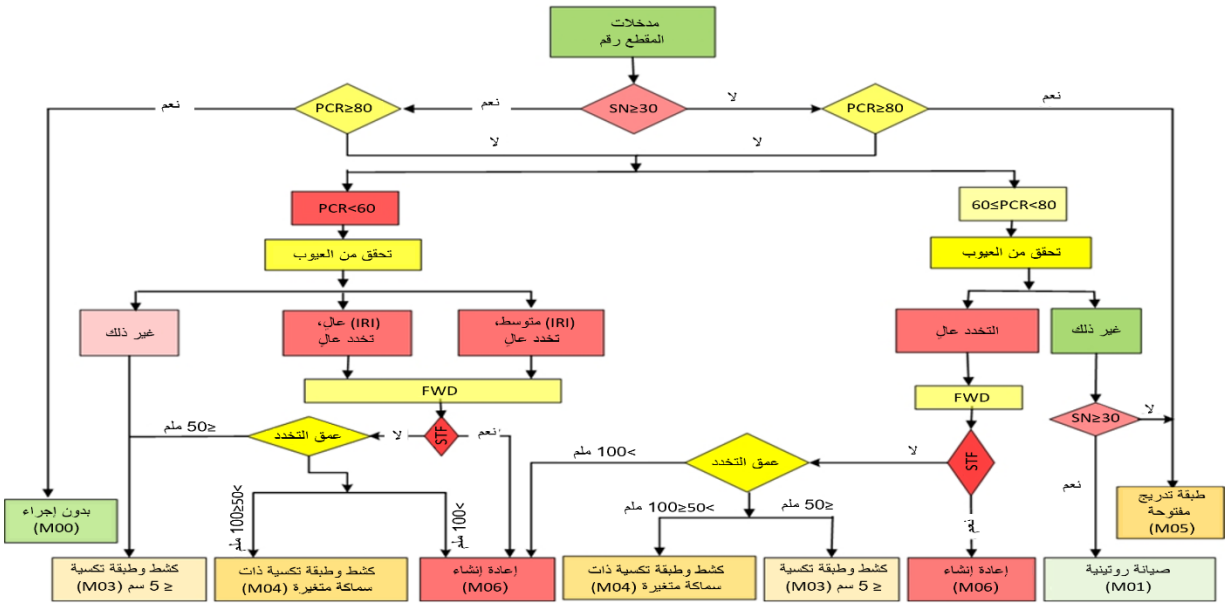


الشكل (٦–٥) شجرة قرار بناءً على مؤشر (IRI)، نسبة الشقوق والحفر (Republic of Tajikistan, Ministry of Transport, 2016).



الشكل (٦–٦) شجرة قرار بناءً على مؤشر (UDI) و (IRI) و (SN) (Riyadh Municipality, 1417AH).

مثال آخر على تحديد الصيانة للطرق ذات المستوى العالي، يستخدم رقم الانزلاق (SN)، وتقييم حالة الرصف (PCR)، والتخدد، واختبار انحراف الوزن الساقط على الرصف. وُضعت معايير قرار الصيانة بناءً على الحكم الهندسي، والخبرة المحلية. ووضح هذا النهج في الشكل (٦-٧).



الشكل (٦–٧) شجرة اتخاذ قرار الصيانة للطرق ذات المستوى العالي (Al-Mansour, 2014).

في الختام، ينبغي أن تكون معايير اتخاذ قرار الصيانة جزءًا من أي نظام من نظم إدارة صيانة الرصف. ويمكن أن تجرب جهات الطرق استخدام برامج جاهزة للاستخدام، أو تُطور برامج خاصة بها بشكل أفضل؛ إذ تحتاج البرامج الجاهزة -عادة- إلى إعادة تكوينها؛ لتتوافق مع خصائص شبكة الطرق، والمواصفات التي تستخدمها جهات الطرق؛ لذلك يوصي هذا الكود كل جهة طرق بوضع معايير لاتخاذ قرار الصيانة، الذي يناسب احتياجاتها ومتطلباتها.

٦-٥ تحديد فعاليّة-تكلفة معالجة الصيانة:

٦-٥-١ تقنيات تقييم فعاليّة-التكلفة:

توجد عدة طرق لتحديد فعاليّة-التكلفة، قد يكون بعضها شديد التعقيد. وقد حُددت بعض العناصر الشائعة في الجدول (٦-٧).

يوصى باستخدام طريقة التكلفة السنوية المكافئة (EAC)؛ لأنها بسيطة نسبيًا، ويمكن استخدامها في حسابات إضافية. ومعادلة التكلفة السنوية المكافئة؛ هي كما يلي:

التكلفة السنوية المكافئة (EAC) = تكلفة الوحدة ÷ العمر المتوقع للمعالجات (بالسنة) المعادلة (٦-٢)

الجدول (٦–٧) طرق تحليل فعاليّة-التكلفة الشائعة.

الطريقة	المتطلبات	المخرجات
تكلفة دورة الحياة	معدلات الفائدة. التضخم. فترة التحليل. تكلفة الوحدة لعملية المعالجة. العمر المقدر لعملية المعالجة.	حساب التكلفة السنوية المنتظمة المكافئة (EUAC) لكل عملية معالجة مقترحة، واختيار أقل تكلفة.
تحليل فعاليّة-التكلفة	منحنى أداء الرصف.	تُعد المساحة الواقعة تحت منحنى أداء الرصف مكافئة للفعاليّة.
التكلفة السنوية المكافئة	تكلفة المعدات، والعمال، والمواد في اليوم.	تكلفة الوحدة للعمر المتوقع لعملية المعالجة.
مؤشر تكلفة العمر الافتراضي	تكلفة وحدة المعالجة. القيمة الحالية لتكلفة الوحدة مقسومة على عمر المعالجة. التحميل المروري. عمر المعالجة.	يربط القيمة الحالية لتكلفة المعالجة بالعمر والمرور

٦-٦ نماذج أداء الصيانة:

يبدأ إجراء نمذجة تأثير الصيانة؛ بتحديد عوامل أخرى بالإضافة إلى صيانة الرصف، التي يمكن أن تؤثر في حالة الرصف. ويمكن أن تشمل هذه العوامل: حالة الرصف الأولية، وعمر الصيانة، ومستوى المرور، وتوافر نظام صرف المياه. ويجب تحديد جميع العوامل المحتملة التي يمكن أن تؤثر على حالات الرصف. وبعد ذلك يمكن إعداد نماذج الصيانة؛ للتنبؤ بحالات الرصف، ضمن كل استراتيجية صيانة. ينبغي وضع نماذج لكل فئة من فئات الطرق على حدة؛ والسبب في ذلك هو حقيقة أن أداء الطرق الريفية يختلف فعليًا عن أداء الشوارع الحضرية، ولأن التصميم الإنشائي للرصف والتحميل المروري في الحالتين غير قابل للمقارنة.

يمكن تقسيم النماذج إلى قطعية (deterministic) واحتمالية (probabilistic)، ويمكن -أيضًا- تصنيفها إلى مستوى الشبكة أو المشروع، ويمكن تصنيفها في النهاية على أنها نسبية أو مطلقة، ويمكن تطوير نماذج نظم إدارة صيانة الرصف؛ باستخدام التقنيات التالية: تحليل الانحدار (Regression analysis)، ومنهجية بازين (Bayesian)، وعملية ماركوف (Markov process)، وعملية ماركوف غير المتجانسة (Nonhomogeneous Markov process)، وعملية شبه-ماركوف (Semi-Markov process).

يمكن استخدام طرق النمذجة -التي نُوقشت في الجزء الفرعي (٤-٦-٢) لتطوير معدلات التدهور لعائلة رصف؛ حيث يُستخدم نموذج واحد لتمثيل معدل التدهور لمجموعة مقاطع الرصف ذات الخصائص المتشابهة، أو النماذج الخاصة بالموقع، التي تعتمد فيها الظروف المتوقعة على الخصائص الفريدة لمقطع رصف معين، ويُقدم وصف لكل نهج.

٦-٦-١ نماذج العائلة:

نظرًا لأن قواعد بيانات إدارة الرصف نادرًا ما تتضمن جميع المتغيرات التي تُعد مهمة لنمذجة أداء الرصف، ومع وجود تباين متكرر في البيانات أو مشكلات اكتمال تحد من توفر البيانات لأغراض النمذجة؛ فقد طُوّر نهج نمذجة العائلة. تعمل هذه الطريقة على تبسيط عملية النمذجة؛ من خلال تقليل عدد المتغيرات المستقلة في نموذج الأداء إلى متغير مستقل واحد (عادةً عمر الرصف أو المرور) يُستخدم للتنبؤ بحالة الرصف المستقبلية. يمكن اختزال المعادلة إلى متغيّر مستقل واحد، باستخدام متغيرات أخرى؛ لتجميع مقاطع الرصف في عوائل لها خصائص وأنماط أداء متشابهة.

يُستخدم نموذج أداء الرصف المُعد للعائلة في نظام إدارة الرصف؛ لتمثيل معدل التدهور لجميع مقاطع الرصف، التي تتوافق مع تعريف العائلة. وكما هو متوقع؛ يجب أن يكون تعريف عوائل الرصف شاملًا بما يكفي؛ بحيث يقع كل مقطع من مقاطع الرصف في قاعدة بيانات إدارة الرصف في عائلة رصف واحدة فقط.

يمكن استخدام نهج نمذجة العائلة لتقسيم الرصف الأسفلتي والخرساني -على سبيل المثال- لإظهار الاختلافات في معدلات تدهوره. لإظهار الاختلافات في الأداء على أساس خصائص المرور؛ يُمكن فصل العائلة ذات السطح الأسفلتي إلى عوائل للطرق السريعة والطرق الأخرى. ويوفر هذا الفصل للطرق السريعة والطرق غير السريعة- طريقة لوضع الاختلافات في المرور في الاعتبار، دون الحاجة إلى توفر تعداد دقيق للمرور في قاعدة البيانات. يمكن استخدام نهج مماثل؛ من خلال تكوين عوائل على أساس حجم المرور (المرتفع) أو حجم المرور (المنخفض). يمكن أن يستخدم مديرو الرصف -أيضًا- نهج نمذجة العائلة؛ لتحديد معدل التدهور لجزء من الشبكة بأكملها؛ مثل: الشبكة الفرعية. يمكن إنشاء هذه الشبكات الفرعية بسهولة شديدة؛ باستخدام عوامل؛ مثل: نوع السطح، أو يمكن أن تكون عملية إنشائها أكثر تعقيدًا؛ باستخدام مزيج من الموقع الجغرافي، ونوع السطح، والتصنيف الوظيفي، وحجم الشحن (البضائع). العامل الأساسي؛ هو: إنشاء عوائل لها خصائص أداء متشابهة؛ بحيث يمثل نموذج العائلة معدل التدهور لكل مقطع مشمول في العائلة.

تعتمد درجة تعقيد العوامل المستخدمة في إنشاء العوائل؛ على: جودة قاعدة بيانات إدارة الرصف، ودرجة تعقيدها. لذلك تتمثل الميزة الرئيسة لنهج نمذجة العائلة في استخدام متغيرات أداء معينة؛ لتصنيف مقاطع الرصف إلى عوائل، بدلًا من الاعتماد على دقة القيم للتنبؤ بالأداء المستقبلي. تُنشأ نماذج الأداء لكل عائلة رصف؛ من خلال الرسم البياني للحالة، وعمر الفحص للمقاطع؛ على سبيل المثال: (عدد السنوات منذ إعادة التأهيل الرئيسة في وقت إجراء الفحص) لكل مقطع رصف يتوافق مع تعريف العائلة. ومن ثمَّ تُنفَّذ تقنيات الانحدار (Regression) الإحصائية للتنبؤ بسلوك البيانات بناءً على عمر الرصف.

يمكن أن تكون عوائل الرصف بسيطة جدًا أو معقدة جدًا. ونظرًا لأنه يجب إعداد نماذج الأداء لكل عائلة وكل مؤشر حالة، فإن عدد العوائل التي تُنشأ له تأثير كبير على تعقيد نظام إدارة الرصف؛ على سبيل المثال: على الجهة التي لديها ثلاثة أنواع من الرصف، وثلاثة مؤشرات حالة لكل نوع من أنواع الرصف، وثلاثة مستويات للمرور، إعداد سبعة وعشرين نموذجًا مختلفًا للأداء وصيانتها؛ على سبيل المثال:(٣ × ٣ × ٣ = ٢٧). لذلك ينبغي على الجهات استخدام بعض إجراءات الضبط عند تعريف العوائل بتفاصيل أكثر من اللازم. وبصورة عامة ينبغي أن يتكون نموذج العائلة من بيانات، تمثل مجموعة من أحوال الرصف وأعمار الرصف. إذا لم يكن لدى عائلة نطاق كامل من البيانات المتاحة؛ فيمكن أن تُدمج -مؤقتًا- مع عائلة أخرى تعرض خصائص تدهور مماثلة حتى يتوفر مزيد من البيانات.

عند استخدام نهج نمذجة العائلة مع بيانات الحالة التاريخية؛ من المهم تخزين خصائص العائلة مع تصنيفات الحالة التاريخية؛ بحيث يمكن تجميع كل نقطة فحص مع العائلة الصحيحة في أثناء إعداد النماذج. إذا لم تُتخذ هذه الخطوة فقد تُسحب البيانات التاريخية إلى العائلة الخطأ؛ إذا نُفّذَ العلاج في مرحلة ما؛ على سبيل المثال: إذا وُضِعَت طبقة رصف على طريق خرساني بأسفلت مخلوط عند درجة حرارة مرتفعة في وقت ما، يجب الاحتفاظ بالبيانات المرتبطة بالتصنيفات الخرسانية مع عوائل الرصف الخرساني، وتلك المرتبطة بالرصف المركب تُجمع مع العوائل المركبة.

٦-٦-٢ نماذج خاصة بالموقع:

تُفضل بعض الجهات استخدام الخصائص الفريدة لكل مقطع من مقاطع الرصف للتنبؤ بالحالة المستقبلية. وتُعد معادلات الانحدار متعددة المتغيرات (Multiple variable regression) مثالًا على النماذج الخاصة بالموقع، التي يعتمد فيها الأداء المتوقع على البيانات المحددة والمخزنة في قاعدة البيانات لهذا المقطع. تُعد التنبؤات خاصة بالموقع؛ لأنه لا يُتوقع أن يتدهور مقطعان من الرصف بهما معلومات حالة متطابقة بالمعدل نفسه، إذا كانت المتغيرات الأخرى المستخدمة في النموذج مختلفة؛ على سبيل المثال:(المناخ، أو سمك الرصف، أو المرور). تطلب معظم الجهات التي تستخدم نماذج خاصة بالمواقع، توفر ما لا يقل عن ثلاث إلى خمس نقاط بيانات لمقطع الرصف، أو يجب استخدام نموذج بديل. تطلب بعض إدارات الطرق خمس نقاط فحص -على الأقل- بعد تنفيذ علاج إعادة التأهيل، قبل استخدام نموذج خاص بالموقع. بينما تتطلب بعض إدارات الطرق وجود ثلاث نقاط فحص، وأن تكون القواعد التي وضعتها الإدارة للحصول على معدل معقول من التدهور مُحققة قبل استخدام النماذج الخاصة بالموقع؛ على سبيل المثال: إذا كان من المتوقع أن تعمل طبقات التكسية بصورة مناسبة لمدة ٥ إلى ١٠ سنوات؛ فسيُستخدم منحنى خاص بالموقع إذا كانت الظروف المتوقعة تقع ضمن هذا النطاق، وإلا فسيُستخدم نموذج العائلة الافتراضي.

٦-٧ عمر خدمة الصيانة

يمكن قياس تأثير الصيانة بوصفه تغيرًا في معدل تدهور الرصف، ويمكن -أيضًا- تمثيله بوصفه تغيرًا في منحدر منحنى حالة الرصف، أو بوصفه تغيرًا في مستوى حالة الرصف، قبل تنفيذ استراتيجية الصيانة وبعدها. في بعض الحالات الأخرى يُقاس تأثير صيانة الرصف بالوقت الذي تزيد فيه الصيانة عمر خدمة الرصف. يُعرَّف عمر خدمة الرصف؛ بأنه: الفترة الزمنية بين دورتين لتجديد الطبقة السطحية. تؤثر استراتيجية الصيانة المنفذة في مقاطع الرصف المختلفة، ومستواها، وتوقيتها، وفي أداء هذه المقاطع. وُفرت فترات خدمة الصيانة في الجدول (٦-٨) لمعالجات الصيانة المختلفة.

الجدول (٦–٨) العمر المتوقع لمعالجات الصيانة النموذجية.

المعالجة	العمر المتوقع للمعالجة (سنة)		
	الحد الأدنى	المتوسط	الحد الأقصى
معالجة الشقوق.	٢	٣	٥
عازل مستحلب الأسفلت المخفف (Fog Seal).	٢	٣	٤
عازل المونة الأسفلتية (Slurry seal).	٣	٥	٧
معالجة سطحية رقيقة (Microsurfacing).	٣	٧	٩
عازل مستحلب الأسفلت الحبيبي (Chip seal).	٣	٥	٧
طبقة تكسية رقيقة من خلطة ساخنة.	٢	٧	١٢
طبقة تكسية رقيقة من خلطة باردة.	٢	٥	١٠

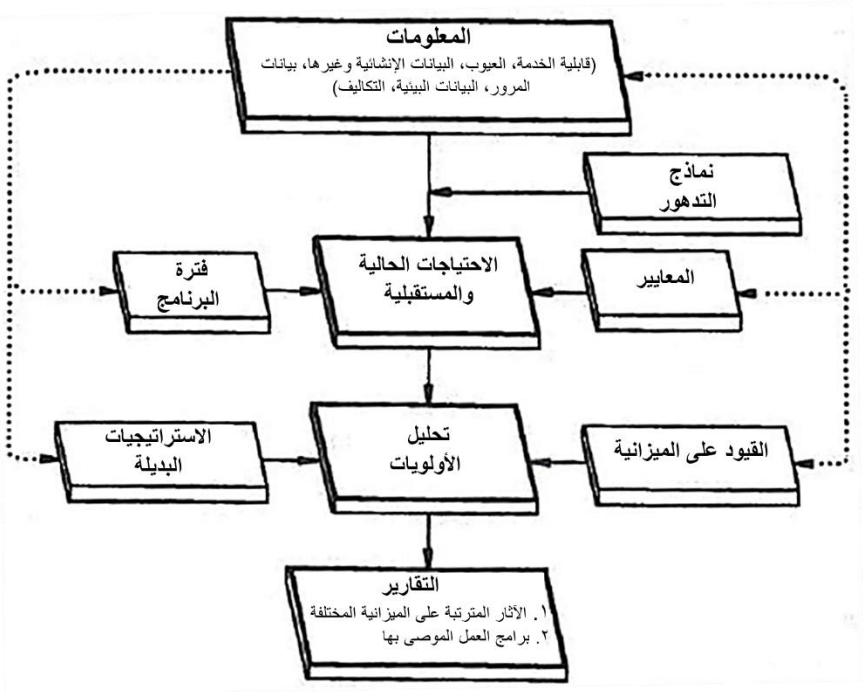
٧- أولويات الصيانة:

٧-١ المقدمة:

تحديد الأولويات؛ عملية معقدة، تتطلب حكمًا هندسيًا، وفهمًا جيدًا للظروف المحلية. جعلَ ارتفاعُ تكاليف تحسين الطرق قرارات تحديد الأولويات أكثر أهمية من أي وقت مضى. تحليل الأولوية؛ هو: عملية منهجية، تحدد أفضل قائمة مرتبة للمقاطع المرشحة للصيانة؛ بناءً على معايير محددة؛ مثل: حالة الرصف، ومستوى المرور، ووظائف الرصف. تُستخدم طرق مختلفة لتحليل الأولويات، بدءًا من القوائم البسيطة؛ بناءً على الحكم الهندسي، إلى تعظيم الاستفادة الحقيقي؛ استنادًا إلى الصيغ الرياضية.

تهدف عملية تحديد الأولويات أو الترتيب -كما هو مستخدم في نظم إدارة الرصف- إلى ترتيب مقاطع الرصف؛ حسب الحاجة المُلحّة لتنفيذ أعمال الصيانة وإعادة التأهيل. تأتي أهمية عملية تحديد الأولويات في نظم إدارة الرصف من حقيقة أنها الخطوة الرئيسة، قبل القرار النهائي بشأن تنفيذ برنامج الصيانة. تؤثر جودة تحديد الأولويات -بشكل مباشر- على فعاليّة الموارد المتاحة، التي تكون - في معظم الحالات- الحكم الأساسي لصانع القرار.

ينبغي أن تؤدي مقارنة بدائل الاستثمار -على مستوى الشبكة، والمشروع، أو كليهما- إلى تصميم برنامج ذي أولوية لإنشاء رصف جديد أو صيانته. ومع ذلك يعد الاستخدام -على مستوى المشروع- مجموعة فرعية صغيرة من الشبكة، وتكون الميزانية الإجمالية للشبكة هي المهيمنة. ينبغي أن يُجيب أي برنامج للأولويات على الأسئلة المعنية بالسبب والتوقيت والكيفية. على الرغم من أنه ليس من السهل القيام بذلك؛ إلا أنه ينبغي تقييم جميع المجموعات الممكنة من الإجراءات. الشكل (٧-١) يوضح الخطوات الرئيسة في برمجة الأولويات وكيفية تنفيذ العملية.



الشكل (٧–١) الخطوات الرئيسة في برمجة الأولويات (Haas et al.,1994).

يبدأ تنفيذ أي تدخل مخطط له بإدراج جميع مشاريع صيانة الرصف المؤقتة؛ بناءً على الضرورة الملحة المتصورة النسبية للحاجة إلى الإصلاح، يمكن للمهندسين والمديرين تحديد الأولويات، وجدولة صيانة مقاطع الرصف. لتحديد أولويات أنشطة صيانة الرصف؛ أُدخلت ونُفذت العديد من طرق اتخاذ القرار في نظام إدارة صيانة الرصف. تختلف هذه الأساليب من التصنيف البسيط إلى عمليات تعظيم الاستفادة المعقدة. ويتمثل التحدي الأكثر أهمية -عند تحديد الأولويات- في تجنب التحيز الناتج عن الحكم الشخصي، والمساعدة في اتخاذ القرار؛ باستخدام معلومات موضوعية، تستند إلى حالة الرصف، والتدابير الموضوعية الأخرى. إلى جانب ذلك فليس منطقيٌ من الناحية العملية أو المالية إدارة جميع الطرق وفقًا للمواصفات والمبادئ ذاتها. يعكس تصنيف الطرق الأهمية الاستراتيجية المختلفة، ومستوى استخدام مجموعات الطرق المختلفة، ويوفر الأساس لتسلسل مواصفات الإنشاء والصيانة والتشغيل.

تبنت معظم جهات الطرق ممارسة للتعبير عن أولوية صيانة الرصف في شكل مؤشر أولوية. يتيح الترتيب المناسب لهذا المؤشر تحديد الأولويات. يكون تحديد أولويات احتياجات الصيانة المتوقعة منطقيًا عند تقييم عامل التأثير على سلامة مستخدمي الطريق، والتعرّض للمخاطر والتكاليف، وإمكانية خدمة الأصول، وتكاليف دورة الحياة استنادًا إلى أهمية المسار الإستراتيجي، وحجم المرور، وما إلى ذلك. يُعد عامل التأثير هذا مرتفعًا بالنظر -على سبيل المثال- إلى زيادة تكاليف تشغيل المركبات، وزيادة عدد حوادث الطرق التي تربط مدينتين مكتظتين بالسكان، مع زيادة حجم المرور لنقل الناس والبضائع، ولكن حالة سطح الطريق سيئة.

٢-٧ وظيفة برمجة الأولويات:

فيما يلي تلخيص لمعايير تحديد الأولويات لشبكة طرق الرصف.

- قيود الميزانيات: دائمًا ما تكون ميزانية الصيانة والموارد أقل من احتياجات الصيانة؛ لذلك ينبغي أن تكون الأموال التي تُنفق هي الأكثر فعاليّة؛ لتحسين حالة الشبكة العامة.
- الطرق الرئيسة والمهمة: يجب -أيضًا- إعطاء الأولوية للطرق التي تعكس واجهة الدولة لتظهر بشكل جيد؛ مثل: الطرق التي تربط المطارات والطرق الرابطة في المناطق الحيوية بالدولة.
- الطرق السريعة والطرق ذات الأحجام المرورية العالية: ينبغي -أيضًا- إعطاء هذه الطرق أولوية كبيرة؛ لأن معظم حركة المواطنين والبضائع عليها؛ وتدهور الرصف عليها سيؤدي إلى مشاكل كبيرة أهمها تدني السلامة المرورية، بسبب السرعات العالية والحركة المرورية الكبيرة.
- تكلفة الصيانة: عندما تكون تكلفة مشروع معين عالية جدًا فهذا يؤدي إلى استنفاد الميزانية، وتكون بقية الشبكة غير مغطاة ما سيؤثر في حالة الشبكة بشكل عام. وهنا تكمن أهمية الصيانة الدورية والروتينية، التي تحافظ على حالة الرصف الجيدة، ومن ثم تقلل من حجم الأموال التي تُنفق في وقت واحد.
- الرضا العام: يجب أن تستهدف الصيانة جميع أحياء المدينة -ولو بكميات صغيرة- إذا كانت الميزانية محدودة؛ حتى يشعر العموم بالرضا، وعدم التركيز على أحياء أو مناطق معينة.

تختلف معايير تحديد الأولويات لمقاطع الرصف التي تتطلب صيانة روتينية، عن تلك المستخدمة للمقاطع التي تحتاج إلى صيانة رئيسة.

- الصيانة الروتينية:

إن أولوية المقاطع التي تتطلب صيانة روتينية؛ هي: دالة في أنواع العيوب الفردية الحالية وشدّتها. عادةً ما تُطبق طريقة واحدة لمنطقة معينة، التي يمكن أن تتكون من عدة مقاطع، بدلًا من طرق صيانة مختلفة لمقطع واحد. عادة ما تُصحح العيوب التي يمكن أن يكون لها تأثير سلبي كبير في الأداء التشغيلي للمقطع أولًا. على سبيل المثال: عادةً ما تحظى المطبات المتوسطة، والعالية الخطورة، والتموجات، والحفر، والزحف، بأولوية عالية.

- الصيانة الرئيسة

الأولويات بين المقاطع التي تتطلب صيانة رئيسة؛ هي: دالة في حالة المقطع العامة، كما هو مبين في نظم إدارة الرصف، والمرور، وسياسات الإدارة. على سبيل المثال: قد يُتخذ قرار لإصلاح جميع الطرق الرئيسة، التي يكون مؤشر حالة الرصف بها أقل من (٥٠)، والطرق الثانوية التي يكون مؤشر حالة الرصف بها أقل من (٤٠)، ومواقف السيارات السطحية التي يكون مؤشر حالة الرصف بها أقل من (٣٠). تُوفر حدود مؤشر حالة الرصف أعلاه كمثال.

من المستحسن أن يكون هناك طريقة جديدة؛ لتحديد أولويات صيانة الرصف؛ بتقسيمها إلى مقاطع عن طريق نشر الخصائص الوظيفية للرصف. وفيما يلي تلخيص لثغرات الممارسة التي حددها أصحاب المصلحة والمتعلقة بالعوامل التي تؤثر في اختيار المشروع.

- معالجة الاختلافات المستمرة بين مقترحات إدارة الرصف والمشاريع المختارة للتمويل.
- إبلاغ نتائج إدارة الرصف -بشكل فعال- وبطريقة ذات مغزى لأصحاب المصلحة الداخليين والخارجيين.
- النظر في عوامل؛ مثل: المخاطر، والمعايير غير المرتبطة بالرصف؛ مثل: (سمات الدراجة العادية والمشاة)، والتأثيرات الاجتماعية في عمليات اختيار المشروع.
- معالجة مقدار الوقت الذي يحدث بين تحديد المشروع، وتمويله ، وإنشاؤه، وتوثيق تحسينات الظروف.
- معالجة التحديات التحليلية المرتبطة بمجموعات البيانات الضخمة.

يختلف تحديد الأولويات من جهة طرق إلى أخرى. ومع ذلك فقد أُتفق على أن برامج تحديد الأولويات يجب أن تأخذ في الاعتبار خصائص شبكة الطرق، ومصلحة المجتمع الذي تخدمه.

٧-٣ طرائق برمجة الأولويات:

في الوضع المثالي؛ سيكون لدى الجهة المسؤولة عن الطرق التمويل الكافي لتلبية جميع احتياجات أعمال الرصف. ومع ذلك -في الواقع- القليل من الجهات لديها التمويل الكافي لتلبية احتياجاتها. ونتيجة لذلك تعتمد العديد من الجهات على نظم إدارة الرصف؛ للمساعدة على ضمان استخدام التمويل المتاح بأكبر قدر ممكن من الحكمة. يمكن استخدام عدة أساليب مختلفة؛ لتحديد الاستخدام الأكثر فعاليّة من حيث التكلفة للتمويل المتاح. أدناه شرح لبعض المصطلحات الشائعة، والمستخدمة عند مناقشة أنشطة اختيار المشروع والمعالجة:

- الترتيب (Ranking):

أحد أسهل الطرق وأكثرها شيوعًا؛ لتحديد أولويات الاحتياجات وسرد الاحتياجات؛ من خلال مجموعة من القواعد التي تُرتِّب المشاريع من أعلى أولوية إلى أدنى أولوية. الأسلوب الأكثر شيوعًا للترتيب؛ هو: إعطاء الأولوية القصوى للطرق ذات الحالة الأسوأ. على الرغم من أن هذه طريقة شائعة لإدارة شبكة الرصف؛ إلا أنها ليست استراتيجية فعالة من حيث التكلفة.

- تعظيم الاستفادة (Optimization):

من الناحية الرياضية؛ يشير تعظيم الاستفادة إلى استخدام نموذج رياضي، يحدد كلًا من الأهداف (objectives) والقيود (constraints)؛ باستخدام المصطلحات الرياضية. تشمل الطرق الشائعة لتعظيم الاستفادة: البرمجة الخطية (linear programming)، والبرمجة غير الخطية (non-linear programming)، والبرمجة الديناميكية (dynamic programming). تقوم بعض نظم إدارة الرصف بإجراء تحليل حقيقي لتعظيم الاستفادة؛ لتطوير توصيات برنامج التحسين، على الرغم من عدم استخدامها على نطاق واسع من قِبَل جهات الطرق؛ ومع ذلك فمن الشائع أن يشير الأشخاص إلى عملية اختيار المشروع، والمعالجة الخاصة بهم على أنها: (تحليل تعظيم الاستفادة) حتى لو كان لا يتناسب مع التعريف الحقيقي لتحليل تعظيم الاستفادة. يوجد اختبار سهل لتحديد ما إذا كان نظام إدارة الرصف يقوم بإجراء تحليل تعظيم الاستفادة بمعناه الحقيقي أم لا، إذا كانت نتائج التحليل توفر ملخصًا لعدد الكيلومترات في الطرق التي يجب نقلها من حالة إلى أخرى (بدلًا من مشاريع ومعالجات محددة)؛ فمن المحتمل جدًا أن يقوم نظام إدارة الرصف بإجراء تحليل حقيقي لتعظيم الاستفادة. خلافًا لذلك؛ فمن المحتمل أنه يجري تحليلًا تجريبيًا، والذي عُرِّف أدناه.

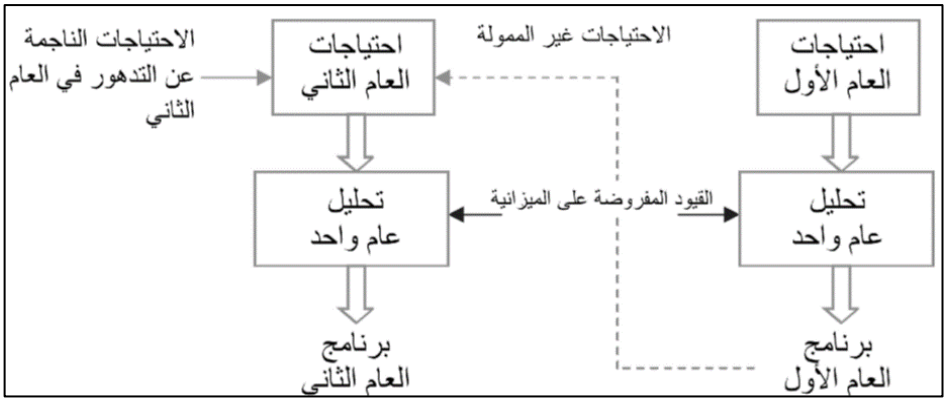
- التحليل التجريبي (Heuristic):

هناك العديد من الأساليب التحليلية المستخدمة في إدارة الرصف، التي تؤدي إلى حلول شبه مثالية. يشار إلى هذه الأنواع من التحليلات -بشكل عام- باسم: تقنيات التحليل التجريبي. من أمثلة تقنيات التحليل التجريبي المستخدمة في إدارة الرصف: تحليلات التكلفة-الفائدة التزايدية، وتحليلات فعاليّة-التكلفة الحدّية، (التي وصفت بمزيد من التفصيل في الجزء ٦-٥).

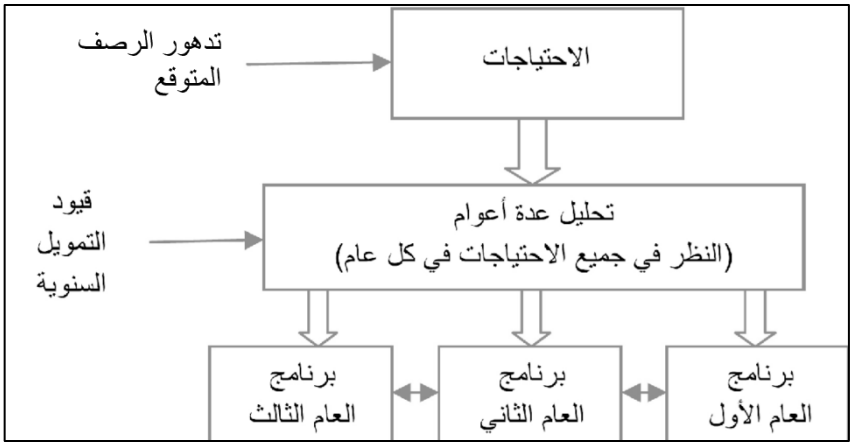
- تحليل سنة واحدة مقابل تحليل متعدد السنوات:

في التحليل لمدة سنة واحدة (يُعرف -أيضًا- باسم: التحليل السنوي)، تُنفذ عملية اختيار المشروع والمعالجة لكل سنة -بشكل مستقل- عن أي سنة أخرى. على سبيل المثال: يمكن أن يكون لدى جهة (٢٠) مليون ريال سعودي للسنة الأولى، و (٢٠) مليون ريال سعودي للسنة الثانية، إذا حُددت مجموعة المشاريع والمعالجات للسنة الأولى قبل النظر في المشاريع والمعالجات التي ستُدمج في برنامج السنة الثانية؛ فسينظر إلى الجهة باعتبارها تقوم بتطوير برنامجين لمدة عام واحد، كما هو موضح في الشكل (٧-٢).

بدلًا من ذلك فيمكن أن يقوم نظام إدارة الرصف بإجراء تحليل متعدد السنوات. في إطار هذا النوع من التحليل، ويُنظر في استراتيجيات المشروع، والمعالجة القابلة للتطبيق، في كل سنة من سنوات التحليل معًا؛ بحيث يمكن تطوير الاستراتيجيات المثلى لكل عام. على سبيل المثال: في التحليل متعدد السنوات، ستكون الجهة قادرة على تحديد ما إذا كان من الأفضل تحسين مقطع معين من الرصف في السنة الأولى، أو تركه يتدهور أكثر وتحسينه في السنة الثالثة. لا تُجرى هذه الأنواع من المقارنات -عادةً- في التحليل لسنة واحدة؛ لذلك يُفضل -عمومًا- إجراء تحليل متعدد السنوات عوضًا عن تحليل السنة الواحدة. الشكل (٧-٣) يوضح التحليل متعدد السنوات.



الشكل (٧–٢) تطوير البرنامج باستخدام التحليل لسنة واحدة (AASHTO, 2012).



الشكل (٧–٣) تطوير البرنامج باستخدام التحليل متعدد السنوات (AASHTO, 2012).

- تحليل تكلفة دورة الحياة:

يعد تحليل تكلفة دورة الحياة طريقة مقبولة جدًا؛ لمقارنة فعاليّة-التكلفة للعديد من الاستراتيجيات المختلفة؛ من خلال النظر في جميع التكاليف التي يمكن توقع تكبّدها خلال فترة تحليل معينة. في جهات الطرق؛ يُستخدم تحليل تكلفة دورة الحياة -بشكل أساسي- لمقارنة فعاليّة-التكلفة لاستراتيجيات تصميم الرصف المختلفة؛ لتحديد ما إذا كانت استراتيجية واحدة لها تكلفة أقل خلال فترة التحليل، عندما تُؤخذ جميع التكاليف المرتبطة بكل استراتيجية في الاعتبار أو لا، ولكن يمكن استخدامه -أيضًا- في تطوير نماذج لعقود العطاءات البديلة. يمكن أن يأخذ هذا التحليل في الاعتبار كلًا من التكاليف الحقيقية للجهة خلال فترة التحليل، مثل: التكاليف المرتبطة بالإنشاء، والصيانة، وإعادة تأهيل الرصف، بالإضافة إلى التكاليف التي يتحملها مستخدمو المرفق، والتي يشار إليها -عادةً- باسم: تكاليف المستخدم. تمثل تكاليف المستخدم -عادةً- المصروفات التي لا تتكبدها جهة الطرق بشكل مباشر، ولكنها بدلًا من ذلك تعكس التكاليف التي يتحملها مستخدمو المرافق؛ لأنهم يتكبدون تأخيرات بسبب أعمال الإنشاء، أو تدهورًا إضافيًا لمركباتهم. نظرًا لأنه من المتوقع حدوث تكاليف الصيانة، وإعادة التأهيل في أوقات مختلفة طوال عمر الرصف؛ تُحوَّل التكاليف إلى أساس معادل للمقارنة. يسمح هذا التحويل للجهة بمقارنة استراتيجية واحدة، قد يكون لها تكاليف أولية عالية وتكاليف صيانة سنوية منخفضة، مع استراتيجية أخرى قد يكون لها تكلفة إنشاء أولية أقل ولكن تكاليف صيانة وإعادة تأهيل أعلى. لمقارنة الاستراتيجيات بالتكاليف المتكبدة في أوقات مختلفة طوال فترة التحليل؛ عادةً ما يتم إرجاع التكاليف إلى فترة الأساس؛ مثل: السنة التي سيُنشأ فيها المشروع. تتوفر تقنيات مختلفة لتحويل التكاليف المستقبلية إلى القيمة الحالية. يمكن أن يكون تحليل تكلفة دورة الحياة الحقيقي تحليلًا معقدًا للغاية؛ خاصة مع مراعاة الاختلافات في جداول الصيانة، وإعادة التأهيل المستقبلية. إذا أُخذت تكاليف المستخدم في الاعتبار في التحليل، فإنه يصبح أكثر تعقيدًا؛ حيث تُستخدم معلومات مفصلة للغاية حول أنماط المرور خلال فترة الإنشاء؛ على سبيل المثال: تحديد تكاليف تأخير المستخدم.

هناك ثلاثة أساليب أساسية يمكن استخدامها في إدارة الرصف؛ لاختيار المشروع، والمعالجة في ظل ظروف مُقيدة ماليًا؛ وهي: الترتيب (ranking)، تحديد الأولويات (prioritization)؛ على سبيل المثال: التكلفة-الفائدة التزايدية (incremental benefit-cost)، وتعظيم الاستفادة (optimization). يوفر كل من أساليب التحليل الثلاثة هذه طريقة لتحديد الاستراتيجية المثلى للحفاظ على حالة الشبكة، بالنظر إلى أي قيود يمكن أن تكون موجودة (مثل التمويل). تجدر الإشارة إلى أن الحل الأمثل الموصى به من سيناريو تعظيم

الاستفادة للشبكة؛ يمكن أن يتضمن أو لا يتضمن المشروع الأعلى مرتبة، أو الحل الأفضل لكل مقطع، إذا نُظر فيهما بشكل فردي. بدلًا من ذلك تعكس النتائج أفضل حل للشبكة ككل، عندما يُنظر في جميع الاحتياجات والقيود بشكل جماعي. يمكن العثور على مقارنة عامة لهذه الأساليب في الجدول (٧-١).

الجدول (٧–١) مقارنة طرق ترتيب الأولويات.

الطريقة	فئة الطريقة	المميزات والعيوب
الترتيب (Ranking)	ترتيب بسيط وذاتي للمشروعات؛ بناءً على الحكم، أو مؤشر الحالة العامة، أو انخفاض تكلفة السنة الأولى (سنة واحدة أو عدة سنوات).	**سريع، وبسيط، وعرضة للتحيز وعدم الاتساق**، ويمكن أن **يكون بعيدًا عن المستوى الأمثل.**
	الترتيب؛ بناءً على معايير الظروف، مثل: قابلية الخدمة، أو العيوب. ويمكن ترجيحه بالوزن النسبي حسب المرور (سنة واحدة أو عدة سنوات).	**بسيط وسهل الاستخدام**، ويمكن أن **يكون بعيدًا عن المستوى الأمثل، خاصةً إذا لم يُستخدم ترجيح بالوزن النسبي حسب المرور.**
	الترتيب؛ استنادًا إلى معلمات الظروف، والمرور، مع التحليل الاقتصادي؛ بما في ذلك تقليل قيمة التكلفة الحالية، أو نسبة الفائدة إلى التكلفة (سنة واحدة أو عدة سنوات).	**بسيط بشكل معقول، وربما أقرب إلى الأمثل.**
تحديد الأولويات (Prioritization)	القريب من تعظيم الاستفادة؛ باستخدام الأساليب التجريبية؛ بما في ذلك نسبة التكلفة-الفائدة التزايدية، وفعاليّة-التكلفة الحدّية، (يؤخذ في الاعتبار الصيانة، وإعادة التأهيل، وتوقيت إعادة الإعمار). عادة ما يُجرى كتحليل متعدد السنوات.	**بسيط بشكل معقول ومناسب لبيئة الحواسيب الصغيرة، وقريب من النتائج المثلى.**
تعظيم الاستفادة (Optimization)	تعظيم الاستفادة السنوي؛ من خلال نموذج البرمجة الرياضية، على أساس سنوي، وعلى مدى فترة التحليل.	**أقل بساطة، وربما أقرب إلى الأمثل، وآثار التوقيت لا تؤخذ في الاعتبار.**
	تأخذ نماذج البرمجة الرياضية لتعظيم الاستفادة الشامل في الحسبان؛ تأثيرات الصيانة، وإعادة التأهيل، وتوقيت إعادة الإعمار.	**الأكثر تعقيدًا وتطلبًا من الناحية الحسابية؛ ويمكن أن يوفر البرامج المثلى (تعظيم الفوائد أو فعاليّة-التكلفة).**

٧-٣-١ طريقة الترتيب:

تتمثل إحدى أسهل طرق اختيار المشاريع في ترتيب الاحتياجات بناءً على نوع من أولوية جهة الطرق؛ مثل: حالة الرصف، أو مستويات المرور، أو كليهما. عادةً ما تقوم الجهات التي تستخدم أساليب الترتيب بتقييم احتياجات المشروع كل عام بشكل مستقل، ونادرًا ما تفكر في استراتيجيات بديلة للحفاظ على شبكة الرصف. نظرًا لأن أسلوب الترتيب لا يأخذ في الاعتبار فعاليّة-التكلفة لخيارات الحفظ المختلفة؛ فإنه لا يوفر المعلومات اللازمة لتحسين استخدام التمويل المتاح، لذلك لا يوصى به كاستراتيجية طويلة المدى لإدارة شبكة الرصف.

تتمثل إحدى الطرق الشائعة لترتيب الاحتياجات في سرد مقاطع الطريق بترتيب تسلسلي؛ حسب تصنيف حالة الرصف، وتمويل المشاريع ذات حالات الرصف الأسوأ؛ حتى يتم الوفاء بحدود التمويل المتاحة. يشار إلى هذا النهج -عمومًا- على أنه (استراتيجية الأسوأ أولًا)؛ حيث يكون الرصف في أسوأ الظروف هي الأولوية القصوى للتمويل.

طورت بعض الجهات صيغًا لترتيب احتياجات الرصف، التي تأخذ في الاعتبار حالة الرصف، ومستويات المرور، واعتبارات أخرى. تشمل معايير الترتيب الأكثر شيوعًا؛ ما يلي: ١) الحالة، ٢) التكلفة الأولية، ٣) التكلفة والتوقيت، ٤) تكلفة دورة الحياة، ٥) نسبة الفائدة إلى التكلفة.

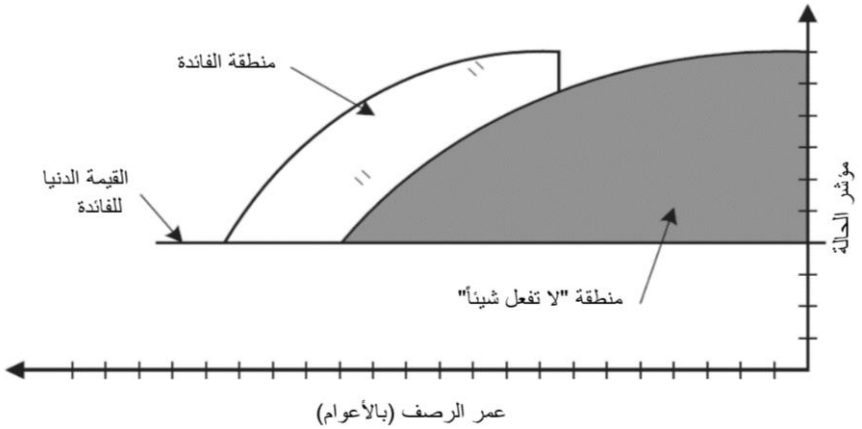
يتطلب أسلوب الترتيب -عمومًا- الخطوات التالية:

١- تقييم احتياجات عام معين؛ من خلال تحديد جميع مقاطع الرصف التي ليست في حالة جيدة.
٢- حساب تكاليف المعالجة؛ بضرب تكلفة المعالجة المناسبة لكل مستوى من أوقات الإصلاح في عدد المعالجات لكل مستوى في منطقة المشروع.
٣- فرز الاحتياجات؛ بترتيب الأولويات باستخدام منهجية الترتيب التي وضعتها الجهة. بالنسبة لاستراتيجية (الأسوأ أولًا)، ستكون مقاطع الطريق التي في أسوأ حالة هي الأولوية القصوى.
٤- تحديد المشاريع من خلال القائمة ذات الأولوية؛ لحين عدم بقاء أي تمويل لتلك السنة.
٥- الأخذ في الحسبان أي احتياجات متبقية غير ممولة في العام المقبل، وتكرار العملية.

٧-٣-٢ طريقة تحديد الأولويات :

المستوى التالي من التعقيد في اختيار المشروع والمعالجة؛ هو: عملية تحديد الأولويات، حيث يُنظر في الاحتياجات في عام واحد أو أكثر في وقت واحد، ويُحدد الاستخدام الأكثر فعاليّة-تكلفة للتمويل المتاح خلال فترة التحليل. يُفضل هذا النهج على نهج الترتيب؛ لأنه يُنظر في معالجات متعددة، وتُقيّم عواقب تأخير أو تسريع المعالجة، وتُؤخذ فعاليّة-تكلفة المعالجة في الاعتبار عند تطوير توصيات البرنامج. يستخدم نظام إدارة صيانة الرصف -الذي يجري تحليل أولويات متعدد السنوات- حالة الرصف الحالية والمتوقعة، جنبًا إلى جنب مع أنواع قواعد المعالجة؛ لتحديد المشاريع والمعالجات الممكنة في كل سنة من فترة التحليل. ونظرًا لأن خيارات توقيت المعالجة المختلفة تُقيّم على مدار فترة متعددة السنوات؛ فإن هذا النهج يوفر للجهات الفرصة لتحديد ما إذا كان من الأفضل تطبيق المعالجة. بينما لا يزال الرصف في حالة جيدة نسبيًا، أو ترك مقطع الرصف يتدهور أكثر لحين معالجة المقاطع الأخرى. تقدم نتائج تحليل الأولويات -عادةً- حالة الشبكة المتوقعة؛ لذلك يمكن مقارنة التأثيرات طويلة المدى بمقاربات المعالجة المختلفة، أو مستويات التمويل، أو كليهما بسرعة.

أحد مفاتيح استخدام طريقة تحديد الأولويات متعددة السنوات؛ هو: وجود طريقة لتقدير فائدة أو فعاليّة كل معالجة تعد قابلة للتطبيق. في العديد من تطبيقات إدارة الرصف؛ تتمثل فائدة المعالجة في الأداء الإضافي الذي توفره المعالجة، كما هو موضح في الشكل (٧-٤). تُحسب الفائدة على أنها: المنطقة الواقعة تحت منحنى الأداء للمعالجة قيد النظر، ومن ثمّ فإن المعالجة التي لها تأثير كبير في الأداء سيكون لها فائدة أكبر من المعالجة، مع زيادة هامشية في الأداء. عادةً ما تُمثّل الفائدة كرقم من دون وحدة، وتُقارن -عادةً- بنموذج الأداء العادي للمقطع، والذي يمثل حالة (عدم اتخاذ أي إجراء)؛ حيث لا تُطبّق أي معالجة. تختار العديد من الجهات مضاعفة الفوائد المرتبطة بالمعالجة المُجدية؛ بواسطة عامل مرور محدد من قِبل الجهة، وبالتالي فإن الفائدة المرتبطة بالمشاريع في المنشآت ذات الحجم المروري الكبير أكبر من الفائدة المرتبطة بنفس المعالجة المطبقة على الرصف مع حالة مماثلة، ولكن مع أحجام مرور أقل. يسمح استخدام عامل المرور؛ بتعديل حساب المنطقة للجهة، بمراعاة اعتبارات المستخدم في التحليل. يعد استخدام عامل الترجيح أمرًا اختياريًا، وينبغي النظر إلى تأثيره في توصيات المشروع، والمعالجة بعناية؛ لأنه يمكن أن يؤدي إلى انحراف التمويل بعيدًا عن الرصف ذي الحجم المنخفض.



الشكل (٧–٤) رسم توضيحي لحساب الفوائد باستخدام زيادة أداء الرصف.

على الرغم من أن بعض الجهات تستخدم نسبة الفائدة إلى التكلفة؛ لتصنيف المشاريع في كل سنة من سنوات التحليل، فإن البرامج الأكثر تعقيدًا تستخدم نهجًا لتحليل التكلفة-الفائدة التزايدية، أو فعاليّة-التكلفة الحدّية؛ لإجراء تحديد الأولويات متعدد السنوات، الذي يوفر وسيلة لمقارنة خيارات المعالجة على مدى عدة سنوات. ببساطة شديدة يقوم تحليل التكلفة-الفائدة التزايدية بتقييم ما إذا كان يمكن تحقيق فوائد إضافية للزيادات التزايدية في الاستثمار أو لا. نهج عالية-التكلفة الحدّية يفعل الشيء نفسه بشكل أساسي، بدلًا من التركيز على فعاليّة-تكلفة الاستثمارات الإضافية (بدلًا من الفائدة). على سبيل المثال: سيأخذ تحليل التكلفة-الفائدة التزايدية، أو فعاليّة-التكلفة الحدّية في الاعتبار كل خيار معالجة ممكن، لكل مقطع من مقاطع الرصف، في كل سنة من التحليل. كما أنها تأخذ في الاعتبار التحسينات الحدّية، في استراتيجيات المعالجة التي يمكن أخذها في الاعتبار عند توفر التمويل. نتيجة لذلك يقارن التحليل المفاضلات المرتبطة بتسريع المعالجة أو تأجيلها، ويمكن تقييم خيارات المعاجلة المختلفة لمقطع واحد مع مراعاة جميع احتياجات الشبكة الأخرى.

يُعدّ كل من تحليل التكلفة-الفائدة التزايدية، وتحليل فعاليّة-التكلفة الحدّية أمثلة على الطريقة التجريبية (heuristic)؛ لتحديد حل شبه مثالي لتحليل مقيد ماليًا. تمكّن كلتا الطريقتين الجهة من تحديد مجموعة المشاريع الأكثر فعاليّة من حيث التكلفة، خلال فترة التحليل، لمستوى معين من التمويل. يمكن -أيضًا- استخدام التحليل؛ لإظهار تأثير مستويات التمويل المختلفة على حالة الشبكة طويلة الأجل. ونتيجة لذلك تعد هذه التحليلات أدوات فعالة لتوصيل الآثار المترتبة على مستويات الاستثمار المختلفة، أو استراتيجيات البرامج، أو كليهما، بصانعي القرار. إنها تمكن الجهات من تحديد:

- مقاطع الرصف التي ينبغي تحسينها في كل سنة من سنوات التحليل.
- المعالجة الأكثر فعاليّة-تكلفة؛ ليتم تطبيقها.
- الوقت الأكثر فعاليّة؛ لتطبيق المعالجة.

لذلك تُنتج هذه الأنواع من التحليلات نتائج؛ تُمكّن الجهة من إظهار فائدة برنامج الحفاظ على الرصف، مقارنة مع استراتيجية (الأسوأ أولًا)، لنقل تأثير خفض الميزانية على حالات الشبكة المستقبلية، وتوضيح الآثار المترتبة المرتبطة بالمشاريع ذات الدوافع السياسية بدلًا من تلك المدفوعة بالحاجة إلى إصلاح الرصف.

بالمعنى الاقتصادي الدقيق؛ هناك اختلافات محتملة في كيفية إجراء تحليلات التكلفة-الفائدة التزايدية، وفعاليّة-التكلفة الحدّية؛ ومع ذلك -في إدارة الرصف- تُستخدم المصطلحات بشكل تبادلي كأساليب لتقييم فعاليّة-التكلفة لمجموعات مختلفة من المشاريع وخيارات المعالجة. الفرق بين الطريقتين هو أن أحدهما يشير إلى الفائدة المرتبطة بتطبيق المعالجة والآخر يشير إلى فعاليته. يمكن أن تُعرف أو لا تُعرف من الناحية الاقتصادية، ولكن تُوصف بشكل أكثر شيوعًا من حيث أداء الرصف عند استخدامها في تطبيقات إدارة الرصف. وكما ذكر سابقًا تُستخدم المنطقة الواقعة أسفل نموذج (منحنى) أداء الرصف -عادةً- لتحديد الفائدة (أو الفعاليّة)، ويمكن أن يتضاعف أو لا يتضاعف حساب المنطقة بواسطة عامل المرور.

وُضِّحت الخطوات التالية في هذا المجلد؛ لإجراء تحليل فعاليّة-التكلفة الحدّية، بناءً على إرشادات الإدارة الاتحادية للطرق (الأمريكية):

١- حدد المعالجات الممكنة لكل مقطع على مدار فترة التحليل بأكملها؛ باستخدام معلومات الحالة، ونماذج الأداء وقواعد المعالجة.
٢- احسب الفعاليّة (E) لكل مجموعة من الاستراتيجيات؛ باستخدام تقنية مثل حساب المساحة تحت منحنى الأداء.
٣- احسب تكلفة (C) كل مجموعة؛ من حيث صافي القيمة الحالية.
٤- احسب فعاليّة التكلفة (CE) لكل استراتيجية عن طريق قسمة (C) على (E)؛ حيث تكون أعلى قيمة هي الأفضل.
٥- حدد استراتيجية المعاجلة وتوقيتها للمقطع الحاصل على أعلى درجة في فعاليّة التكلفة (CE).
٦- احسب فعاليّة التكلفة الحدّية (MCE)، لجميع الاستراتيجيات الأخرى، لجميع المقاطع؛ على النحو التالي:

المعادلة (٧-١) $$MCE = (E_r - E_s) / (C_r - C_s)$$

حيث إن:

E_s = فعاليّة الاستراتيجية المختارة في الخطوة ٥.

E_r = فعاليّة استراتيجية المقارنة.

C_s = تكلفة الاستراتيجية المحددة في الخطوة ٥.

C_r = تكلفة استراتيجية المقارنة.

٧- إذا كانت فعاليّة التكلفة الحدّية (MCE) سالبة، أو إذا كانت فعاليّة استراتيجية المقارنة (E_r) أقل من فعاليّة الاستراتيجية المختارة في الخطوة ٥ (E_s)؛ تُستبعد استراتيجية المقارنة، ولا تخضع لمزيد من الدراسة؛ وإذا لم تكن كذلك فإنها تحل محل الاستراتيجية المختارة في الخطوة ٥.

٨- تتكرر هذه العملية لحين تعذّر إجراء اختيارات أخرى، في أي سنة من فترة التحليل؛ بسبب قيود التمويل، أو إلغاء جميع الاستراتيجيات الممكنة.

٧-٣-٣ طريقة تعظيم الاستفادة:

نماذج تعظيم الاستفادة؛ وتسمى: -أيضًا- (البرامج الرياضية) تمثل اختيارات المسألة كمتغيرات قرار، وتسعى إلى القيم التي تُعظم أو تقلل للقيمة الدنيا من دوال الهدف (objective functions) لمتغيرات القرار الخاضعة للقيود المفروضة على قيم المتغيرات، التي تعبر عن حدود خيارات القرار المحتملة. الحل الممكن؛ هو: اختيار قيم متغيرات القرار التي تفي بجميع القيود. الحلول المثلى؛ هي: حلول مجدية، تحقق قيمة (قيم) دالة الهدف بنفس جودة أي حل آخر ممكن.

تحليل تعظيم الاستفادة الحقيقي؛ هو: تحليل أكثر تعقيدًا؛ لتحديد كيفية تخصيص الموارد بكفاءة، بحيث تُعظم حالة الشبكة (دالة الهدف)، وتقليل التكاليف للقيم الدنيا (القيود). في بعض الحالات تضيف الجهات قيودًا إضافية؛ للمساعدة في تحقيق أهداف الجهة. على سبيل المثال: يمكن أن يُضمن قيد إضافي، يمنع أي رصف لطريق سريع من الانخفاض إلى ما دون مستوى حالة معينة كمعلمة تحليل.

أُستُخدمت العديد من النماذج الرياضية في تعظيم الاستفادة؛ بما في ذلك البرمجة الخطية (linear programming)، والبرمجة غير الخطية (non-linear programming)، وبرمجة الأعداد الصحيحة (integer programming) والبرمجة الديناميكية (dynamic programming). الهدف من أساليب البرمجة هذه؛ هو: تحديد الحل الأمثل؛ لتحقيق دالة الهدف ضمن القيود المعينة المفروضة. طريقة البرمجة الرياضية المناسبة؛ هي: (دالة في نوع المتغيرات في التحليل (سواء أكانت متغيرات مستمرة أم لا)، وشكل دالة الهدف، وما إذا كان يجب اتخاذ القرارات في تسلسل). ونظرًا لأن القيود تضع حدًا اصطناعيًا لمسألة تعظيم الاستفادة ؛ فيمكن أن تحدد نتائج تحليل تعظيم الاستفادة حلًا دون المستوى الأمثل؛ لذا فإن البحث في استخدام أساليب تعظيم الاستفادة متعددة المتغيرات آخذ في الظهور، ويستدعي مزيدًا من الدراسة في المستقبل.

تعد البرمجة الخطية مفيدة لإجراء تحليل متعدد السنوات، ولتحديد الأولويات؛ لأنها يمكن أن تمثل المفاضلات بين توقيتات المشروع المختلفة، والتأثيرات على أداء الرصف. الشكل العام لنموذج البرمجة الخطية موضح أدناه:

المعادلة (٧-٢)

$$\text{Maximize } \Sigma\Sigma\Sigma\, x_{ijt} \text{ X } B_{ijt}$$

$$\textit{Subject to } \Sigma\Sigma\Sigma x_{ijt} \Leftarrow 1 \textit{ for } i = 1, 2, \ldots n$$

$$\Sigma\Sigma\Sigma x_{ijt}\, D_{ijtt'} \Leftarrow B_t \textit{ for } t = 1, 2, \ldots n$$

$$X_{ijt} \Rightarrow 0$$

حيث إن:

X_{ijt} = المقطع i (من إجمالي عدد المقاطع n) مع البديل j (من إجمالي بدائل المعالجة k) في السنة t من فترة التحليل.

B_{ijt} = القيمة الحالية للفوائد السنوية للمقطع i، مع البديل j، المنشأ في العام t، وكلها مخصومة من سنة أساس بسعر خصم محدد.

$D_{ijtt'}$ = تكلفة الإنشاء أو الصيانة الفعلية، أو كليهما في المقطع i، مع البديل j، المنشأ في العام t، المتكبدة في العام t'.

B_t = الميزانية للسنة t.

ميزة تحليل تعظيم الاستفادة؛ هي: القدرة على دمج المخاطر في التحليل. يمكن النظر في المخاطر؛ من خلال استخدام مصفوفات احتمالية الانتقال (transition probability matrices)؛ مثل: تلك الموضحة في الجدول (٧-٢). تصف مصفوفات احتمالية الانتقال

احتمالية انتقال حالات الرصف من حالة إلى أخرى؛ على سبيل المثال: في الجدول (٧-٢) تنقسم شبكة الرصف إلى أربع حالات راهنة؛ وتكون الحالة الراهنة (١) هي الحالة الأعلى، تحدد الأعمدة المسماة (الحالات المستقبلية) احتمالية انتقال الرصف القائم -حاليًا- في إحدى الحالات الراهنة الأربعة إلى حالة مستقبلية أخرى خلال فترة التحليل (تُعرف عادةً بسنة واحدة). المعلومات الموجودة في الجدول (٧-٢) تشير إلى أن هناك احتمال بنسبة (٢٠ %) أن الرصف القائم -حاليًا- في الحالة (١) سيظل في الحالة نفسها، وأن هناك فرصة بنسبة (٤٠ %) أنه سينخفض إلى الحالة (٢)، وفرصة بنسبة (٣٠ %) أنه سينخفض إلى الحالة (٣)، وفرصة بنسبة (١٠ %) أن ينخفض إلى الحالة (٤). يمكن أن ينعكس التباين المرتبط بمسوحات حالة الرصف في مصفوفة احتمالية الانتقال؛ كما يتضح من احتمال (١٠ %) أن الرصف في الحالة (٣) سيُبلغ عن كونه في الحالة (٢) في العام المقبل.

الجدول (٧–٢) مثال على مصفوفة احتمالية الانتقال.

الحالة الراهنة	الحالات المستقبلية			
	١	٢	٣	٤
١	٠,٢	٠,٤	٠,٣	٠,١
٢		٠,٢	٠,٦	٠,٢
٣		٠,١	٠,٣	٠,٦
٤			٠,١	٠,٩

ومع ذلك يوصي هذا الكود بطريقة لتحديد أولوية الصيانة. تعتمد فكرة هذا الاقتراح على نماذج حالة الرصف، وحجم المرور، وتصنيف الطريق، وقاعدة بيانات برامج الصيانة، وفعاليّة أنواع الصيانة، وتكلفة أنواع الصيانة. إذا كانت لدى جهة الطرق معلومات موثوقة حول جميع العوامل الخمسة؛ فيمكن حل الأولوية بدرجة معقولة من القبول.

بشكل عام العامل الأول والأهم هو حالة الرصف؛ فالطريق يحتاج إلى أولوية عالية للصيانة إذا كانت حالته سيئة. لذلك فإن قيمة حالة الرصف تتناسب عكسيًا مع الصيانة.

يعد استخدام أحجام المرور كمتوسط المرور اليومي في إعداد أولوية الصيانة أمرًا حيويًا وعمليًا للغاية، خاصة تلك الطرق التي تتمتع بحالة جيدة؛ لأن متوسط المرور اليومي يمثل مدى إشغال الطريق. ومن ثم يجب إنشاء مدى متوسط المرور اليومية. الجدول (٧-٣) يعطي عامل مرور لكل مدى لمتوسط المرور اليومي.

الجدول (٧–٣) عامل المرور.

عامل المرور (TF)	
مدى متوسط المرور اليومي (ADT)	القيمة
١٠٠ - ٠	١٠
٥٠٠ - ١٠١	٢٠
١,٠٠٠ – ٥٠١	٣٠
٢,٠٠٠ – ١,٠٠١	٤٠
٥,٠٠٠ – ٢,٠٠١	٥٠

أكبر من ٥,٠٠٠	**١٠٠**

تؤثر فئة الطريق على قرارات الصيانة؛ نظرًا لأن الطرق الرئيسة أكثر أهمية من الطرق الثانوية. عامل فئة الطريق للطريق الرئيس هو (١,٢) ، أما بالنسبة للطريق الثانوي فهو (١,١).

تحتوي برامج الصيانة على أنواع معينة من الصيانة؛ كل منها لديه عمر متوقع، وكذلك حساب التكلفة حسب حالة الرصف. يؤدي توفر قاعدة بيانات دقيقة حول الصيانة إلى زيادة كفاءة الصيانة، واستخدام أفضل للموارد. من ناحية أخرى-في حال عدم وجود قاعدة بيانات مناسبة للصيانة- تعتمد الصيانة على حالة سطح الرصف الراهنة؛ لذلك يعطي الجدول (٧-٤) قيمة عامل لهذه المشكلة لحساب مقدار الصيانة السابقة التي حدثت.

الجدول (٧–٤) عامل سجل الصيانة.

عامل الصيانة (MF)	
الصيانة السابقة	**القيمة**
لا	**١,٠**
ضعيف	**١,١**
مقبول	**١,٢**
متوسط	**١,٣**
مرتفع	**١,٤**
مرتفع للغاية	**١,٥**

تعد فعاليّة الصيانة عاملًا مهمًا للغاية في تحديد الأولويات المناسبة؛ لأنه من المجدي تنفيذ نشاط الصيانة الأكثر فعاليّة من الأنشطة الأخرى. أيضًا التكلفة عامل مهم. عُيّن عامل فعاليّة-التكلفة لكل منها. الجدول (٧-٥) يوضح القيم المقترحة لعامل فعاليّة-التكلفة.

الجدول (٧–٥) عامل فعاليّة-التكلفة.

عامل فعاليّة-التكلفة (CEF)	
برامج الصيانة	**القيمة (الفعاليّة)**
تصحيحية	**١**
وقائية	**٢**
طبقة تكسية إنشائية	**٣**
إعادة الإنشاء	**٤**

بدلًا من ذلك يمكن حساب عامل الفعاليّة؛ من حيث التكلفة على النحو التالي:

$$CEF = (\Delta Pavement\ Condition\ x\ t) / C$$ **المعادلة (٧-٣)**

حيث إن:

Pavement Condition = الفرق بين حالة الرصف بعد تطبيق نشاط الصيانة وقبله.

t = العمر المتوقع لنوع الصيانة.

C = تكلفة وحدة نشاط الصيانة.

ملحوظة: تم تعديل هذه المعادلة من جمعية النقل الكندية؛

يمكن الحصول على الفرق بين حالة الرصف بعد تطبيق نشاط الصيانة وقبله و (t) من منحنيات الأداء، إذا كانت لدى جهة الطريق هذه المنحنيات، أو يمكن تقديرها من التجربة. ومع ذلك -في الوقت الحالي- ستُستبعد فعاليّة-التكلفة من طريقة أولوية الصيانة، حتى تعطي قاعدة البيانات الجيدة التأثير المتوقع لنوع الصيانة، والعمر المتوقع لنوع الصيانة.

بناءً على ذلك يمكن حساب أولوية الصيانة على النحو التالي:

$$Maintenance\ Priority\ Index\ (MPI) = (TF\ x\ RF\ x\ MF\ x\ CEF) / Pavement\ Condition$$ **المعادلة (٧-٤)**

يمكن الحصول على قيم (TF) و(RF) و(MF) من الجداول المقترحة، ويمكن الحصول على قيمة حالة الرصف (Pavement Condition) من النماذج المطورة. تشير القيم الأعلى لمؤشر أولوية الصيانة (Maintenance Priority Index, MPI) إلى أولوية أعلى؛ مما يعني تخصيص ميزانية الصيانة أولًا لمقاطع الرصف وفقًا لقائمة مؤشر أولوية الصيانة. عندما لا تكون الميزانية المخصصة كافية لجميع المقاطع؛ تُؤجل المقاطع المتبقية إلى العام المقبل.

٧-٣-٤ أسلوب برمجة الأولويات المستند إلى المعلمات:

كانت الأنواع المختلفة من أساليب تحديد الأولوية شائعة الاستخدام. تتراوح هذه النماذج من الترتيب الانطباعي البسيط إلى تعظيم الاستفادة الحقيقي؛ كما وُضِّح سابقًا. أسلوب برمجة الأولويات القائم على المعلمات؛ أسلوب بسيط نسبيًا، ويهدف إلى الإجابة عن الأسئلة الأساسية المتعلقة بموعد تنفيذ الصيانة وبأي ترتيب. حددت الطريقة عدة مقاطع للرصف مع مجموعة واسعة من الحالات. ثم حُدد عدد المجموعات لعوامل الحالة والمستويات. قامت لجنة من مهندسي وخبراء المدينة بتقييم مقاطع الرصف بناءً على السمات المختارة. حُلل التصنيف الذي تُحصل عليه؛ باستخدام العوامل والسمات المختارة إحصائيًا لتطوير معادلة تحديد الأولويات.

٧-٣-٤-١ ٧-٣-٤-١ العوامل المتضمنة:

أُخذت العديد من المعلمات الكمّية في الاعتبار عند تطوير برنامج الأولوية لمقاطع الشوارع الرئيسة. وشملت هذه العوامل حالة الرصف، والتصنيف الوظيفي، وعامل الموقع، وعامل المنفعة. بالنسبة للمناطق؛ كانت المعلمات ذات الأولوية هي حالة الرصف، والكثافة السكنية، ومنطقة الصيانة، واستخدام الأراضي الإقليمية. حُددت إجراءات الأولوية المختلفة -في البداية- لمقاطع ومناطق الشوارع الرئيسة؛ نظرًا لاختلاف أداء الرصف في الفئتين. ومع ذلك دُمجت أخيرًا عناصر الشبكة (المقاطع والمناطق) في قائمة أولويات واحدة، بعد تقديم وصف مجموعة المعايرة اللازمة لكل من هذه المعلمات في الفقرات التالية.

٧-٣-٤-١-١ حالة الرصف:

يمكن استخدام مؤشر حالة الرصف، ومؤشر الخشونة الدولي، ورقم الانزلاق؛ ليعكس حالة الرصف. شُرحت هذه القياسات في الباب (٥). تُعد حالة الرصف أحد العوامل المعيارية الرئيسة في تحديد الأولويات. تتناسب قيمة مؤشر حالة الرصف عكسيًا مع مؤشر أولوية الصيانة (PI). تشير القيم المنخفضة لمؤشر حالة الرصف إلى حالة رصف سيئة ومن ثم أولوية أعلى.

٧-٣-٤-١-٢ تصنيف الطريق:

فئة الطريق لها تأثير كبير على قرارات الصيانة. صُنفت الطرق على أساس الأهمية، وحجم حركة المرور إلى فئات مختلفة: (أ) و (ب) و (ج)، إلخ. الفئة (أ) هي الأكثر أهمية. يستخدم هذا العامل لكل من فئات الطرق الريفية، والطرق المهمة في المناطق الحضرية.

٧-٣-٤-١-٣ عامل الموقع:

يعكس الموقع أهمية مقطع الطريق بالنسبة لشبكة الطرق. يتوقع المستخدم أن تكون بعض المقاطع في الشبكة بحالة جيدة طوال الوقت. حُددت هذه الأقسام ومُنحت أولوية أعلى.

٧-٣-٤-١-٤ عامل المرافق:

كان أحد أكثر أسباب تدهور الرصف تحديدًا؛ هو: الترقيع عقب حفر خنادق المرافق (المنافع العامة). من المحتمل جدًا أن يُعاد رصف الطرق الحضرية بعد فترة قصيرة من عمليات حفر خنادق المنافع العامة. لذلك وُجّهت موارد صيانة الرصف بشكل أكبر إلى مقاطع الرصف التي تحتوي على جميع خطوط المنافع العامة الأساسية مقارنةً بالرصف الذي من المتوقع أن يخضع لأعمال الترقيع لنفس حالة الرصف.

٧-٣-٤-١-٥ الكثافة السكنية:

كان عامل الكثافة السكنية ينطبق -فقط- على المناطق الحضرية. حُسب العامل بناءً على كثافة السكان في المنطقة السكنية لكل منطقة. وجّهت الصيانة أكثر إلى المناطق ذات الكثافة السكانية العالية. بهذه الطريقة سيستفيد أقصى عدد من سكان المدينة من الصيانة التي تُجرى.

٧-٣-٤-١-٦ منطقة الصيانة:

كانت ميزانية الصيانة السنوية -عادة- أقل من المطلوب؛ لذلك أُدخل عامل منطقة الصيانة في برنامج الأولوية؛ لضمان توزيع الصيانة السنوية على جميع مقاطع الشبكة. وُجِّه برنامج الأولوية؛ لتغطية مناطق الصيانة المنخفضة أولًا، ثم المناطق الأعلى منها لنفس مستويات حالة الرصف.

٧-٣-٤-٢ ٧-٣-٤-٢ معادلة تحديد الأولوية:

قامت لجنة من مهندسي وخبراء المدينة بتعيين أولوية؛ بترتيب تنازلي لعينة من المقاطع، تغطي جميع مجموعات العوامل المضمنة. بعد ذلك أُخضعت البيانات المحددة للتحليل الإحصائي. أُختبرت عدة نماذج إحصائية وأُختير أفضل نموذج لتحديد مؤشر الأولوية.

باختصار؛ يتعين على جهات الطرق تطوير برنامجها لتحديد الأولوية، مع مراعاة خصائص شبكتها، والوضع المحلي في الدولة، وأحيانًا لا تتوفر هذه الخصائص؛ لذلك يتعين على جهات الطرق اختيار أنسب الأساليب، التي تتلاءم مع ظروفها، واختيار أسلوب الأولويات الذي تعتقد أنه يفي بمتطلبات شبكتها.

٧-٤ برنامج تنفيذ الصيانة:

أُختيرت المقاطع والطرق المراد صيانتها من قائمة الأولويات لكل من الطرق الريفية والحضرية بشكل منفصل؛ باستخدام معايير قرار الصيانة المطورة. ثم أُعد برنامج عمل الصيانة؛ تضمن برنامج العمل معلومات تتعلق بموقع العمل، وتاريخ العمل، ونوع المواد، والمعدات. ينبغي تطوير نموذج قياسي لنشاط الصيانة لهذا الغرض. ثم رُوقبت أعمال الصيانة؛ للتأكد من أنها تفي بالمواصفات المحددة. نفذ ذلك سواء أكان الإنشاء من قبل مقاول، أو بواسطة الشركة مباشرة من قِبل عمال جهة الطرق.

٨- دمج نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS) مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS):

٨-١ المقدمة:

تستخدم معظم جهات الطرق -حاليًا- أو تخطط لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية، أو تقنيات مكانية أخرى؛ لدعم أنشطة إدارة الرصف. تُعدّ نظم إدارة قواعد البيانات المكانية؛ مثل: تلك المضمنة في نظم المعلومات الجغرافية والأدوات الأخرى، مفيدة جدًا؛ لتسهيل دمج البيانات مع المعلومات المرسومة، ومجموعات البيانات المختلفة. تتطلب قرارات إدارة الرصف معلومات من مجموعة متنوعة من المصادر، التي حُفظت -بشكل- عام في قواعد بيانات منفصلة، و-غالبًا- ما تُدارمن قبل أقسام مختلفة داخل جهة الطرق. بالإضافة إلى دعم جمع البيانات ودمجها، أستُخدمت الأدوات المكانية؛ لدعم تحليل نظام إدارة الرصف ووظائف إعداد التقارير. يجب النظر في المتطلبات والإرشادات المتعلقة بنظم إدارة الصيانة لمرافق الطرق الأخرى المتضمنة في كود الطرق السعودي ٥٠٢ (نظم صيانة الجسور والأنفاق وإدارتها) وكود الطرق السعودي ٥٠٣ (نظم صيانة مرافق الطرق وإدارتها).

أحد الأسئلة الرئيسة حول تنفيذ الأدوات المكانية لنظام إدارة صيانة الرصف؛ هو: ما إذا كانت الفوائد ستفوق تكاليف تطوير الأدوات، وتنفيذ قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية أو لا. تتفق الجهات التي طورت أدوات مكانية لنظام إدارة الرصف -بشكل عام- على أنها فعالة من حيث التكلفة.

في أبسط مستويات الاستخدام، تُعدّ نظم المعلومات الجغرافية أداة قوية وفعالة؛ لتوليد خرائط ملونة، وعروض مرسومة يمكن أن تصور ظروف الطريق، وبرامج العمل، وجداول الصيانة، من بين العديد من التطبيقات الأخرى. التطبيقات المكانية -التي طُوّرت لدعم نظام إدارة صيانة الرصف- تتراوح من واجهات بسيطة؛ يمكن بواسطتها إدخال وإخراج البيانات من وإلى نماذج نظم معلومات جغرافية متطورة، تستفيد من قدرات التحليل المكاني المتقدمة. تُنفذ الأدوات المكانية أو المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية بوصفها جهدًا فرديًا من قبل مجموعة نظام إدارة صيانة الرصف، أو بوصفها جهدًا تعاونيًا على مستوى الجهة. يبدو أن تطبيق نظم المعلومات الجغرافية بوصفها جهدًا على مستوى الجهة أكثر فعاليّة؛ لأن التكاليف المرتبطة بتطوير وصيانة الخرائط الأساسية -ذات المرجعية الجغرافية- مرتفعة. كما تُستخدم المعلومات الموجودة في نظم المعلومات الجغرافية؛ لدعم المجالات، والوظائف الأخرى. ترد في الملحق (د) معلومات إضافية تتعلق بموضوع دمج نظام إدارة صيانة الرصف مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

٨-٢ حافظ على سير العملية:

إدارة الرصف؛ هي: عملية ديناميكية تتطلب تحديثات منتظمة، فإدارة الرصف ليست نشاطًا يُنفّذ مرةً واحدةً فقط؛ لذلك على الجهات بذل الجهد لتحديث المعلومات المضمنة في عملية إدارة الرصف. تعد إدارة البيانات عنصرًا أساسيًا للمحافظة على قاعدة البيانات، والحفاظ على سير المعلومات.

تُحدد التحديثات المطلوبة واللازمة للحفاظ على سير عملية إدارة الرصف الشاملة؛ بناء على خطوات عملية إدارة الرصف هذه:

١- عرّف الشبكة واجمع البيانات: تعد معلومات الجرد المتعلقة بمقاطع الرصف عنصرًا ثابتًا نسبيًا بالنسبة لقاعدة البيانات. ولا يلزم تحديث هذه العناصر إلا في حال حدوث تغييرات رئيسة في شبكة الرصف. ومع ذلك يجب تحديث تفاصيل سجل العمل بصورة سنوية؛ لتتبع أنشطة الصيانة، وإعادة التأهيل بشكل صحيح في مقاطع الرصف.
٢- اجمع البيانات المتعلقة بالحالة: توصي الممارسات العامة لإدارة الرصف بجمع معلومات الحالة المتعلقة بمقاطع الرصف في دورة لا تقل مدتها عن ثلاث سنوات؛ لذلك يجب جمع هذه البيانات، وتحديثها في جدول أو برنامج بيانات إدارة الرصف في نفس الدورة.
٣- تنبأ بالحالة: يمكن تحديث متوسط معدلات التدهور مع كل دورة لجمع البيانات. إذا أُستخدمت نماذج التنبؤ؛ فيجب التفكير في تحديثها كل (٣) سنوات عند تطويرها في أول الأمر، ثم على دورة مدتها (٥) سنوات بعد الإنشاء.
٤- اختر المعالجات: نظرًا لأن الجهات تستخدم نتائج المعالجات الموصي بها بناءً على عمليات اختيار المعالجات؛ يجب تحديث القواعد والأولويات لضمان استمرار العملية في التحسن في المستقبل.
٥- أعد تقرير بالنتائج: ستستخدم إحدى الجهات نتائج التقارير عند صدور كل خطة جديدة لإدارة الرصف، التي من الأفضل إجراؤها كل عام، أو في دورة مدتها (٣) سنوات كحد أقصى؛ لتتوافق مع دورة جمع البيانات التي مدتها (٣) سنوات.

المراجـع:

AASHTO (1990) *Guidelines for Pavement Management Systems*. American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.

AASHTO (1998) *Pavement Deflection Data Exchange: Technical Data Guide*. Version 1.0. American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.

AASHTO (2012) *Guidelines for Pavement Management Systems*. American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.

AI and AEMA (1997) *Basic Asphalt Emulsion Manual*. Manual Series No. 19, 3rd edition, Asphalt Institute and Asphalt Emulsion Manufacturer's Association, USA.

Al-Mansour, A. (2014) *Pavement Maintenance Management System for Rural Highway*. Report, Ministry of Transport, KSA.

Bennett C., Chamorro A., Chen C., Hernan de Solminihac, Flintsch W. (2005) *Data Collection Technologies for Road Management (DCTFRM)*. East Asia Pacific Transport Unit, The World Bank, Washington, DC.

Dammam Municipality. *Manual of Pavement Maintenance Management System for Dammam City*. KSA.

FHWA (1998) *Pavement Management Systems*. Report HI-97-024, Federal Highway Administration, Washington, DC.

FHWA (2000) *Selecting a Preventive Maintenance Treatment for Flexible Pavements*. Publication No. FHWA IF-00-027. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC.

FHWA (2004) *Summary of State Pavement Management Systems*. USA

FHWA (2016) *Guidance of Highway Preservation and Maintenance*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC.

Haas, R., Hudson, W. and Zaniewski, J. (1994) *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Company, Malabar.

IDOT (2012) *Bureau of Local Roads and Streets Manual*. Chapter 45, Local Agency Pavement Preservation, Illinois Department of Transportation, USA.

Ministry of Federal Affairs and Local Development, Department of Local Infrastructure Development and Agricultural Roads (DOLIDAR) (2016) *Road Maintenance Groups (RMG) Guidelines*. Government of Nepal, Ministry of Federal Affairs and Local Development, Nepal.

MoC (1982) *Highway Maintenance Manual Maintenance Management System*. Part 1 – 4. Ministry of Communications, KSA.

NAPA (1990) *Pavement Preparation Prior to Overlaying with HMA*. QIP Series 116, National Asphalt Pavement Association.

NCHRP (2009) *Quality Management of Pavement Condition Data Collection, A Synthesis of Highway Practice*. NCHRP Synthesis Report 401, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.

NZ Transport Agency (2004) *Location Referencing Management System (LRMS) Manual (SM051)*. New Zealand.

Public Works Authority "Ashghal" (2015) *Qatar Roads Maintenance Manual (QRMM)*. Revision 1.0. Roads Maintenance Department Assets Affairs, Qatar.

Republic of Tajikistan, Ministry of Transport (2016) *Pavement Inspection Guideline (PIG)*. Tajikistan.

Riyadh Municipality (1417) *Manual of Pavement Maintenance Management System for Riyadh City*. KSA.

Shahin, M. Y. (2005) *Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots*. Second Edition, Springer, New York, NY.

الملحق أ: الرصف المرن:

أ-١ عيوب الرصف المرن:

أ-١-١ الشقوق التمساحية (الكلال):

الوصف:

الشقوق التمساحية أو الكلال؛ هي: عبارة عن سلسلة من الشقوق المترابطة، الناتجة عن التصدع الكلالي لسطح الخرسانة الأسفلتية؛ بسبب كثرة الأحمال المرورية. يبدأ التشقق في الجزء السفلي من سطح الأسفلت أو قاعدة الأساس؛ حيث يكون إجهاد الشد والضغط في أعلى مستوياته تحت أحمال العجلات. تنتشر الشقوق إلى السطح في البداية كسلسلة من الشقوق الطولية المتوازية. بعد الكثير من الأحمال المرورية، تتصل الشقوق ببعضها، وتشكل قطعًا متعددة الجوانب، وذات زاوية حادة، تطور نمطًا يشبه سياج الحظائر أو جلد التمساح. يكون طول القطع أقل من ٠,٥ متر (١,٥ قدم) في الجانب الأطول. تحدث الشقوق التمساحية في المناطق المعرضة لكثرة الأحمال المرورية فقط؛ مثل: مسارات العجلات. يُطلق على نمط الشقوق التي تحدث في مساحة كاملة غير معرضة للأحمال اسم: (الشقوق الشبكية)، وهو تدهور ليس مرتبطًا بالأحمال.

مستويات الشدة:

منخفض: شقوق طولية دقيقة ومتوازية، مع عدم وجود شقوق مترابطة أو القليل منها فقط، الشقوق لم تنفصل.

متوسط: تطور الشقوق التمساحية الخفيفة إلى نمط أو شبكة من الشقوق التي يمكن أن تنفصل قليلًا.

مرتفع: تطورت الشقوق الشبكية أو النمطية؛ بحيث يمكن تحديد القطع جيدًا، وتنقسم عند الحافات. يمكن أن تتأرجح بعض القطع تحت حركة المرور.

ويرد في الشكل (أ-١) أمثلة على الشقوق التمساحية (الكلال) – مستويات الشدة المختلفة.

كيفية القياس:

تُقاس الشقوق التمساحية بالمتر المربع (قدم مربع) من المساحة السطحية. تكمن الصعوبة الرئيسة في قياس هذا النوع من العيوب في وجود مستويين أو ثلاثة مستويات من الخطورة، غالبًا داخل منطقة واحدة متدهورة. وإذا كان من السهل تمييز هذه الأجزاء عن بعضها البعض؛ فينبغي قياسها وتسجيلها بشكل منفصل، لكن إذا تعذر تقسيم مستويات الشدة المختلفة بسهولة؛ فينبغي تصنيف المنطقة أكملها بأعلى درجة من الشدة. في حال حدوث الشقوق التمساحية والتخدد في نفس المنطقة؛ يُسجل كل عيب منهما على حدة كمستوى شدة منفصل.



الشكل (أ–١) أمثلة على الشقوق التمساحية (الكلال)- مستويات الشدة المختلفة.

أ-١-٢ نزف (طفح):

الوصف:

النزف (طفح) عبارة عن طبقة من مادة بيتومينية على سطح الرصف، تخلق سطحًا عاكسًا لامعًا شبيهًا بالزجاج، يصبح -عادةً- لزجًا جدًا. يحدث النزف بسبب الكميات الزائدة من الأسمنت الأسفلتي أو القطران في المزيج، أو بسبب التطبيق الزائد للمواد مانعة التسرب من البيتومين، أو محتوى منخفض من الفراغ الهوائي، أو مزيج من ذلك. يحدث ذلك عندما يملأ الأسفلت فراغات الخليط

خلال الطقس الحار، ثم يتمدد إلى سطح الرصف. نظرًا لأن عملية النزف لا يمكن عكسها خلال الطقس البارد؛ فسوف يتراكم الأسفلت أو القطران على السطح.

مستويات الشدة:

منخفض: لا يحدث النزف إلا بدرجة طفيفة جدًا، ولا يمكن ملاحظته إلا خلال أيام قليلة فقط خلال العام. لا يلتصق الأسفلت بالأحذية أو المركبات.

متوسط: حدوث نزف؛ لدرجة أن الأسفلت يلتصق بالأحذية والمركبات، خلال أسابيع قليلة فقط من العام.

مرتفع: حدوث نزف بصورة كبيرة؛ فكميات كبيرة من الأسفلت تلتصق بالأحذية والمركبات خلال عدة أسابيع على الأقل في العام.

ويرد في الشكل (أ-٢) أمثلة على مستويات النزف للأنواع الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

يُقاس النزف بالمتر المربع (قدم مربع) من المساحة السطحية. إذا حُسب النزف؛ فلا ينبغي حساب الركام المصقول.

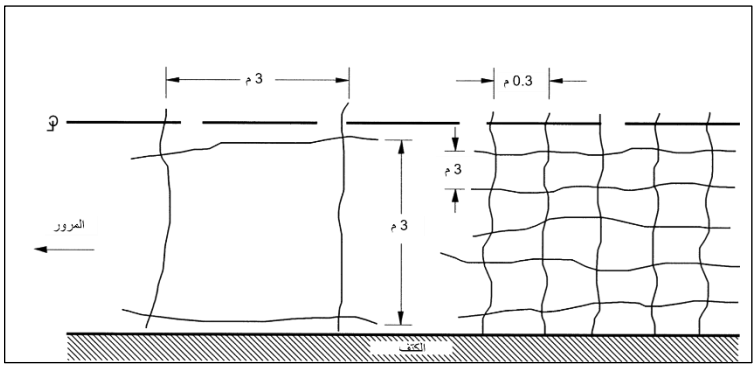


الشكل (أ–٢) أمثلة على مستويات النزف - مستويات الشدة المختلفة.

أ-١-٣ الشقوق الشبكية:

الوصف:

الشقوق الشبكية؛ هي: عبارة عن شقوق مترابطة، تقسم الرصف إلى قطع مستطيلة تقريبًا. يمكن أن يتراوح حجم الشق الشبكي تقريبًا من ٠,٣ × ٠,٣ متر (١ × ١ قدم) إلى ٣ × ٣ أمتار (١٠ × ١٠ أقدام). يحدث التشقق الشبكي -بشكل أساسي- بسبب انكماش الخرسانة الأسفلتية، ودورة الحرارة خلال اليوم؛ ما ينتج عنه دورة من الإجهاد/الضغط يوميًا لا يرتبط بالأحمال. تشير الشقوق الشبكية -عادةً- إلى أن الأسفلت قد تصلب بشكل كبير. تحدث الشقوق الشبكية -عادةً- فوق جزء كبير من منطقة الرصف، ولكن في بعض الأحيان تحدث في المناطق غير المرورية فقط. يختلف هذا النوع من العيب عن الشقوق التمساحية؛ حيث إن الشقوق التمساحية تشكل قطعًا أصغر، متعددة الجوانب، وبزوايا حادة. بخلاف الشقوق الشبكية؛ تحدث الشقوق التمساحية بسبب كثرة الأحمال المرورية، لذا لا توجد إلا في مناطق المرور، أي مسارات العجلات. ويرد وصف للشقوق الشبكية في الشكل (أ-٣).



الشكل (أ–٣) وصف الشقوق الشبكية

مستويات الشدة:

منخفض: تُحدد الشقوق الشبكية على أنها شقوق منخفضة الشدة.

متوسط: تُحدد الشقوق الشبكية على أنها شقوق متوسطة الشدة.

مرتفع: تُحدد الشقوق الشبكية على أنها شقوق مرتفعة الشدة.

ويرد في الشكل (أ-٤) أمثلة على الشقوق الشبكية للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة التي تم توضيحها بالفعل.

كيفية القياس:

تقاس الشقوق الشبكية بالمتر المربع (القدم المربع) من مساحة السطح. يحدث ذلك -عادةً- عند مستوى محدد من الشدة، في مقطع رصف معين. إذا كان من السهل تمييز المناطق ذات مستويات الشدة المختلفة عن بعضها؛ فينبغي قياسها وتسجيلها بشكل منفصل.



الشكل (أ–٤) أمثلة على الشقوق الشبكية- المستويات المختلفة للشدة.

أ-١-٤ التحدبات والتقعرات:

الوصف:

التحدبات؛ هي: ارتفاع صغير للأعلى، محدد في سطح الرصف. وهي تختلف عن البروزات؛ في أن البروزات تنتج عن الرصف غير المستقر. من ناحية أخرى يمكن أن تحدث التحدبات بسبب عدة عوامل؛ تتضمن:

- التواء أو بروز ألواح خرسانة الأسمنت البورتلاندي، عند تراكب الخرسانة الأسفلتية، فوق رصف خرسانة الأسمنت البورتلاندي.
- رفع الصقيع (جليد، ونمو طبقات).
- تخلل المواد وتراكمها في الشق، بالاقتران مع الأحمال المرورية (يسمى ذلك أحيانًا تخييم).

التقعرات؛ هي: انخفاض صغير ومفاجئ في سطح الرصف. إذا ظهرت التحدبات في نمط عمودي لتدفق المرور، وكانت متباعدة بمسافات أقل من ٣ أمتار (١٠ أقدام)؛ فإن هذا العيب يسمى: (تموجًا). ينبغي تسجيل الانحراف والإزاحة التي تحدث على مساحات كبيرة من سطح الرصف؛ مما يتسبب في حدوث انحدارات كبيرة أو طويلة في الرصف، أو كليهما، على أنهما (انتفاخ).

مستويات الشدة:

منخفض: تسبب التحدبات والتقعرات جودة ركوب منخفضة الشدة.

متوسط: تسبب التحدبات والتقعرات جودة ركوب متوسطة الشدة.

مرتفع: تسبب التحدبات والتقعرات جودة ركوب متوسطة الشدة.

ويرد في الشكل (أ-٥) أمثلة على التحدبات والتقعرات للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة التي تم توضيحها بالفعل.

كيفية القياس:

تقاس التحدبات والتقعرات بالأمتار الطولية (قدم). في حال حدوث التحدبات جنبًا إلى جنب مع الشقوق؛ يتم تسجيل الشقوق أيضًا.



الشكل (أ–٥) أمثلة على التحدبات والتقعرات - المستويات المختلفة للشدة

أ-١-٥ التموّجات:

الوصف:

التموّج المعروف -أيضًا- باسم: (الخطوط المتعارضة)؛ هو: نتوء على شكل تلال متقاربة، ووديان (تموجات) على أبعاد منتظمة إلى حد ما، وعادة ما تكون بمسافة أقل من ٣ أمتار (١٠ أقدام) على طول الرصف. الحافات متعامدة مع اتجاه المرور. يحدث هذا النوع من العيوب؛ بسبب المرور مع وجود سطح أو قاعدة رصف غير مستقرة.

مستويات الشدة:

منخفض: يسبب التموّج جودة ركوب منخفضة الشدة.

متوسط: يسبب التموّج جودة ركوب متوسطة الشدة.

مرتفع: يسبب التموّج جودة ركوب مرتفعة الشدة.

ويرد في الشكل (أ-٦) أمثلة على التموجات للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

يُقاس التموّج بالمتر المربع (قدم مربع) من المساحة السطحية.



الشكل (أ–٦) أمثلة على التموجات - المستويات المختلفة للشدة.

أ-١-٦ الهبوط:

الوصف:

الهبوطات؛ هي: مناطق محددة في سطح الرصف، ذات ارتفاعات أقل قليلًا من تلك الموجودة في الرصف المحيط بها. في كثير من الحالات لا يمكن ملاحظة المنخفضات الخفيفة إلا بعد هطول المطر؛ عندما تخلق البرك المائية منطقة على شكل (حوض طائر) على الرصف الجاف، ويمكن رصد المنخفضات عن طريق البحث عن البقع التي تسببها المياه الراكدة. تحدث المنخفضات عن طريق هبوط تربة الأساس، أو نتيجة للبناء غير الصحيح. تسبب المنخفضات بعض الخشونة، وعندما تكون عميقة بدرجة كافية أو مملوءة بالماء؛ يمكن أن تتسبب في انزلاق عجلات السيارات.

مستويات الشدة (الحد الأقصى لعمق الهبوط):

منخفض: ١٣ إلى ٢٥ ملم (½ إلى ١ بوصة).

متوسط: ٢٥ إلى ٥٠ ملم (١ إلى ٢ بوصة).

مرتفع: أكثر من ٥٠ ملم (٢ بوصة).

ويرد في الشكل (أ-٧) أمثلة على الهبوطات للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة المذكورة أعلاه.

كيفية القياس:

تُقاس المنخفضات بالمتر المربع (قدم مربع) من المساحة السطحية.



الشكل (أ–٧) أمثلة على الهبوطات - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

أ-١-٧ تشققات الحواف:

الوصف:

ينطبق - فقط - على الرصف ذي الجوانب غير المعبّدة. تتقاطع الشقوق هلالية الشكل أو المستمرة -إلى حد ما- مع حافة الرصف،

وتقع على بعد ٠,٦ متر من حافة الرصف المجاور للجانب. تتضمن الشقوق الطولية خارج مسار العجلات وضمن ٠,٦ متر من حافة الرصف. تزداد وتيرة هذا العيب بسبب الأحمال المرورية، ويمكن أن تحدث بسبب ضعف طبقة الأساس أو القاعدة الترابية بسبب الصقيع بالقرب من حافة الرصف. تُصنف المنطقة الواقعة بين الشق وحافة الرصف على أنها متصدعة؛ إذا ما تعرضت للتفكك (أحيانًا إلى الحد الذي تتم فيه إزالة القطع).

مستويات الشدة:

منخفض: تشقق منخفض أو متوسط دون تفكك أو تطاير.

متوسط: تشقق متوسط مع بعض التفكك أو التطاير.

مرتفع: تفكك كبير أو تطاير على طول الحافة.

ويرد في الشكل (أ-٨) أمثلة على تشققات الحواف للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تُقاس تشققات الحواف بالأمتار الطولية (قدم).



الشكل (أ–٨) أمثلة على تشققات الحواف - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

أ-١-٨ تشققات الفواصل الانعكاسية، (من بلاطات خرسانة الأسمنت البورتلاندي الطولية والعرضيّة):

الوصف:

يحدث هذا العيب - فقط - في الرصف ذي الأسطح الأسفلتية، التي وُضعت فوق بلاطات خرسانة الأسمنت البورتلاندي. لا تتضمن الشقوق الانعكاسية الخاصة بأي نوع آخر من القواعد؛ أي: الأسمنت أو الجير المستقر. وهذه الشقوق ناتجة بشكل أساسي عن الحرارة والرطوبة، الناتجة عن حركة بلاطات خرسانة الأسمنت البورتلاندي، أسفل سطح الخرسانة الأسفلتية. هذا التدهور ليس مرتبطًا بالأحمال المرورية؛ ومع ذلك يمكن أن تؤدي الأحمال المرورية إلى انهيار سطح الخرسانة الأسفلتية بالقرب من الشق. إذا كان الرصف مجزئًا على طول الشق؛ يقال إن الشق قد تشقق وانقسم. ستساعد معرفة أبعاد البلاطة أسفل سطح الخرسانة الأسفلتية على تحديد هذه العيوب.

مستويات الشدة:

منخفض: عند وجود أحد الشروط التالية: عرض الشق غير المملوء أقل من ١٠ ملم (٣⁄٨ بوصة)، أو الشق مملوء أيًا كان عرضه (مملوء بدرجة مقبولة).

متوسط: عند وجود أحد الشروط التالية: عرض الشق غير المملوء أكبر من أو يساوي ١٠ ملم (٨/٣ بوصة) وأقل من ٧٥ ملم (٣ بوصة). وعرض الشق غير المملوء أقل من ٧٥ ملم (٣ بوصة) أو مساويًا لذلك ومحاطًا بشقوق ثانوية خفيفة. أو شق مملوء أيًا كان عرضه محاطا بشقوق ثانوية خفيفة.

مرتفع: عند وجود أحد الشروط التالية: أي شق مملوء أو غير مملوء محاط بشقوق ثانوية بدرجة متوسطة أو مرتفعة الشدة، أو شقوق غير مملوءة أكبر من ٧٥ ملم (٣ بوصة)؛ أو شق أيًا كان عرضه يكون هناك ١٠٠ ملم (٤ بوصة) من الرصف حوله متصدعًا أو متفككًا بشدة.

ويرد في الشكل (أ-٩) أمثلة على تشققات الفواصل الانعكاسية (من بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي الطولية والعرضيّة) للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تقاس تشققات الفواصل الانعكاسية بالأمتار الطولية (قدم). ينبغي تحديد طول وشدة كل شق، وتسجيل ذلك بشكل منفصل. على سبيل المثال: يمكن أن يحتوي الشق الذي يبلغ طوله ١٥ مترًا (٥٠ قدمًا) على ٣ أمتار (١٠ أقدام) من الشقوق مرتفعة الشدة، التي تُسجل جميعًا بشكل منفصل. في حالة حدوث تحدب عند الشق العاكس، يُسجل أيضًا.



الشكل (أ–٩) أمثلة على تشققات الفواصل الانعكاسية (من بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي الطولية والعرضيّة) - المستويات المختلفة للشدة.

أ-١-٩ هبوط الكتف/المسار:

الوصف:

هبوط الكتف/المسار؛ هو: اختلاف في الارتفاع بين حافة الرصف وجانب الطريق. يحدث هذا العيب بسبب تآكل جانب الطريق، أو تسويته، أو بناء الطريق دون ضبط مستوى الكتف.

مستويات الشدة:

منخفض: الفرق في الارتفاع بين حافة الرصف وجانب الطريق أكبر ٢٥ ملم (١ بوصة) وأقل من ٥٠ ملم (٢ بوصة).

متوسط: الفرق في الارتفاع أكبر من٥٠ ملم (٢ بوصة) وأقل من ١٠٠ ملم (٤ بوصات).

مرتفع: الفرق في الارتفاع أكبر من ١٠٠ ملم (٤ بوصات).

ويرد في الشكل (أ-١٠) أمثلة على هبوط الكتف/ المسار للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

يُقاس هبوط الكتف/المسار بالأمتار الطولية (قدم).



الشكل (أ–١٠) أمثلة على هبوط الكتف/ المسار - المستويات المختلفة الشدة.

أ-١-١٠ تشققات طولية وعرضية؛ (تشققات الفواصل الانعكاسية في غير بلاطات خرسانة الأسمنت البورتلاندي):

الوصف:

تكون الشقوق الطولية موازية للخط المركزي للرصف أو باتجاه الإمالة؛ ويمكن أن تكون ناجمة عن:

- بناء رصف الفواصل بين المسارات بصورة سيئة.
- انكماش سطح الخرسانة الأسفلتية؛ بسبب درجات الحرارة المنخفضة، أو تصلب الأسفلت، أو دورة درجة الحرارة خلال اليوم، أو كلًا من ذلك.
- الشق العاكس الناتج عن تشقق تحت الطبقة السطحية؛ بما في ذلك الشقوق في بلاطات خرسانة الأسمنت البورتلاندي، لكن ليس في فواصلها.

تمتد الشقوق العرضية عبر الرصف بزوايا قائمة - تقريبًا - نحو الخط المركزي للرصف أو باتجاه الإمالة. لا ترتبط هذه الأنواع من الشقوق -عادةً- بالأحمال. قياس هذا النوع من التشققات موضح في الشكل (أ-١١)

مستويات الشدة:

منخفض: يوجد أحد الشروط التالية: عرض الشق غير المملوء أقل من ١٠ ملم (٣⁄٨ بوصة)، أو الشق مملوء أيًّا كان عرضه (مملوء بدرجة مقبولة).

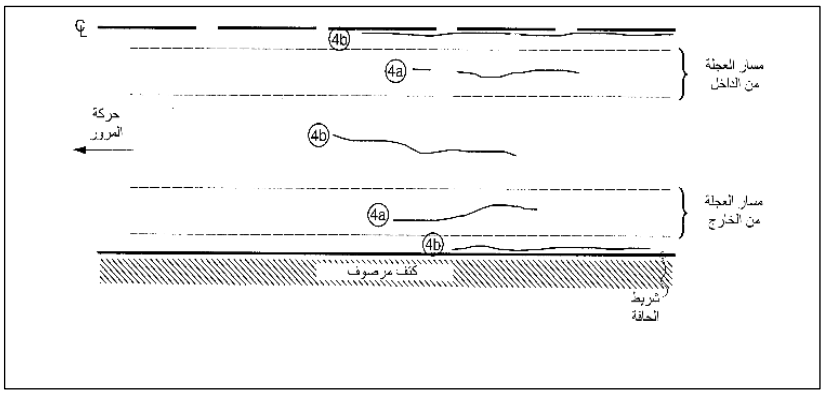
متوسط: يوجد أحد الشروط التالية: عرض الشق غير المملوء أكبر من أو يساوي ١٠ ملم وأقل من ٧٥ ملم (٣⁄٨ إلى ٣ بوصات)، وعرض الشق غير المملوء أقل من ٧٥ ملم (٣ بوصات) أو مساويًا لذلك، ومحاطًا بتشقق عشوائي خفيف أو شق مملوء أيًّا كان عرضه محاط بتشقق عشوائي خفيف.

مرتفع: يوجد أحد الشروط التالية: أي شق مملوء أو غير مملوء محاطًا بتشقق عشوائي متوسط أو مرتفع الشدة، أو شق غير مملوء أكبر من ٧٥ م (٣ بوصات)، أو شق أيًّا كان عرضه ويوجد تقريبًا ١٠٠ ملم (٤ بوصات) من الرصف حوله متفككة بشدة.

ويرد في الشكل (أ-١٢) أمثلة على التشقّقات الطولية والعرضية (تشققات الفواصل الانعكاسية في غير بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي) للمستويات المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تُقاس الشقوق الطولية والعرضية بالأمتار الطولية (قدم). ينبغي تسجيل طول وشدة كل شق. إذا اختلف مستوى الشدة في نفس الشق؛ فينبغي تسجيل كل جزء من الشق بمستوى الشدة الخاصة به بشكل منفصل.



الشكل (أ–١١) قياس تشقّقات طولية وعرضية (تشققات الفواصل الانعكاسية في غير بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي).



الشكل (أ–١٢) أمثلة على التشقّقات الطولية والعرضية (تشققات الفواصل الانعكاسية في غير بلاطات خرسانة الإسمنت البورتلاندي) - المستويات المختلفة للشدة.

أ-١-١١ رقع حفريات المنافع العامة:

الوصف:

الرقعة؛ هي: منطقة من الرصف أُستبدلت بمواد جديدة لإصلاح الرصف الحالي. تعدّ الرقعة عيبًا بغض النظر عن مدى جودة أدائها، (المنطقة التي بها رقعة أو المنطقة المجاورة -عادة- لا تعمل بشكل جيد مثل مقطع الرصف الأصلي). عمومًا يكون هناك بعض الخشونة مرتبط بهذا العيب.

مستويات الشدة:

منخفض: الرقعة في حالة جيدة ومرضية. صُنفت جودة القيادة على أنها منخفضة الشدة أو أفضل.

متوسط: تتلف الرقعة بشكل معتدل، أو تُصنف جودة القيادة على أنها متوسطة الشدة، أو كليهما.

مرتفع: تتلف الرقعة بشكل سيء، أو تُصنف جودة القيادة على أنها مرتفعة الخطورة، أو كليهما، وتحتاج إلى التبديل في أقرب وقت.

ويرد في الشكل (أ-١٣) أمثلة على رقع حفريات المنافع العامة للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تُصنف الرقعة بالقدم^{٢} من مساحة السطح، ومع ذلك إذا كانت الرقعة الواحدة بها مناطق مختلفة الشدة؛ فينبغي قياس هذه المناطق وتسجيلها بشكل منفصل. على سبيل المثال: يمكن أن تحتوي رقعة بمساحة ٢,٥ م^{٢} (٢٧,٠ قدم^{٢}) على ١ م^{٢} (١١ قدمًا^{٢}) متوسطة الشدة و١,٥ م^{٢} (١٦ قدمًا^{٢}) منخفضة الشدة. سيتم تسجيل هذه المناطق بشكل منفصل. لن يتم تسجيل أي عيب عُثر عليه في منطقة وضعت رقعة عليها، ومع ذلك سيُأخذ تأثيره على الرقعة في الاعتبار عند تحديد مستوى شدة الرقعة. على سبيل المثال: لم يتم تسجيل

أي عيوب أخرى في الرقعة. حتى إذا كانت مادة الرقعة تزحف أو تتشقق؛ تُصنف المنطقة على أنها رقعة فقط. إذا أُستبدلت كَميَّة كبيرة من الرصف؛ فلا ينبغي تسجيلها على أنها رقعة، بل ينبغي اعتبارها رصفًا جديدًا؛ مثل: استبدال تقاطع كامل.



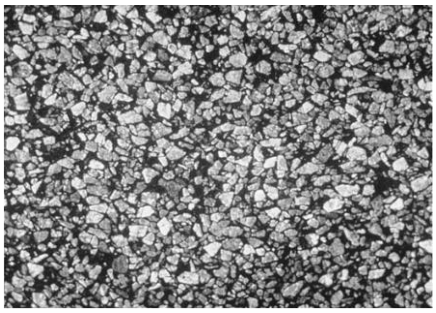
الشكل (أ–١٣) أمثلة على رقع حفريات المنافع للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

أ-١-١٢ الركام المصقول:

الوصف:

هذا العيب يحدث بسبب كثرة الأحمال المرورية. يكون هناك ركام مصقول (الشكل أ-١٤) عندما يكشف الفحص الدقيق للرصف أن جزء الركام الممتد فوق الأسفلت إما صغير جدًا، أو لا توجد جزيئات ركام خشنة، أو زاويّة لتوفير مقاومة جيدة ضد الانزلاق. عندما يصبح الركام الموجود على السطح ناعم الملمس؛ يقل الالتصاق بإطارات المركبة بشكل كبير. عندما يكون جزء الركام الممتد فوق السطح صغيرًا؛ فإن قوام الرصف لا يسهم بشكل كبير في تقليل سرعة المركبة. ينبغي حساب الركام المصقول؛ عندما يكشف الفحص الدقيق أن الركام الممتد فوق الأسفلت لا يكاد يذكر، وأن الركام على السطح أصبح أملسًا عند لمسه.

يدوّن هذا النوع من العيوب؛ عندما يكون الرقم في اختبار مقاومة الانزلاق منخفضًا، أو انخفض بشكل ملحوظ عن التقييم السابق.



الشكل (أ–١٤) الركام المصقول.

مستوى الشدة:

لم تُحدد درجات الشدة؛ ومع ذلك، ينبغي أن تكون درجة الصقل واضحة في وحدة العينة؛ حيث إن السطح الكلي ينبغي أن يكون أملسًا عند لمسه.

كيفية القياس:

يُقاس الركام المصقول بالمتر المربع (قدم مربع) من المساحة السطحية. إذا حُسب التسريب؛ فلا ينبغي حساب الركام المصقول.

أ-١-١٣ الحُفر:

الوصف:

الحفر -عادة- ما يكون قطرها أقل من ٧٥٠ ملم (٣٠ بوصة)، وهي منخفضات على شكل وعاء في سطح الرصف. عادة ما يكون لها حافات حادة، وجوانب رأسية بالقرب من قمة الحفرة. عندما تكون الحفر عن طريق الشقوق التمساحية مرتفعة الشدة؛ ينبغي تحديدها على أنها حفر وليست تآكلًا.

مستويات الشدة:

- مستويات الشدة للحفر التي يقل قطرها عن ٧٥٠ ملم (٣٠ بوصة)؛ تعتمد على قطر وعمق الحفرة، وفقًا للجدول (أ-١)

الجدول (أ–١) مستويات الشدة في الحفرة.

أقصى عمق للحفر	١٠٠ إلى ٢٠٠ ملم (٤ إلى ٨ بوصة)	متوسط القطر (ملم)(بوصة)	
		٢٠٠ إلى ٤٥٠ ملم (٨ إلى ١٨ بوصة)	٤٥٠ إلى ٧٥٠ ملم (١٨ إلى ٣٠ بوصة)
١٣ إلى أُل من أو يساوي ٢٥ ملم (٠,٥ إلى ١ بوصة)	منخفض	منخفض	متوسط
أكبر من ٢٥ و أقل من أو تساوي ٥٠ ملم (١ إلى ٢ بوصة)	منخفض	متوسط	مرتفع
أكبر من ٥٠ ملم (٢ بوصة)	متوسط	متوسط	مرتفع

- إذا كان قطر الحفرة أكبر من ٧٥٠ ملم (٣٠ بوصة)؛ فينبغي تحديد المنطقة بالمتر المربع، وتقسيمها على ٠,٥ م^{٢} (٥,٥ قدم^{٢}) للعثور على العدد المكافئ للحفر.
- إذا كان العمق ٢٥ ملم (١ بوصة) أو أقل؛ تعد الحفر متوسطة الشدة. إذا كان العمق أكبر من ٢٥ ملم (١ بوصة)؛ تعد الحفر مرتفعة الشدة.

ويرد في الشكل (أ-١٥) أمثلة على الحُفر للمستويات الثلاثة (منخفض- متوسط - مرتفع) المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تُقاس الحفر عن طريق حساب العدد؛ ويكون إما منخفضًا، أو متوسطًا، أو مرتفعًا من حيث الشدة، وتسجيلها بشكل منفصل.



الشكل (أ–١٥) أمثلة على الحُفر - المستويات المختلفة للشدة.

أ-١-١٤ تقاطع السكة الحديدية (مزلقان):

الوصف:

التدهور الناتج عن تقاطع السكة الحديدية؛ هو: منخفضات، أو تحدبات حول القطبان، أو بينها، أو كليهما.

مستويات الشدة:

منخفض: يتسبب عبور السكك الحديدية في جودة ركوب منخفضة الشدة.

متوسط: يتسبب عبور السكك الحديدية في جودة ركوب متوسطة الشدة.

مرتفع: يتسبب عبور السكك الحديدية في جودة ركوب مرتفعة الشدة.

ويرد في الشكل (أ-١٦) أمثلة على تقاطعات السكك الحديد للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تُقاس منطقة التقاطع بالمتر المربع (قدم مربع) من المساحة السطحية. إذا كان التقاطع لا يؤثر على جودة القيادة؛ فلا ينبغي احتسابه. ينبغي احتساب أي تحدب كبير ناتج عن القضبان كجزء من التقاطع.



الشكل (أ–١٦) أمثلة على تقاطعات السكك الحديد - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

أ-١-١٥ التخدد:

الوصف:

الأخدود؛ هو: انخفاض سطحي في مسارات العجلات. يمكن أن يحدث ارتفاع في الرصف على طول جوانب الأخدود، ولكن في كثير من الحالات لا يمكن ملاحظة الأخاديد إلا بعد هطول الأمطار؛ عندما تمتلئ المسارات بالماء. ينشأ التخدد نتيجة تشوه دائم في

أيٍّ من طبقات الرصف، أو الطبقات الترابية، وعادة ما يحدث بسبب الحركة المتكررة أو الجانبية للمواد؛ بسبب الأحمال المرورية.

مستويات الشدّة (متوسط عمق الأخدود):

منخفض: ٦ إلى ١٣ ملم (¼ إلى ½ بوصة).

متوسط: ١٣ إلى ٢٥ ملم (أكبر من ½ إلى ١ بوصة).

مرتفع: ٢٥ ملم (أكبرمن١ بوصة).

ويرد في الشكل (أ-١٧) أمثلة على التخدد للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

يُقاس التخدد بالمتر المربع (قدم مربع) من مساحة السطح، وتُحدد خطورته؛ من خلال متوسط عمق الأخدود. يُحسب متوسط عمق الأخدود؛ عن طريق وضع حافة مستقيمة عبر الأخدود، وقياس عمقها، ثم استخدام القياسات المأخوذة على طول الأخدود لحساب متوسط عمقه بالمليمترات.



الشكل (أ–١٧) أمثلة على التخدد -المستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

أ-١-١٦ الزحف:

الوصف:

زحف الطبقات؛ هو: إزاحة دائمة وطولية لمنطقة محددة من سطح الرصف؛ بسبب أحمال المرور. عندما تندفع المرور باتجاه الرصف؛ فإنها تنتج موجة قصيرة مفاجئة في سطح الرصف. عادة ما تحدث هذه المشكلة -فقط- في مزيج أسفلت الرصف السائل غير المستقر (مخفف أو مستحلب).

تحدث عمليات الزحف -أيضًا- عندما يتاخم رصف الأسفلت الرصف المصنوع من خرسانة الأسمنت البورتلاندي. يزداد طول طبقة الرصف المصنوعة من خرسانة الأسمنت البورتلاندي، وتدفع طبقة رصف الأسفلت؛ ما يؤدي إلى حدوث الزحف.

مستويات الشدة:

منخفض: يتسبب الزحف في جودة ركوب منخفضة الشدة.

متوسط: يتسبب الزحف في جودة ركوب متوسطة الشدة.

مرتفع: يتسبب الزحف في جودة ركوب مرتفعة الشدة.

ويرد في الشكل (أ-١٨) أمثلة على الزحف للمستويات الثلاثة (منخفض – متوسط - مرتفع) المختلفة للشدة

كيفية القياس:

يُقاس الزحف بالمتر المربع (قدم) من مساحة السطح. يُعدّ الزحف الذي يحدث في الرقع مشكلة في الرقعة، وليس عيبًا منفصلًا.



الشكل (أ–١٨) الزحف - المستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

أ-١-١٧ تشققات انزلاقية:

الوصف:

التشققات الانزلاقية؛ هي: شقوق هلالية أو على شكل نصف قمر، وعادة ما تكون مستعرضة في اتجاه السير. تحدث عندما يتسبب الكبح أو دوران العجلات في انزلاق سطح الرصف أو تشوهه. عادة ما يحدث هذا العيب في هيئة تداخل، عندما يكون هناك تماسك ضعيف بين السطح والطبقة التالية من هيكل الرصف.

مستويات الشدة:

منخفض: متوسط عرض الشق أقل من١٠ ملم (٣⁄٨ بوصة).

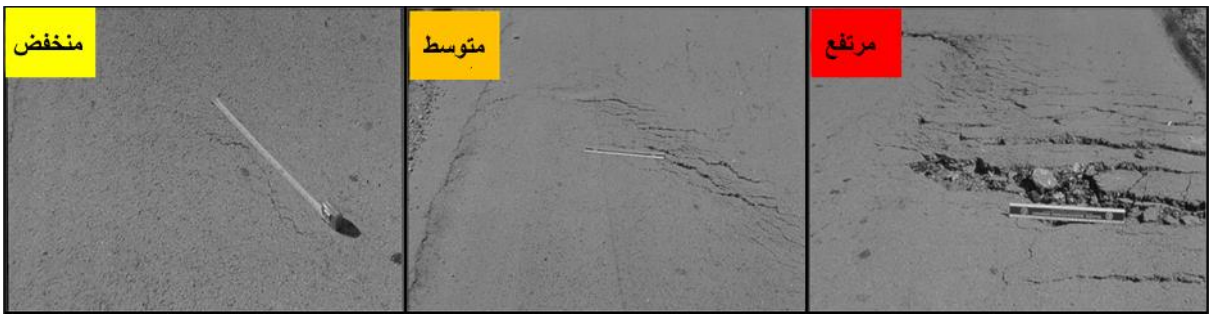
متوسط: يوجد أحد الشروط التالية: متوسط عرض الشق أكبر من او يساوي ١٠ ملم وأقل من ٤٠ ملم (أكبر من أو يساوي٣⁄٨ وأقل من ١١⁄٢ بوصة)، أو أن المنطقة المحيطة بالشق متشظية بشكل معتدل، أو محاطة بشقوق ثانوية.

مرتفع: أحد الشروط التالية موجود: متوسط عرض الشق أكبر من٤٠ ملم (١½ بوصة)، أو المنطقة المحيطة بالشق تنقسم إلى قطع تسهل إزالتها.

ويرد في الشكل (أ-١٩* أمثلة على التشققات الانزلاقية للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة

كيفية القياس:

تُقاس المساحة المصاحبة للشق الانزلاقي بالمتر المربع (قدم مربع)، وتُصنف وفقًا لأعلى مستوى من الشدة في المنطقة.



الشكل (أ–١٩) أمثلة على التشققات الانزلاقية- المستويات المختلفة للشدة.

أ-١-١٨ الانتفاخ:

الوصف:

يتميز الانتفاخ ببروز صاعد في سطح الرصف، وموجة طويلة متدرجة يزيد طولها عن ٣ أمتار (١٠ أقدام). يمكن أن يصاحب الانتفاخ تشقق السطح. عادة ما يكون سبب هذا العيب؛ هو: تأثير الصقيع في القاعدة الترابية، أو بسبب انتفاخ التربة.

مستويات الشدة:

منخفض: يتسبب الانتفاخ في جودة ركوب منخفضة الشدة. ليس من السهل -دائمًا- رؤية الانتفاخات منخفضة الخطورة، ولكن يمكن اكتشافها بالقيادة عند الحد الأقصى للسرعة فوق مقطع الرصف. ستحدث حركة تصاعدية عند الانتفاخ إذا كان موجودًا.

متوسط: يتسبب الانتفاخ في جودة ركوب متوسطة الشدة.

مرتفع: يتسبب الانتفاخ في جودة ركوب مرتفعة الشدة.

ملاحظة: يعتمد مستوى الشدّة على معايير جودة القيادة.

كيفية القياس:

تُقاس مساحة سطح الانتفاخ بالمتر المربع (قدم مربع).

أ-١-١٩ التآكل (تآكل السطح) الأسفلت المكوّن من خليط كثيف:

الوصف:

تآكل طبقة ربط الأسفلت، ومصفوفة الركام الناعم.

مستويات الشدة:

كما هو مستخدم هنا؛ يشير (الركام الخشن) إلى الحجم الكلي الخشن السائد لخليط الأسفلت. يغطي التطاير فقدان أو إزاحة الركام الخشن. عادة ما يحدث تآكل السطح؛ بسبب: الأكسدة، والضغط غير الكافي، ومحتوى الأسفلت غير الكافي، والاستخدام المفرط للرمل الطبيعي، وتآكل المياه السطحية، والمرور. يحدث التآكل بشكل أسرع في المناطق ذات الإشعاع الشمسي العالي.

منخفض: بدأ سطح الأسفلت في إظهار علامات التقادم، التي يمكن أن تتسارع بسبب الظروف المناخية. يمكن ملاحظة فقدان مادة ترابط الركام الناعم، ويمكن أن يكون ذلك مصحوبًا بتلاشي لون الأسفلت. بدأت تتكشف حواف الركام الخشن (أقل من ١ ملم أو ٠,٠٥ بوصة). يمكن أن يكون الرصف جديدًا نسبيًا (قد يكون جديدًا منذ ستة أشهر).

متوسط: يمكن ملاحظة فقد مادة ترابط الركام الناعم، وانكشاف حافات الركام الخشن حتى ¼ العرض (من الجانب الأطول) للركام الخشن؛ بسبب فقد مادة ترابط الركام الناعم.

مرتفع: انكشفت حافات الركام الخشن أكبر من ¼ العرض (من أطول جانب) من الركام الخشن. هناك خسارة كبيرة في مادة ترابط الركام الناعم؛ ما يؤدي إلى احتمال أو خسارة بعض الركام الخشن.

ويرد في الشكل (أ-٢٠) أمثلة على التآكل (تآكل السطح) للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

يُقاس تآكل السطح بالقدم المربع (متر مربع). لا يُسجل تآكل السطح؛ حيث يُسجل تجريف متوسط، أو شديد الخطورة، (أو كليهما).



الشكل (أ–٢٠) أمثلة على التآكل (تآكل السطح) - المستويات المختلفة للشدة.

أ-١-٢٠ التطاير:

الوصف:

التطاير؛ هو: إزاحة جزيئات الركام الخشنة. يمكن أن يكون سبب التطاير؛ عدم كفاية مادة ربط الأسفلت، أو سوء جودة الخليط، أو عدم كفاية الضغط، أو الفصل، أو التجريد.

مستويات شدة الخليط الكثيف:

كما هو مستخدم هنا؛ يشير (الركام الخشن) إلى الحجم الكلي الخشن السائد لخليط الأسفلت، وتشير (تجمعات الركام) إلى حالة فقدان أكثر من قطعة ركام خشنة متجاورة. إذا كان لديك شك بشأن مستوى الخطورة؛ فيجب فحص ثلاث مناطق تمثيلية، لكل ساحة مربعة واحدة (متر مربع)، وينبغي أن يُحسب عدد الجسيمات/تجمعات الركام المفقودة.

متوسط: خسارة كبيرة في الركام الخشن، أكبر من ٢٠ لكل ياردة مربعة (متر مربع)، أو وجود تجمعات من الركام الخشن المفقود، (أو كلاهما).

مرتفع: السطح خشن للغاية ومنقور، ويمكن إزالته بالكامل في بعض الأماكن.

ويرد في الشكل (أ-٢١) أمثلة على التطاير للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

يُقاس التجريف بالقدم المربع (متر مربع) من مساحة السطح. الضرر الميكانيكي الناجم عن أشياء؛ مثل: سحب الخطاف، أو حافات الإطارات، أو كاسحات الجليد يُحسب على أنه تجريف. في حال وجود تجريف؛ لا يُسجل التآكل (تآكل السطح).



الشكل (أ–٢١) أمثلة على التطاير - المستويات المختلفة للشدة.

أ-٢ حساب مؤشر حالة الرصف للرصف الأسفلتي:

يُحسب مؤشر حالة الرصف للرصف الأسفلتي؛ من خلال الخطوات التالية:

١- أخذ العينات ووحدات العينة:

١-١ تحديد فروع الرصف ذات الاستخدامات المختلفة؛ مثل: الطرق، والمواقف على مخطط تخطيط الشبكة.

١-٢ تقسيم كل فرع إلى مقاطع؛ بناءً على تصميم الرصف، وسجل البناء، وحركة المرور، والحالة.

١-٣ تقسيم مقاطع الرصف إلى وحدات نموذجية. إذا كانت بلاطات الرصف في خرسانة الأسمنت البورتلاندي بها تباعد في الفواصل أكبر من (٨ م)؛ فتُقسّم كل بلاطة إلى بلاطات تخيلية. ينبغي أن يكون طول البلاطات التخيلية أقل من أو يساوي (٨ أمتار)، ويفترض أن تكون الفواصل التخيلية التي تُقسّم البلاطات في حالة ممتازة. هذا ضروري؛ لأن قيم الخصم المحددة للبلاطات الخرسانية المفصلية أقل من أو تساوي ٨ م (٢٥ قدمًا).

١-٤ ينبغي وضع علامات على وحدات العينات الفردية التي ستُفحص، أو تحديدها بطريقة تسمح للمفتشين وموظفي مراقبة الجودة تحديد مواقعها بسهولة على سطح الرصف. علامات الطلاء على طول الحافة، والرسومات ذات المواقع المتصلة بميزات الرصف المادية مقبولة. من الضروري أن تكون قادرًا على نقل وحدات العينة بدقة؛ للسماح بالتحقق من بيانات العيوب

الحالية، وفحص التغييرات في الحالة -مع مرور الوقت- لعينة محددة، ولتمكين عمليات التفتيش المستقبلية لوحدة العينة نفسها إذا رغبت في ذلك.

١-٥ تحديد وحدات العينة المراد فحصها. يمكن أن يختلف عدد وحدات العينة التي ستُفحص عمّا يلي: جميع وحدات العينة في المقطع، أو عدد من وحدات العينة التي توفر مستوى ثقة بنسبة ٩٥٪، أو أقل.

١-٥-١ يمكن فحص جميع وحدات العينة في المقطع؛ لتحديد متوسط مؤشر حالة الرصف للمقطع. عادة ما يُستبعد ذلك لأغراض الإدارة الروتينية؛ من خلال القوى العاملة، والأموال، والوقت المتاح. ومع ذلك فمن المستحسن أخذ العينات الإجمالية لتحليل المشروع؛ للمساعدة في تقدير كميات الصيانة، وإعادة التأهيل.

١-٥-٢ يُحسب الحد الأدنى لعدد وحدات العينة (n) (الشكل أ-٢٢) -التي يجب مسحها داخل مقطع معين للحصول على تقدير مناسب- إحصائيًا (ثقة بنسبة ٩٥٪) من مؤشر حالة الرصف للمقطع؛ باستخدام الصيغة التالية، وتقريب n إلى أعلى رقم صحيح تالٍ؛ (انظر المعادلة أ -١) أو الشكل (أ-٢٣) المستخدم.

المعادلة (أ-١)

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1)+s^2)}$$

حيث إن:

e = خطأ مقبول في تقدير مؤشر حالة الرصف للمقطع، وعادةً، e= ± ٥ نقاط في مؤشر حالة الرصف.

s = الانحراف المعياري لمؤشر حالة الرصف من وحدة عينة إلى أخرى داخل المقطع. عند إجراء الفحص الأولي؛ يُفترض أن يكون الانحراف المعياري ١٠ للرصف المرن، و١٥ للرصف الصلب. ينبغي التحقق من هذا الافتراض -كما هو موضح أدناه- بعد تحديد قيم مؤشر حالة الرصف. لعمليات الفحص اللاحقة؛ ينبغي استخدام الانحراف المعياري عن الفحص السابق لتحديد n.

N = العدد الإجمالي لوحدات العينة في المقطع.

١-٥-٣ إذا كان الحصول على مستوى ثقة بنسبة ٩٥٪ أمرًا بالغ الأهمية؛ فيجب تأكيد كفاية عدد وحدات العينة التي مُسحت. يُقدر عدد وحدات العينة؛ بناءً على الانحراف المعياري المفترض. احسب الانحراف المعياري الفعلي؛ على النحو التالي (انظر: المعادلة أ-٢):

المعادلة (أ-٢)

$$s = \sqrt[2]{\frac{(PCI_i - PCI_s)^2}{n-1}}$$

حيث إن:

PCI_i = PCI لوحدات العينة التي تم مسحها i.

PCI_s = PCI للمقطع (يعني PCI لوحدات العينة التي مُسحت).

و n = إجمالي عدد وحدات العينة التي مُسحت.

١-٥-٤ احسب الحد الأدنى المنقح لعدد وحدات العينة (المعادلة أ-١) المراد مسحها؛ باستخدام الانحراف المعياري المحسوب (المعادلة أ-٢). إذا كان العدد المنقح لوحدات العينة المراد مسحها أكبر من عدد وحدات العينة التي مُسحت بالفعل؛ فحدد وحدات عينة عشوائية إضافية وقم بمسحها. ينبغي تباعد وحدات العينة هذه بالتساوي عبر المقطع. كرر عملية التحقق من العدد المنقح لوحدات العينة، ومسح وحدات العينة العشوائية الإضافية؛ حتى يساوي أو يتجاوز العدد الإجمالي لوحدات العينة

التي مُسحت الحد الأدنى المطلوب من وحدات العينة (n) في المعادلة (١٠-١)؛ باستخدام الانحراف المعياري الإجمالي الفعلي للعينة.

١-٥-٥ بمجرد تحديد عدد وحدات العينة المراد فحصها؛ قم بحساب الفاصل الزمني بين الوحدات، باستخدام أخذ العينات العشوائي المنتظم. تُباعد العينات بالتساوي في جميع أنحاء المقطع مع اختيار العينة الأولى عشوائيًا. تُحسب فترة التباعد (i) للوحدات التي سيُأخذ عينات منها؛ بواسطة الصيغة التالية مقربة إلى أدنى رقم صحيح تالي:

المعادلة (أ-٣) $$i = N / n$$

حيث إن:

N = العدد الإجمالي لوحدات العينة في المقطع.

n = عدد وحدات العينة التي ستُفحص.

تُختار أول وحدة عينة يتم فحصها عشوائيًا من وحدات العينة من ١ إلى i. تُفحص -أيضا- وحدات العينة داخل مقطع، التي هي زيادات متتالية للفاصل الزمني i بعد أول وحدة تم اختيارها عشوائيًا.

٦-١ يمكن استخدام معدل أخذ عينات أقل من مستوى الثقة ٩٥٪ المذكور أعلاه؛ بناءً على هدف مسح الحالة. على سبيل المثال: تستخدم إحدى الجهات الجدول التالي؛ لاختيار عدد وحدات العينة التي ستُفحص بخلاف تحليل المشروع:

المسح الموضح:

من ١ إلى ٥ وحدات عينة	وحدة عينة واحدة.
من ٦ إلى ١٠ وحدات عينة	وحدتا عينة.
من ١١ إلى ١٥ وحدة عينة	٣ وحدات عينة.
من ١٦ إلى ٤٠ وحدة عينة	٤ وحدات عينة.
أكثر من ٤٠ وحدة عينة	١٠٪.

٧-١ تُفحص وحدات العينة الإضافية -فقط- عند ملاحظة عيب غير ممثل. تُختار وحدات العينة هذه من قبل المستخدم.

٢- حساب مؤشر حالة الرصف (PCI) للرصف الخرساني المرن

١-٢ اجمع الكمية الإجمالية لكل نوع عيب عند كل مستوى الشدة، وسجلها في قسم (إجمالي الخطورة). على سبيل المثال: يوضح الشكل (أ-٢٤) خمسة إدخالات لنوع العيب ١، (الشقوق التمساحية): (5L، و4L، و4L، و8H، و6H) يُلخص العيب عند كل مستوى من مستويات الشدة، ويُدخل في قسم (الشدة الكلية) على أنها ١,٢ م^{٢} (١٣ قدمًا^{٢}) من الشدة المنخفضة و١,٣ م^{٢} (١٤ قدمًا^{٢}) من الشدة المتوسطة. يمكن أن تكون وحدات الكميات؛ إما بالقدم المربع (متر مربع)، أو القدم الخطية (بالأمتار)، أو عدد مرات الحدوث؛ اعتمادًا على نوع العيب.

٢-٢ قسّم الكمية الإجمالية لكل نوع عيب عند كل مستوى شدة من (٢-١) على المساحة الإجمالية لوحدة العينة، واضربها في ١٠٠؛ للحصول على النسبة المئوية للكثافة لكل نوع عيب وشدته.

٣-٢ تحديد قيمة الخصم (DV) لكل نوع عيب، ومجموعة مستوى الشدة من منحنيات قيمة خصم العيوب في نهاية الملحق (أ).

٤-٢ تحديد الحد الأقصى من قيمة الخصم المصححة (CDV). وطريقة تحديد قيمة الخصم المصححة من قيم الخصم (DV) الفردية متماثلة لكل من نوعي الرصف الأسفلتي والرصف الخرساني.

٥-٢ يجب استخدام الإجراء التالي لتحديد الحد الأقصى لـ CDV.

١-٥-٢ في حال عدم وجود قيمة خصم فردية واحدة أو أكبر من اثنين؛ تُستخدم القيمة الإجمالية بدلًا من قيمة الخصم المصححة (CDV) القصوى، في تحديد مؤشر حالة الرصف. وخلاف ذلك يجب تحديد الحد الأقصى من قيمة الخصم المصححة (CDV)؛ باستخدام الإجراء الموضح من (٢-٥-٢ إلى ٢-٥-٥) أدناه.

٢-٥-٢ أدرج قيم الخصم الفردية بترتيب تنازلي؛ على سبيل المثال: في الشكل (أ-٢٤)، ستكون القيم ٢٥,١ و٢٣,٤ و١٧,٩ و١١,٢ و٧,٩ و٧,٥ و٦,٩ و٥,٣.

٢-٥-٣ حدد العدد المسموح به للخصومات، m، من الشكل (أ-٢٥)، أو باستخدام المعادلة (أ-٤):

المعادلة (أ-٤)

$$\boldsymbol{m = 1 + (\frac{9}{98})(100 - HDV) \leq 10}$$

حيث إن:

m= العدد المسموح به للخصومات؛ بما في ذلك الكسور (يجب أن يكون أقل من أو يساوي عشرة)،

وHDV = أعلى قيمة خصم فردي.

[على سبيل المثال: في الشكل (أ-٢٤)، m= ١ + (٩٨ / ٩) (١٠٠– ٢٥,١) = ٧,٩].

٢-٥-٤ يُقلل عدد قيم الخصم الفردية إلى أكبر قيمة خصم لـ m، بما في ذلك الجزء الكسري؛ على سبيل المثال: في الشكل (أ-٢٦)، القيم هي ٢٥,١ و٢٣,٤ و١٧,٩ و١١,٢ و٧,٩ و٧,٥ و٦,٩ و٤,٨ (يتم الحصول على ٤,٨ بضرب (٢-٥-٣) في (٧,٩ – ٧ = ٠,٩)). في حال توفر قيم خصم أقل من m؛ تُستخدم جميع قيم الخصم.

٢-٥-٥ حدد الحد الأقصى من قيمة الخصم المصححة (CDV) بشكل متكرر؛ كما هو موضح في الشكل (أ-٢٦).

٢-٥-٥-١ تحديد إجمالي قيمة الخصم؛ بجمع قيم الخصم الفردية. يتم الحصول على إجمالي قيمة الخصم؛ عن طريق إضافة قيم الخصم الفردية في (٢-٥-٤)، وهي ١٠٤,٧.

٢-٥-٥-٢ حدد q كعدد الخصومات بقيمة أكبر من ٢,٠ ؛ على سبيل المثال: في الشكل (أ-٢٤)، q= ٨.

٢-٥-٥-٣ حدد قيمة الخصم المصححة (CDV) من إجمالي قيمة الخصم وq بالبحث عن منحنى التصحيح المناسب لرصف الخرسانة الأسفلتية، في الشكل (أ-٢٦).

٢-٥-٥-٤ قم بتقليل أصغر خصم فردي؛ بحيث تقل القيمة الأكبر من ٢,٠ إلى ٢,٠ ، وكرر (من ٢-٥-٥-١ إلى ٢-٥-٥-٣)؛ حتى تكون q = ١.

٢-٥-٥-٥ أقصى قيمة خصم مصححة (CDV)؛ هي: القيمة الأعلى من بين قيم الخصم المصححة و تساوي ٥١.

٢-٦ حساب مؤشر حالة الرصف (PCI).

٢-٦-١ احسب مؤشر حالة الرصف (PCI)؛ بطرح أقصى قيمة لقيم الخصم المصححة (CDV) من ١٠٠: PCI= ١٠٠– أقصى قيمة لـ CDV، PCI= ١٠٠– ٥١ = ٤٩.

٢-٦-٢ تصحيح PCI إذا كان هناك عيب، له مستويات شدة متعددة.

٢-٦-٢-١ حالة ذات مستويين من الشدة:

عندما يكون هناك مستويان من الشدة لعيب واحد في نفس وحدة العينة؛ يجب حساب الحسابات كما هو موضح أدناه. x1 = النسبة المئوية للشدة الأقل خطورة، x2 = النسبة المئوية للشدة الأكثر خطورة: X2 = x1 + x2

ينبغي أن تكون قيمة PCI (x1, x2) أعلى عند مقارنتها بـ PCI (٠ وX2)؛ نظرًا لأن PCI (٠ وX2) بها نسبة عيوب أعلى من حيث الشدة. لذا فسيتم حساب PCI لوحدة العينة على أساس X2 وليس x1 وx2.

٢-٦-٢-٢ حالة ذات ثلاث مستويات من الشدة:

عندما يكون هناك ثلاث مستويات من الشدة لعيب واحد في نفس وحدة العينة؛ يجب حساب الحسابات كما هو موضح أدناه.

l أو L = نسبة الكثافة من النسبة المئوية للعيب منخفضة الخطورة.

m أو M = نسبة الكثافة من النسبة المئوية للعيب متوسطة الخطورة.

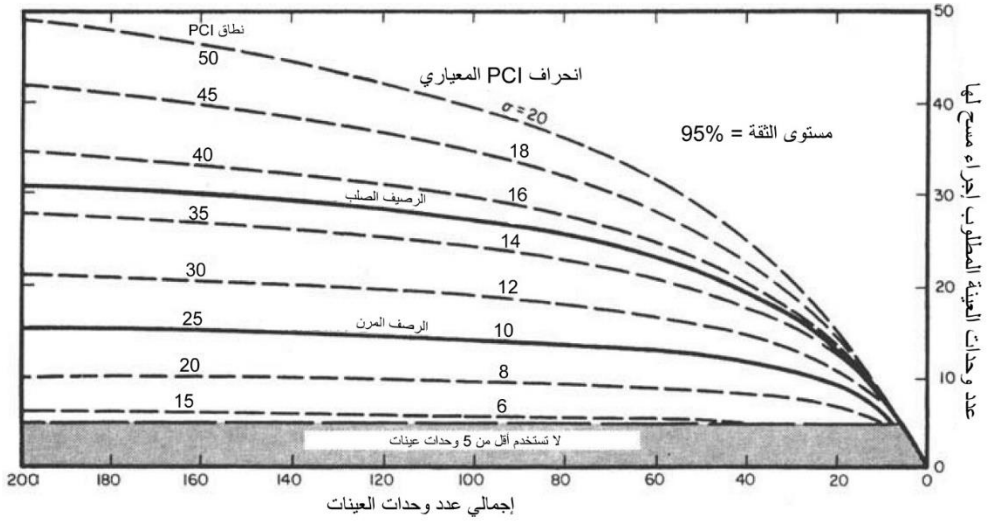
h أو H = نسبة الكثافة من النسبة المئوية للعيب مرتفعة الخطورة.

PCI = مؤشر حالة الرصف للمقطع بكمية عيوب (L أو M أو H)

إبدأ بـ	**العيب**	**قيمة *مؤشر حالة الرصف* (*PCI*)**
المجموعة (l + m) = M	*0, M, h*	*PCI (0, M, h)*
PCI (l, m, h)	*l, m, h*	

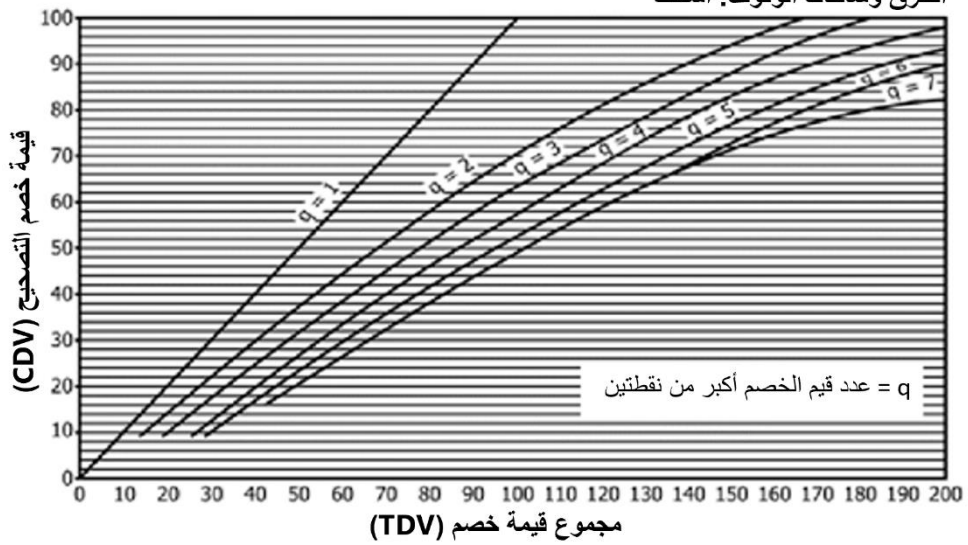
المجموعة H = (*m* + *h*)	*l, 0, H*	*PCI (l, 0, H)*
المجموعة H = (*l* + *h*)	*0, m, H*	*PCI (0, m, H)*
المجموعة H = (*l* + *m* + *h*)	*0, 0, H*	*PCI (0, 0, H)*

قيمة مؤشر حالة الرصف (PCI) (l, m, h) ينبغي أن تكون أكبر عندما تقارن مع PCI (0, M, h)، PCI (l, 0, H)، PCI (m, H)، PCI (H). لذا مؤشر حالة الرصف (PCI) الصحيح او الجديد لعينة الوحدة ينبغي أن يعتمد على المجموعة التي تعطي أكبر قيمة لـ مؤشر حالة الرصف (PCI).



الشكل (أ–٢٢) اختيار الحد الادنى من لعدد وحدات العينة.

الطرق وساحات الوقوف: أسفلت

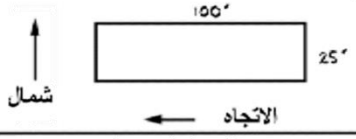


الشكل (أ–٢٣) قيمة خصم التصحيح (CDV).

ورقة بيانات المسح الخاص بالطرق وساحات انتظار السيارات المغطاة بالأسفلت من أجل وحدة العينة

الفرع SPRINGFIELD القسم 001 وحدة العينة 1
المسؤول عن المسح KAK التاريخ 10 يونيو 93 منطقة العينة 2500

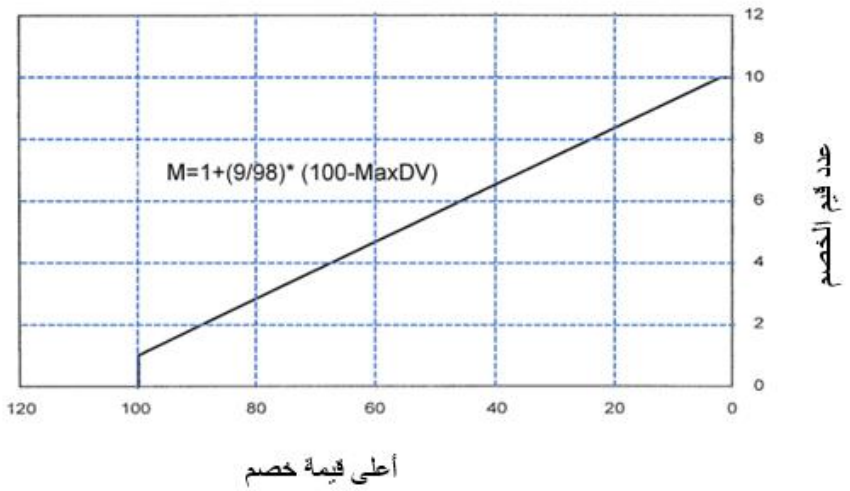
الرسم:



1- تشققات تمساحية (Alligator Cracking)
2- نزف/طفح (Bleeding)
3- تشققات شبكية (Block Cracking)
4- تحدبات وتقعرات (Bumps and Sags)
5- تموجات (Corrugations)
6- هبوطات (Depression)
7- تشققات الحواف (Edge Cracking)
8- تشققات الفواصل الانعكاسية (Jt. Reflection Cracking)
9- هبوط الكتف/المسار (Lane/Shoulder Drop off)
10- تشققات طولية/عرضية (Longitudinal/Transverse Cracking)
11- رقع/حفريات المنافع العامة (Patch/Utility Cut)
12- ركام مصقول (Polished Aggregate)
13- حفر (Potholes)
14- تقاطع سكة حديد/ مزلقان (Railroad Crossing)
15- تخدد (Rutting)
16- زحف (Shoving)
17- تشققات انزلاقية (Slippage Cracking)
18- انتفاخ (Swell)
19- تعرية وتطاير (Weathering & Raveling)

خطورة العيب	الكمية									الإجمالي	الكثافة %	قيمة الخصم
منخفض درجة	1×5	1×4	1×4							13	0.52	7.9
مرتفع درجة	1×8	1×6								14	0.56	23.4
7L	32	15	18	24	41					130	5.20	7.5
8M	20	15	35	27	23	10	13			143	5.72	25.1
11H	3×4	2×5								22	0.88	17.9
13L	1									1	0.04	11.2
15L	4	9	8							21	0.84	6.9
19L	250									250	10.0	5.3

الشكل (أ–٢٤) ورقة استبانة حالة الرصف الأسفلتي.



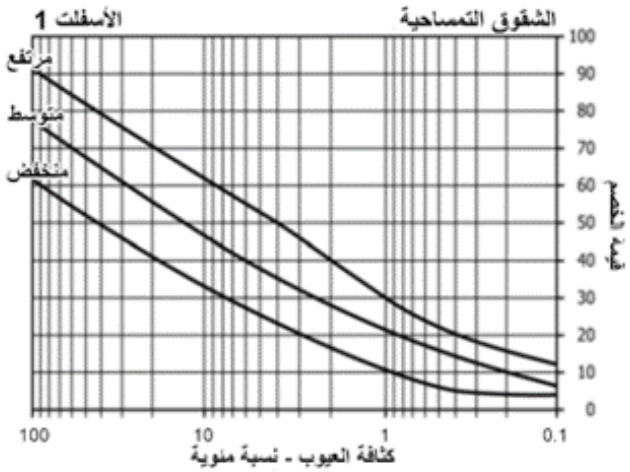
الشكل (أ–٢٥) تعديل عدد قيم الخصم.

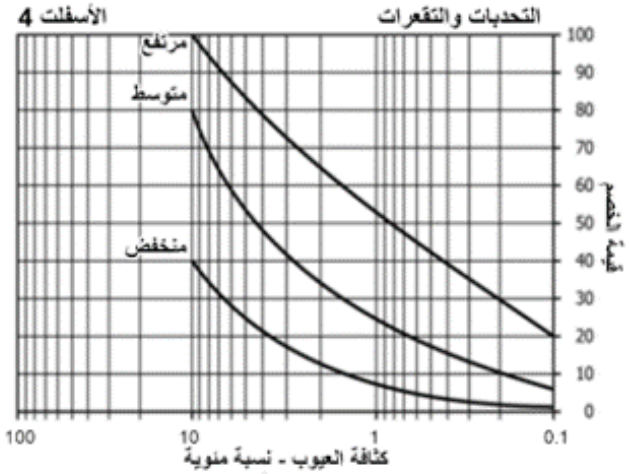
m = 1+ (9/98) (100-25.1) = 7.9 < 8
استخدم 7 قيم الخصم الأعلى و0.9 من القيمة الثامنة.
4.8 = 5.3 × 0.9

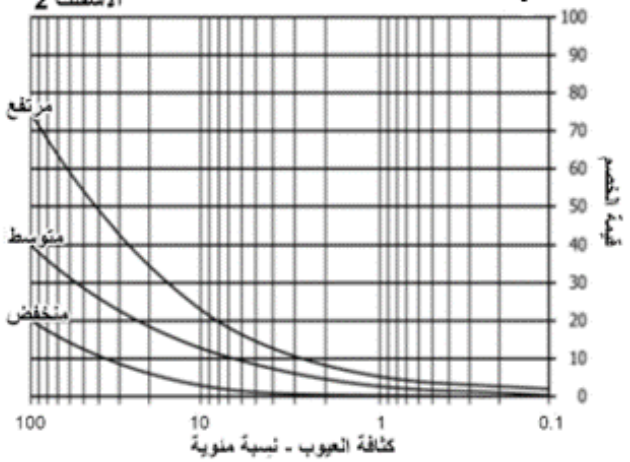
CDV	q	الإجمالي	قيم الخصم										#
51.0	8	104.7			(4.8)	6.9	7.5	7.9	11.2	17.9	23.4	25.1	1
50.0	7	101.9			2	6.9	7.5	7.9	11.2	17.9	23.4	25.1	2
46.0	6	96.0			2	2	7.5	7.9	11.2	17.9	23.4	25.1	3
47.0	5	90.5			2	2	2	7.9	11.2	17.9	23.4	25.1	4
48.0	4	84.6			2	2	2	2	11.2	17.9	23.4	25.1	5
48.0	3	75.4			2	2	2	2	2	17.9	23.4	25.1	6
44.0	2	59.5			2	2	2	2	2	2	23.4	25.1	7
38.0	1	38.1			2	2	2	2	2	2	2	25.1	8
													9
													10

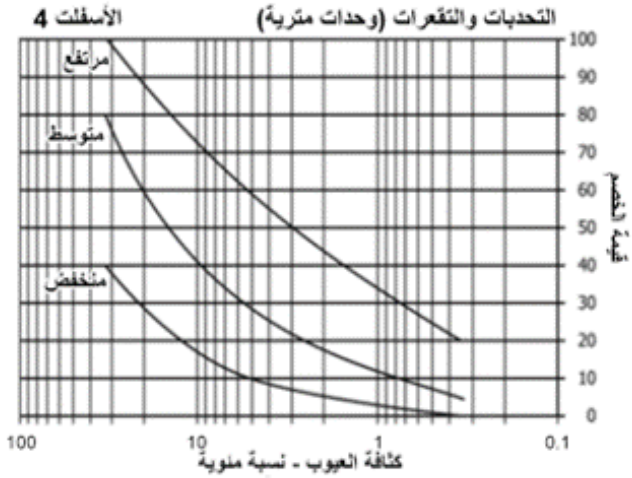
51 = أقصى CDV
49 = PCI= 100-MA×CDV
مقبول = التقييم

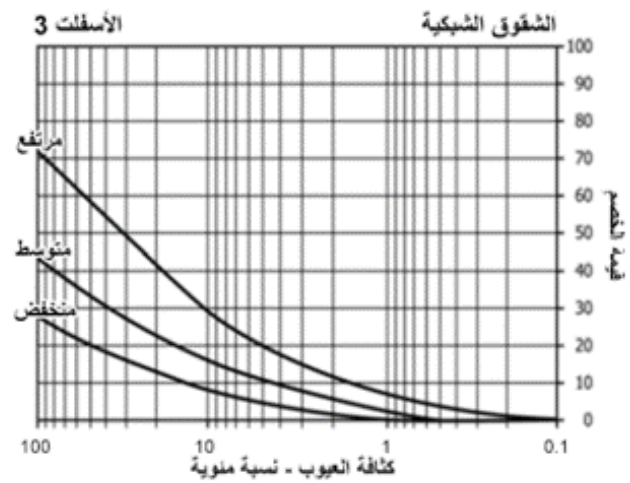
الشكل (أ–٢٦) حساب قيمة PCI المصححة للرصف المرن.

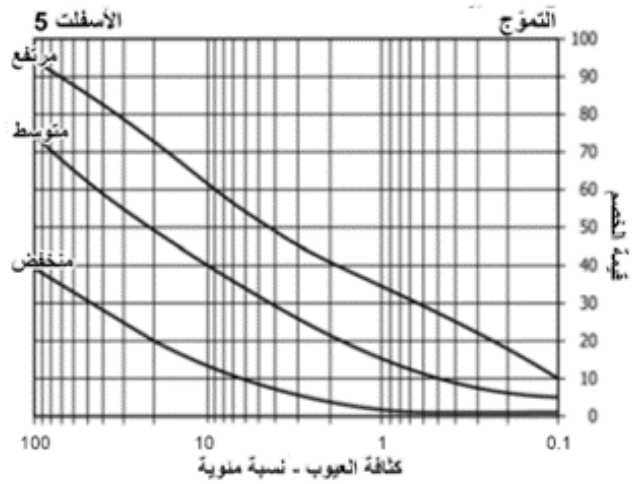
الشقوق التمساحية
الأسفلت 1


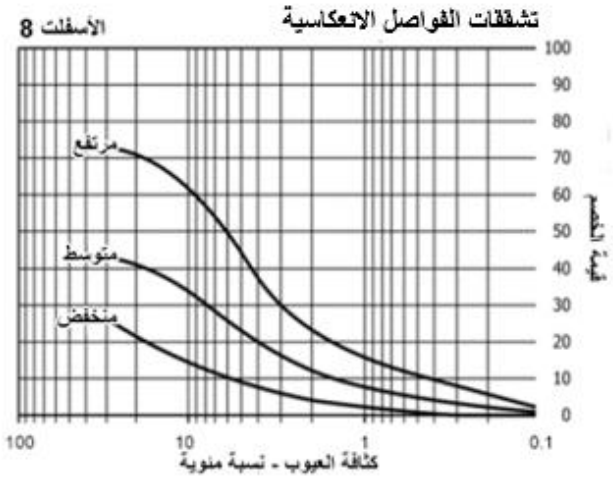
التحدبات والتقعرات
الأسفلت 4


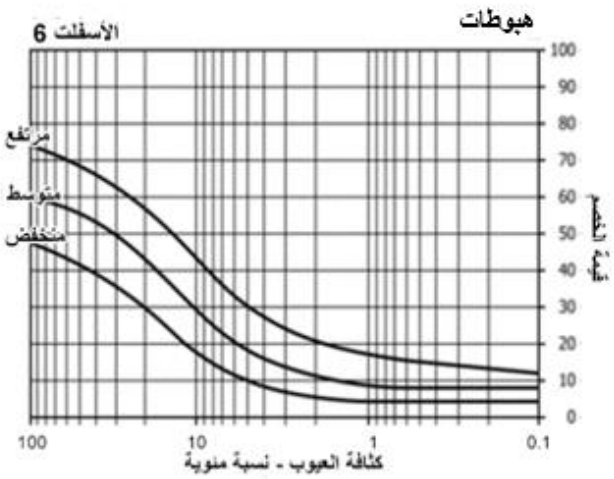
النزف
الأسفلت 2


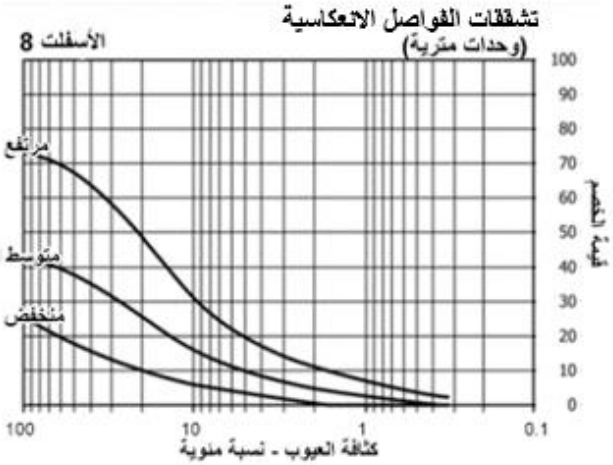
التحدبات والتقعرات (وحدات مترية)
الأسفلت 4


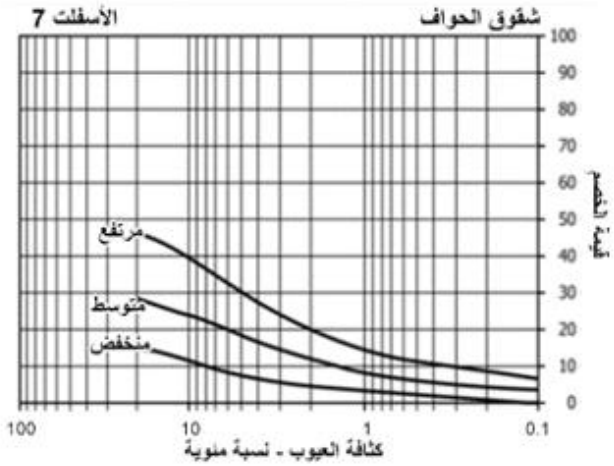
الشقوق الشبكية
الأسفلت 3


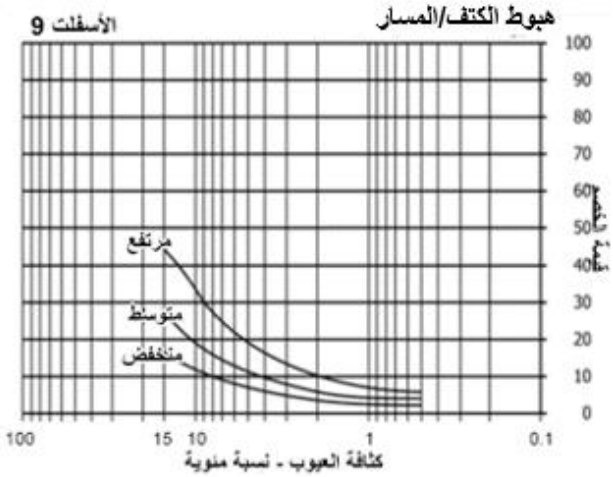
التموّج
الأسفلت 5


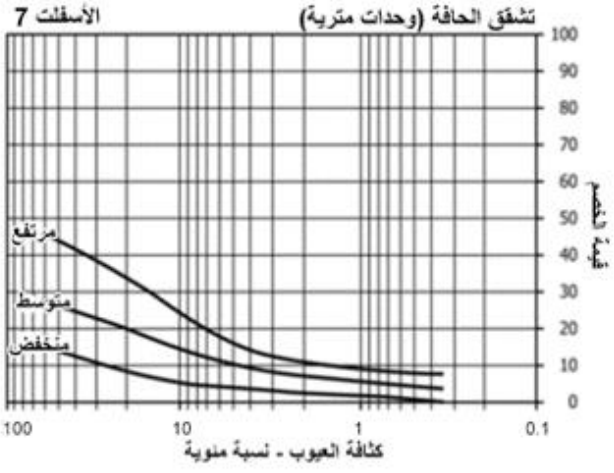

تشققات الفواصل الانعكاسية
الأسفلت 8
مرتفع
متوسط
منخفض
قيمة الخصم
كثافة العيوب - نسبة مئوية


هبوطات
الأسفلت 6
مرتفع
متوسط
منخفض
قيمة الخصم
كثافة العيوب - نسبة مئوية

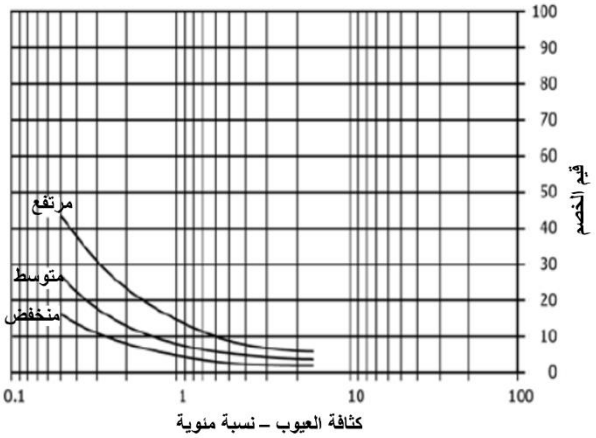

تشققات الفواصل الانعكاسية
(وحدات مترية)
الأسفلت 8
مرتفع
متوسط
منخفض
قيمة الخصم
كثافة العيوب - نسبة مئوية


شقوق الحواف
الأسفلت 7
مرتفع
متوسط
منخفض
قيمة الخصم
كثافة العيوب - نسبة مئوية

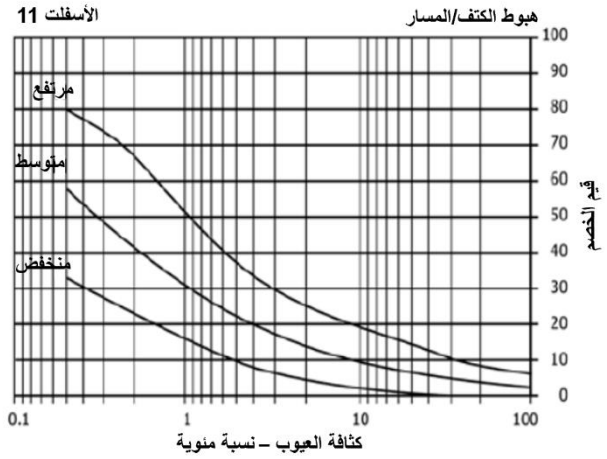

هبوط الكتف/المسار
الأسفلت 9
مرتفع
متوسط
منخفض
قيمة الخصم
كثافة العيوب - نسبة مئوية


تشقق الحافة (وحدات مترية)
الأسفلت 7
مرتفع
متوسط
منخفض
قيمة الخصم
كثافة العيوب - نسبة مئوية

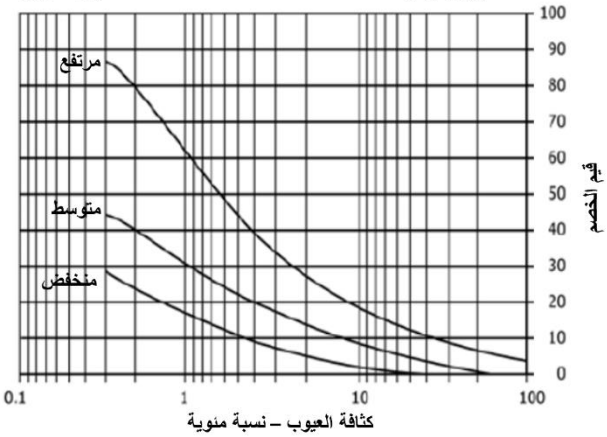
الأسفلت 9



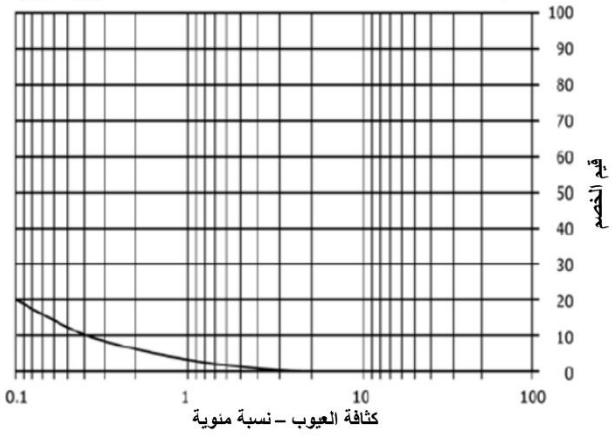
الأسفلت 11 هبوط الكتف/المسار



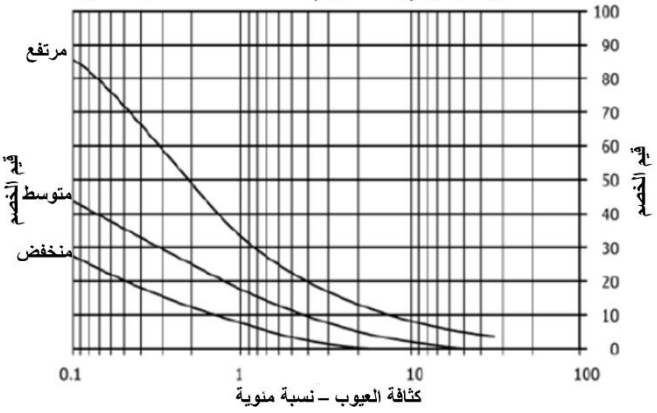
الأسفلت 10 تشققات طولية/عرضية



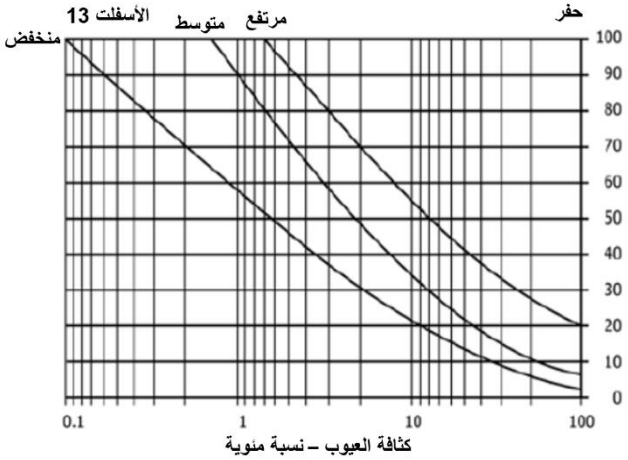
الأسفلت 12 ركام مصقول



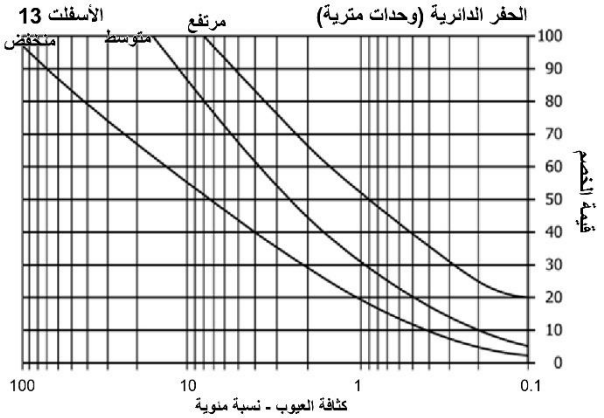
الأسفلت 10 تشققات طولية/عرضية (وحدات مترية)



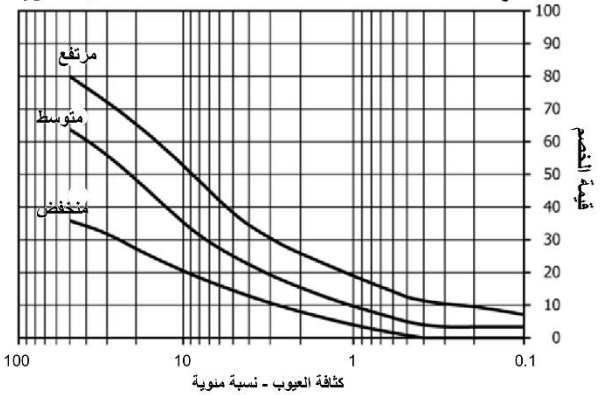
الأسفلت 13 حفر



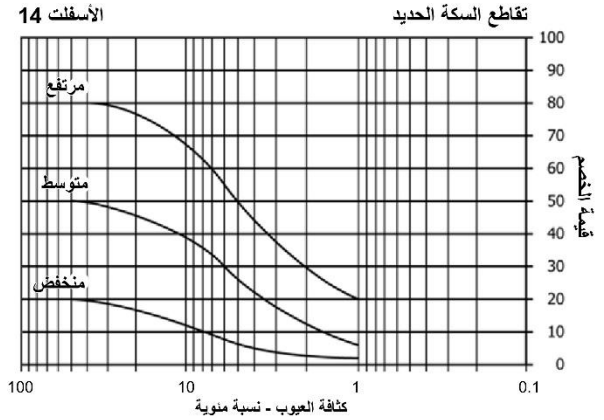
الحفر الدائرية (وحدات مترية) الأسفلت 13



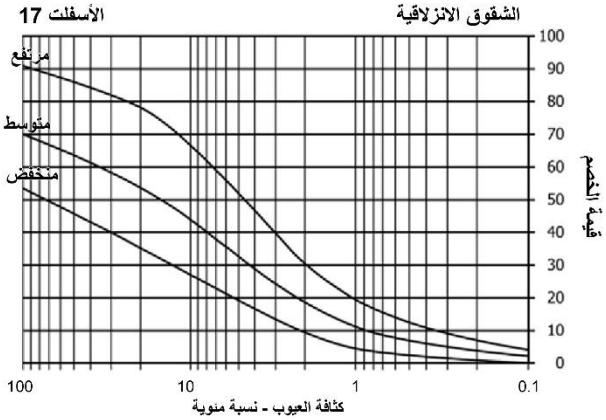
الزحف الأسفلت 16



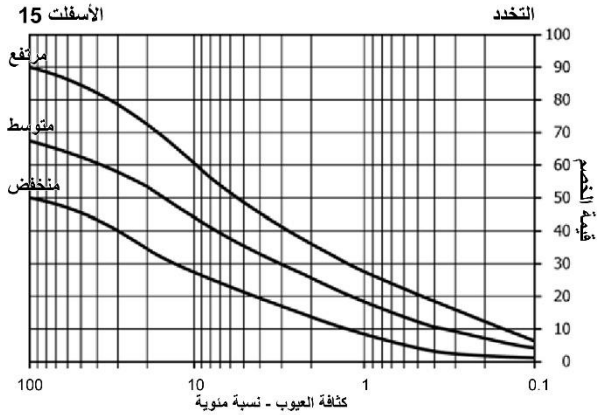
تقاطع السكة الحديد الأسفلت 14



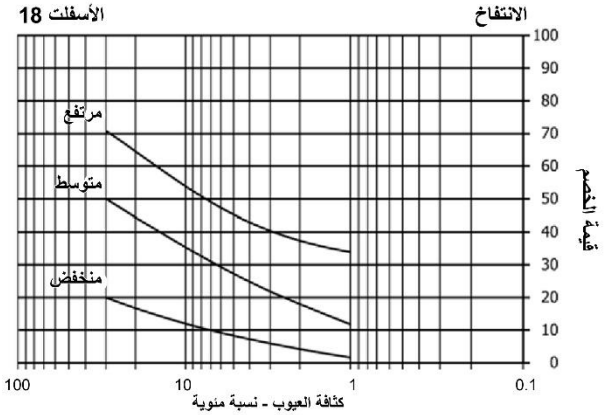
الشقوق الانزلاقية الأسفلت 17

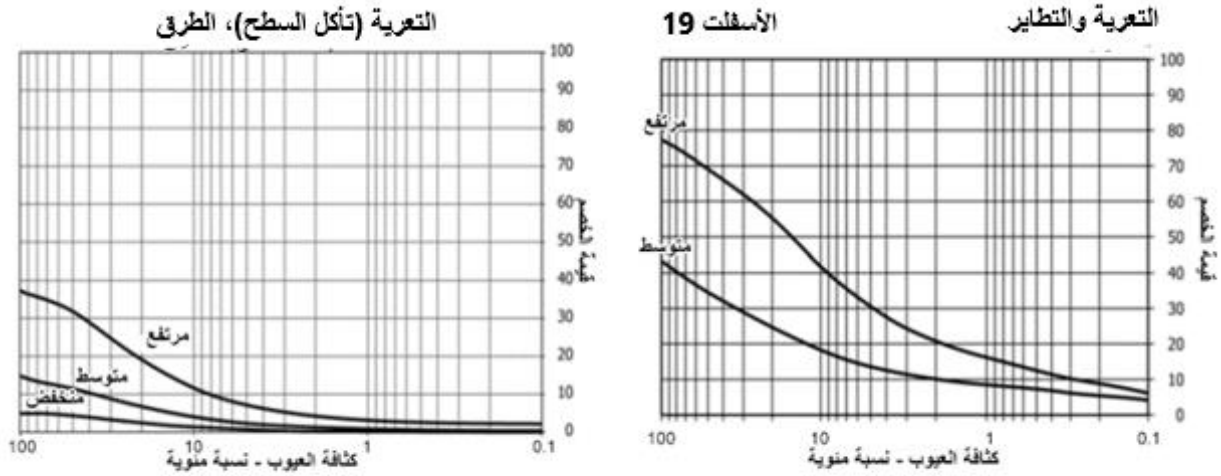


التخدد الأسفلت 15



الانتفاخ الأسفلت 18





الشكل (أ–٢٧) أنواع العيوب وقيمة الخصم بناءً على نوع الأسفلت

أ-٣ حساب مؤشر العيوب الحضرية (UDI) للرصف المرن:

الإجراء المتبع لتطوير مؤشر العيوب الحضرية (UDI)؛ هو كما يلي:

١- تصنيف عيوب الرصف حسب تأثيرها على حالة الرصف؛ كما هو مبين في الجدول (أ-٢).

الجدول (أ–٢) مجموعة تصنيف العيوب.

الرمز	نوع العيب	المجموعة
D1	تشققات الكلال	أ- **التشققات**
D2	التشققات الشبكية	
D3	التشققات الطويلة والعرضية	
D5	الحُفر	ب- **الحُفر**
D6	هبوطات	ج- **تشوه السطح**
D7	التخدد	
D8	الزحف	
D12	تشققات الرقع	د- **عيوب الرقع**
D13	هبوط الرقع	
D14	حفر الرقع	

الرمز	نوع العيب	المجموعة
D15	تآكل الرقع	
D4	الترقيع	٥- **عيوب السطح**
D9	النزف	
D10	الركام المصقول	
D11	**التطاير**	

٢- تعديل كثافة العيوب من Di إلى Di'؛ كما هو موضح في الجدول (ا-٣).

الجدول (أ–٣) قيم الكثافة المعدلة (Di').

مجموعة العيوب	قيم Di					
	٪٠	٪٢	٪١٠	٪٢٥	٪٥٠	٪١٠٠
A	٠	٢٥	٥٥	٧٥	٨٥	١٠٠
B	٠	٣٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠
C	٠	٢٠	٥٠	٧٠	٨٠	١٠٠
D	٠	١٨	٤٨	٦٨	٧٨	١٠٠
E	٠	١٠	٣٠	٥٠	٧٠	١٠٠

٣- في حال وجود عيب واحد، أو إذا كان مجموع مضاعفة نقاط الخصم والكثافات المعدلة (Tij*Di' / 100) أقل أو يساوي ٥؛ فإن الصيغة التالية تنطبق:

$$UDI = 100 - 20 \sum \{(Tij * Di') \div 100\}$$ المعادلة (أ-٥)

٤- إذا كان مجموع مضاعفة نقاط الخصم، والكثافات المعدلة (Tij*Di' / 100)Σ أكبر أو يساوي ٥، فسيحدد -أولا- مجموع كثافة العيب الفعلي (قبل التعديل) (ΣDi) ، وسيعتبر من أجل العيب الذي يعطي أعلى نقاط خصم (Tij) وفقًا للشدة الحالية. ومع ذلك إذا كانت (ΣDi) أكبر من ١٠٠؛ فينبغي اعتبارها ١٠٠. ثم تُعدل الكثافة الجديدة (ΣDi) إلى قيمة Di، ويُحسب UDI كما في الصيغة أعلاه.

٥- يتم الحصول على قيم الخصم (Tij) من الجدول (ا-٤).

الجدول (أ–٤) استخلاص قيم عيوب الرصف في UDI.

العيوب الرمز	نوع العيب	نقاط الخصم (Tij)		
		L	متوسط	مرتفع
D1	تشققات الكلال	٣	٣,٥	**٤,٥**
D2	التشققات الشبكية	٢	٢,٥	**٤**
D3	التشققات الطويلة والعرضية	٢	٢,٥	**٤**
D5	الحُفر	٤	٤,٥	**٥**
D6	هبوطات	٢	٣	**٤**
D7	التخدد	٢,٥	٣	**٤,٥**
D8	الزحف	٢	٣	**٤**
D12	تشققات الرقع	٢	٣	**٤**
D13	هبوط الرقع	٢	٣	**٤**
D14	حفر الرقع	٣	٣,٢	**٤**
D15	تآكل الرقع	٢	٣	**٤**
D4	الترقيع	١	١	**١**
D9	النزف	١,٥	٢	**٣,٥**
D10	الركام المصقول	١,٥	١	**١**
D11	**التطاير**	**٢**	**٢,٥**	**٤**

للتمكين من جمع بيانات عيوب الشوارع المناسبة؛ يجب إرسال فريق من المفتشين لتسجيل أنواع العيوب الحالية، وكمياتها، وشدتها لوحدة العينة في كل مقطع في شبكة الشوارع. تُجمع كل البيانات عن طريق السير فعليًا عبر المقاطع. يمكن أن يكون هذا المؤشر مثالًا على كيفية استفادة جهة الطرق من البيانات المتاحة؛ لتطوير مؤشر حالة الرصف الذي يناسب خصائص شبكة الطرق الخاصة بها.

مثال على حساب UDI:

وحدة عينة للطريق الرئيس: ١٠٠ م × ٢٤ م = ٢٤٠٠ م^{٢} .

الكثافة = مساحة العينة م^{٢} / (كمية العيوب * ١٠٠)

الجدول (أ–٥) أمثلة على حساب UDI.

المجموعة	الرمز	نوع العيب	الكمية الإجمالية			الكثافة (Di)			الكثافة المعدلة Di'		
			منخفضة	متوسط	مرتفع	منخفضة	متوسط	مرتفع	منخفضة	متوسط	مرتفع
A	D1	تشققات الكلال	٤٨	٢٤		٢	١		٢٥	١٢,٥	
	D2	التشققات الشبكية		٥٥			٢,٢٩			٢٦,١	
	D3	التشققات الطويلة والعرضية			٨٠			٣,٣٣			٣٠
B	D5	الحُفر		٣			٠,١٣			١,٩٥	
C	D6	هبوطات									
	D7	التخدد	٤٤			١,٨٣			١٨,٣		
	D8	الزحف									
D	D12	تشققات الرقع									
	D13	هبوط الرقع									
	D14	حفر الرقع									
	D15	تآكل الرقع									
E	D4	الترقيع									
	D9	النزف									
	D10	الركام المصقول									
	D11	**التطاير**									

$$UDI = 100 - 20\ [(25 * 3 + 12.5 * 3.5 + 26.1 * 2.5 + 30 * 4 + 1.95 * 4.5 + 18.3 * 2.5)\ /\ 100]$$

$$UDI = 100 - 20\ (3.585) = 28.3$$

عينة التقييم: سيئ.

الملحق ب: الرصف الصلب:

ب-١ عيوب الرصف الصلب:

ب-١-١ تفجر/التواء:

الوصف:

تحدث الانفجارات أو الالتواءات في الطقس الحار، عادةً عند شق عرضي أو مفصلي ليس عريضًا بما يكفي للسماح بتمدد البلاطة. عادة ما يكون العرض غير الكافي ناتجًا عن تسلل مواد غير قابلة للضغط في مساحة الفواصل. عندما يتعذر على التمدد تخفيف الضغط الكافي؛ ستحدث حركة تصاعدية موضعية لحافات البلاطة (التواء) أو تكسير بالقرب من المفصل. يمكن أن تحدث التفجرات -أيضًا- في أماكن تركيب المنافع، ومداخل صرف المياه.

مستويات الشدة:

منخفض: يتسبب التفجر أو الالتواء في جودة ركوب منخفضة الشدة.

متوسط: يتسبب التفجر أو الالتواء في جودة ركوب متوسطة الشدة.

مرتفع: يتسبب التفجر أو الالتواء في جودة ركوب مرتفعة الشدة.

ويرد في الشكل (ب-١) أمثلة على التفجر/الالتواء للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة

كيفية القياس:

عند حدوث صدع؛ يُحسب الانتفاخ على أنه في بلاطة واحدة، ومع ذلك إذا حدث التفجر في مفصل وأثر على بلاطتين؛ فينبغي تسجيل العيب على أنه حدث في بلاطتين. عندما يجعل التفجر الرصف غير قابل للسير عليه؛ فينبغي إصلاحه على الفور.



الشكل (ب–١) أمثلة على التفجر/الالتواء - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٢ انكسار ركن:

الوصف:

انكسار ركن؛ هو: تشقق يتقاطع مع الفواصل على مسافة أقل من نصف طول البلاطة على كلا الجانبين أو مساوية له، ويُقاس من زاوية البلاطة؛ على سبيل المثال: لوح بقياس ٣,٥ × ٦,٠ م (١١,٥ × ٢٠,٠ قدمًا) به شق بطول ١,٥ مترًا (٥ أقدام) على جانب واحد، و٣,٥ م (١١,٥ قدمًا) على الجانب الآخر؛ لا يعتبر كسرًا في الزاوية بل شقًا قطريًا. ومع ذلك فإن الشق الذي يتقاطع مع ٠,٥ متر (٤ أقدام) من جانب، و٢,٥ متر (٨ أقدام) من الجانب الآخر؛ يعتبر كسرًا في الزاوية. يختلف الكسر في الزاوية عن التشظي في الزاوية؛ في أن الشق يمتد عموديًا عبر سماكة البلاطة بأكملها، بينما يتقاطع التشظي في الزاوية مع المفصل في الزاوية. عادةً ما يتسبب تكرار الأحمال، مع فقدان الدعم، وتموّج نتيجة الأحمال؛ في حدوث كسر في الزاوية.

مستويات الشدة (بلاطات غير مسلحة):

منخفض: يُعرف الكسر على أنه شق منخفض الشدة. شق منخفض الشدة أصغر من ١٣ ملم (½ بوصة)، أو تشققات أيًا كان عرضها مع حشو كافٍ، ودون عيوب. المنطقة بين الكسر والفواصل ليست متشققة، أو ربما ذات تشققات خفيفة.

متوسط: يُعرف الكسر على أنه شق متوسط الشدة، أو أن المنطقة الواقعة بين الكسر والفواصل، أو كلاهما، بها شق متوسط. الشق متوسط الشدة؛ هو: شق غير مملوء أكبر من ١٣ ملم، وأصغر من ٥٠ ملم (أكبر من ١⁄٢ بوصة وأقل من٢ بوصة)، أو شق غير مملوء أصغر من ٥٠ ملم (٢ بوصة) مع شقوق أقل من ١٠ ملم (٣⁄٨ بوصة)، أو أي شق مملوء به عيب أقل من ١٠ ملم (٣⁄٨ بوصة).

مرتفع: يُعرف الكسر على أنه شق مرتفع الشدة، أو أن المنطقة الواقعة بين الكسر والفواصل، أو كلاهما، متشققة بشدة. الشق مرتفع الشدة؛ هو: شق غير مملوء بعرض ٥٠ ملم (٢ بوصة)، أو أي شقوق مملوءة أو غير مملوءة بها عيوب أكبر من١٠ ملم (٣⁄٨ بوصة).

ويرد في الشكل (ب-٢) أمثلة على انكسار الركن للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تُسجل البلاطة المعيبة على أنهن بلاطة واحدة إذا كان لديها:

كسر في زاوية واحدة.

أكثر من كسر ذو شدة معينة.
كسر أو أكثر ذو شدة مختلفة.

في حال وجود كسرين أو أكثر؛ ينبغي تسجيل أعلى مستوى من الشدة. على سبيل المثال: ينبغي حساب البلاطة التي تحتوي على فواصل زوايا منخفضة ومتوسطة الشدة على أنهن بلاطة واحدة مع كسر زاوية متوسط.



الشكل (ب–٢) أمثلة على انكسار الزاوية - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٣ البلاطات المُقسمة:

الوصف:

تُقسم البلاطة عن طريق الشقوق إلى أربع قطع أو أكثر؛ بسبب التحميل الزائد، أو عدم كفاية الدعم، أو كليهما. إذا تم احتواء جميع القطع أو الشقوق داخل كسر في الزاوية؛ يُصنف العيب على أنه كسر شديد في الزاوية.

مستويات الشدة:

يسرد الجدول (ب-١) مستويات الشدة للبلاطات المقسمة.

الجدول (ب–١) مستويات الشدة للبلاطات المقسمة.

مستوى الشدة	الاختلاف في الارتفاع
منخفض	أكبر من ٣ ملم وأقل من ١٠ ملم (أكبر من ٨/١ وأقل من ٨/٣ بوصة)
متوسط	أكبر من ١٠ ملم وأقل من ٢٠ ملم (أكبر من ٨/٣ وأقل من ٤/٣ بوصة)
مرتفع	أكبر من ٢٠ ملم (أكبر من ٤/٣ بوصة)

ويرد في الشكل (ب-٣) أمثلة على البلاطات المُقسمة للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة

كيفية القياس:

إذا كانت البلاطة المقسمة متوسطة أو مرتفعة الشدة؛ فلن يُحتسب عيب آخر لذلك البلاطة.



الشكل (ب–٣) أمثلة على البلاطات - المُقسمة للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٤ شقوق المتانة:

الوصف:

تحدث شقوق المتانة؛ بسبب التمدد الناتج عن التجمد، والذوبان للركام الكبير، الذي بمرور الوقت يكسر الخرسانة تدريجيًا. يظهر هذا العيب -عادةً- كنمط من الشقوق التي تحدث بالتوازي، وقريبة من الفواصل، أو الشق الخطي. نظرًا لأن الخرسانة تصبح مشبعة بالقرب من الفواصل والشقوق؛ فيمكن -عادةً- العثور على رواسب داكنة اللون حول شقوق المتانة الدقيقة. يمكن أن يؤدي هذا النوع من العيوب -في النهاية- إلى تفكك البلاطة بأكملها.

مستويات الشدة:

منخفض: تغطي شقوق المتانة أقل من ١٥٪ من مساحة البلاطة. معظم الشقوق ضيقة، لكن يمكن أن تكون بعض القطع منفصلة أو مفقودة.

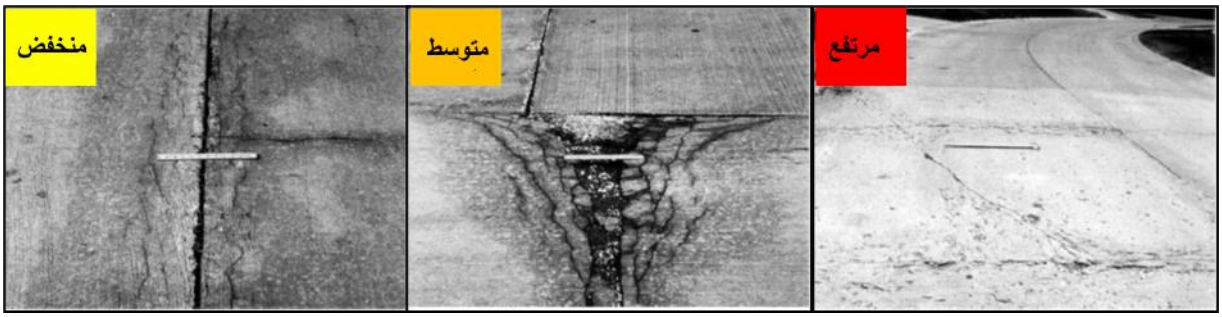
متوسط: يوجد أحد الشروط التالية: تغطي شقوق المتانة أقل من ١٥٪ من المساحة، ومعظم القطع منفصلة، أو مفقودة، أو شقوق المتانة تغطي أكثر من ١٥٪ من المساحة. معظم الشقوق ضيقة، لكن يمكن أن تكون بعض القطع منفصلة، أو مفقودة.

مرتفع: تغطي شقوق فقدان المتانة أكثر من ١٥٪ من المساحة، وقد خرجت معظم القطع، أو يمكن إزالتها بسهولة.

ويرد في الشكل (ب-٤) أمثلة على شقوق المتانة للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة

كيفية القياس:

عندما يُحدد مكان العيب وتصنيفه عند درجة شدة واحدة تُحتسب على أنها بلاطة واحدة. في حال وجود أكثر من مستوى شدة واحد؛ تُحسب البلاطة على أنا بها عيب ذو شدة مرتفعة. على سبيل المثال: إذا كانت شقوق المتانة منخفضة ومتوسطة على نفس البلاطة؛ تُحسب البلاطة على أن بها شقوق متوسطة الشدة فقط.



الشكل (ب–٤) أمثلة على شقوق المتانة - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٥ التصدع:

الوصف:

الصدع؛ هو: الفرق في الارتفاع عبر الفواصل. بعض الأسباب الشائعة للتصدع؛ هي كما يلي:

- التسوية بسبب الأساس الناعم.
- نتوء أو تآكل المواد من تحت البلاطة.
- تموّج حافات البلاطة؛ بسبب تغيرات درجة الحرارة والرطوبة.

مستويات الشدة:

تُحدد مستويات الشدة؛ من خلال الاختلاف في الارتفاع عبر الفاصل، كما هو موضح في الجدول (ب-٢).

الجدول (ب–٢) مستويات شدة التصدع.

شدة التشققات الاساسية	عدد القطع		
	٢ - ٣	٤ - ٥	أكثر من ٥
منخفض	منخفض	منخفض	متوسط
متوسط	منخفض	متوسط	مرتفع
مرتفع	متوسط	مرتفع	مرتفع

ويرد في الشكل (ب-٥) أمثلة على التصدع للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة المذكورة أعلاه.

كيفية القياس:

يُحسب التصدع عبر الفاصل على أنه بلاطة واحدة. تُحتسب البلاطات المتأثرة فقط. لا تُحتسب العيوب عبر الشق على أنها عيب، ولكن يتم أخذها في الاعتبار عند تحديد شدة العيب.



الشكل (ب–٥) أمثلة على التصدع - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٦ تلف عازل الفواصل:

الوصف:

تلف عازل الفواصل؛ هو: أي حالة تمكن التربة أو الصخور من التراكم في المفاصل، أو تسمح بتسرب كبير للمياه. يؤدي تراكم المواد غير القابلة للضغط إلى منع تمدد البلاطة، ويمكن أن يؤدي إلى الالتواء أو التكسير أو التشظي. حشو الفاصل المرن الملتصق بحافات البلاطات يحمي الفواصل من تراكم المواد، ويمنع الماء من التسرب إلى أسفل، ويلين الأساس الداعم للبلاطة. الأنواع النموذجية لتلف عازل الفواصل؛ هي كما يلي:

- نزع عازل الفواصل.
- انبثاق عازل الفواصل.
- نمو الحشائش.
- تصلب الحشو (أكسدة).
- فقدان التماسك مع حافات البلاطة.
- عدم وجود مادة عازلة للفواصل.

مستويات الشدة:

منخفض: يعتبر عازل الفواصل في حالة جيدة -بشكل عام- في جميع أنحاء المقطع. يعمل العازل بشكل جيد، مع تلف طفيف فقط. يكون تلف عازل الفواصل منخفض الخطورة؛ إذا كان عدد قليل من الفواصل يحتوي على مادة عازلة، والتي نُزعت من حافة المفصل، ولكنها لا تزال متصلة به. توجد هذه الحالة إذا كان من الممكن إدخال شفرة سكين بين العازل ووجه الفاصل دون مقاومة.

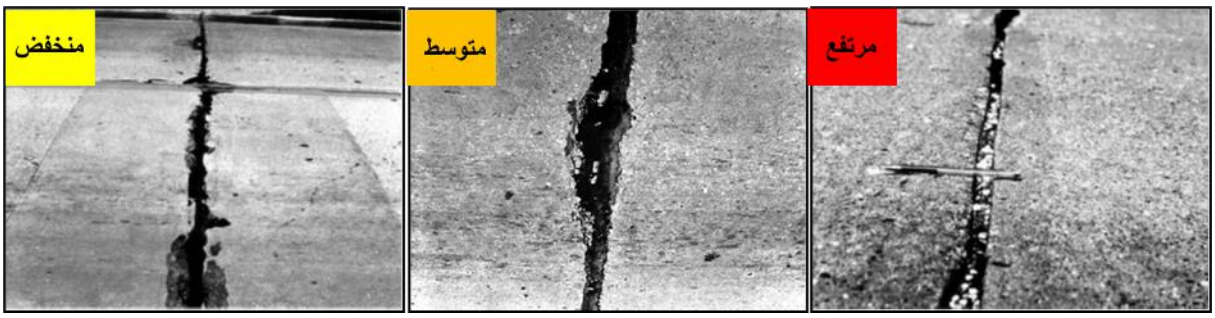
متوسط: يكون عازل الفواصل في حالة مقبولة -عمومًا- عبر المقطع بأكمله، مع حدوث واحد أو أكثر من أنواع الضرر المذكورة أعلاه بدرجة معتدلة. يحتاج العازل إلى الاستبدال في غضون عامين. يكون تلف عازل الفواصل متوسط الشدة؛ إذا كان عدد قليل من الفواصل بها أيٌّ من الشروط التالية: عازل الفواصل في مكانه، ولكن يمكن دخول الماء من خلال فتحات مرئية لا يزيد عرضها عن ٣ ملم (⅛ بوصة). إذا تعذر إدخال شفرة السكين بسهولة بين العازل ووجه الفاصل؛ فإن هذا الشرط غير موجود، والحطام الناتئ واضح في الفاصل، ويتأكسد عازل الفواصل، ويكون بلا فائدة ولكنه مرن (مثل: الحبل)، وعادة ما يملأ فتحة الفاصل، أو أن الغطاء النباتي في الفاصل واضح، ولكنه لا يحجب فتحة الفاصل.

مرتفع: يكون عازل الفواصل في حالة سيئة -عمومًا- عبر المقطع بأكمله، مع حدوث واحد أو أكثر من أنواع الضرر المذكورة أعلاه بدرجة خطيرة. يحتاج العازل إلى استبدال فوري. يكون عازل الفواصل مرتفع الشدة إذا تجاوز ١٠٪ أو أكثر من العازل المعايير المحددة المذكورة أعلاه، أو إذا كان ١٠٪ أو أكثر من مادة العزل مفقودة.

ويرد في الشكل (ب-٦) أمثلة على تلف عازل الفواصل للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة

كيفية القياس:

لا يُحتسب تلف عازل الفواصل على أساس كل بلاطة على حدة، ولكن يُقيم بناءً على الحالة العامة لمادة العزل على المنطقة بأكملها.



الشكل (ب–٦) أمثلة على تلف عازل الفواصل - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٧ هبوط الكتف/المسار:

الوصف:

هبوط المسار/الكتف؛ هو: الفرق بين التسوية أو تآكل الكتف وحافة الرصف لمسار السير. يمكن أن يمثل اختلاف الارتفاع خطرًا على السلامة، ويمكن أن يتسبب -أيضًا- في زيادة تسرب المياه.

مستويات الشدة:

منخفض: الفرق بين حافة الرصف والكتف أكبر من ٢٥ وأصغر من ٥٠ ملم (أكبر من ١ وأقل من أو تساوي٢ بوصة).

متوسط: الاختلاف في الارتفاع أكبر من ٥٠ وأصغر من ١٠٠ ملم (أكبرمن٢ وأقل من أو تساوي ٤ بوصات).

مرتفع: الفرق في الارتفاع أكبر من ١٠٠ ملم (أكبر من ٤ بوصات).

ويرد في الشكل (ب-٧) أمثلة على هبوط الكتف/المسار للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة

كيفية القياس:

يُحسب متوسط انخفاض المسار/الكتف عن طريق حساب متوسط الحد الأقصى والحد الأدنى للانخفاض على طول البلاطة. تُقاس كل بلاطة تُظهر عيبًا بشكل منفصل، وتُحسب على أنها بلاطة واحدة بمستوى الشدة المناسب.



الشكل (ب–٧) أمثلة على هبوط الكتف/المسار - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٨ التشققات الخطية (الشقوق الطولية والعرضية والقُطرية):

الوصف:

هذه الشقوق التي تقسم البلاطة إلى قطعتين أو ثلاث قطع، عادة ما تكون ناتجة عن مزيج من التحميل المروري المتكرر، وتموّج التدرج الحراري، وتحميل الرطوبة المتكرر. (تُحسب البلاطات المقسمة إلى أربع قطع أو أكثر على أنها بلاطات مقسمة.) تُحسب الشقوق الدقيقة -التي يبلغ طولها بضعة أقدام -فقط- ولا تمتد عبر البلاطة بأكملها- على أنها شقوق انكماشية.

مستويات الشدة (بلاطات غير مسلحة).

منخفض: الشقوق غير المملوءة أصغر من أو يساوي ١٣ ملم (أقل من أو يساوي ½ بوصة)، أو الشقوق المملوءة أيًا كان عرضها مع كون الحشو في حالة مُرضية. لا يوجد تصدع.

متوسط: يوجد أحد الشروط التالية: شق غير مملوء بعرض أكبر من ١٣ ملم وأصغر من أو يساوي ٥٠ ملم (أكبر من ½ بوصة وأقل من أو يساوي ٢ بوصة)، شق غير مملوء أيًا كان عرضه أصغر من أو يساوي ٥٠ ملم (٢ بوصة) مع تصدع أصغر من ١٠ ملم (⅜ بوصة)، أو شق مملوء أيًا كان عرضه مع وجود تصدع أصغر من ١٠ ملم (⅜ بوصة).

مرتفع: توجد إحدى الحالات التالية: شق غير مملوء بعرض أكبر من٥٠ ملم (٢ بوصة)، أو شق مملوء أو غير مملوء أيًا كان عرضه مع وجود تصدع أكبر من١٠ ملم (⅜ بوصة).

مستويات الشدة (بلاطات المسلحة).

منخفض: شقوق غير مملوءة أكبر من أو يساوي ٣ وأصغر من ٢٥ ملم (أكبر من أو يساوي ⅛ إلى أقل من ١ بوصة)، شق مملوء وواسع من أي عرض مع كون الحشو في حالة مُرضية. لا يوجد تصدع.

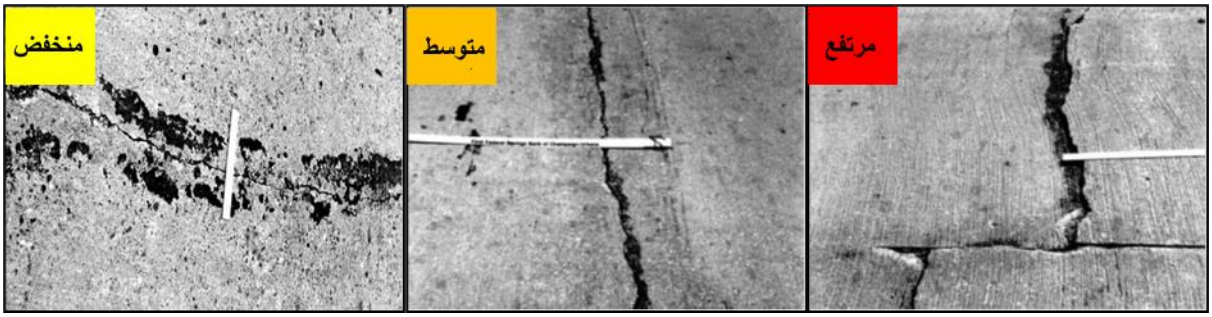
متوسط: يوجد أحد الشروط التالية: شقوق غير مملوءة بعرض أكبر من أو يساوي ٢٥ ملم، وأصغر من ٧٥ ملم (أكبر من أو يساوي ١ بوصة وأقل من ٣ بوصة)، ولا يوجد بها تصدع، وشق غير مملوء من أي عرض أصغر من أو يساوي ٧٥ ملم (٣ بوصة) مع تصدع أصغر من أو يساوي ١٠ ملم (⅜ بوصة)، أو شق مملوء أيًا كان عرضه مع تصدع أصغر من أو يساوي ١٠ ملم (⅜ بوصة).

مرتفع: توجد إحدى الحالات التالية: شق غير مملوء بعرض أكبر من ٧٥ ملم (٣ بوصة)، أو شق واسع أو مملوء أو غير مملوء أيًا كان عرضه مع وجود تصدع أكبر من ١٠ ملم (⅜ بوصة).

ويرد في الشكل (ب-٨) أمثلة على التشققات الخطية للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة

كيفية القياس:

بمجرد تحديد الشدة؛ يُسجل العيب على أنه في بلاطة واحدة. إذا كان هناك شقان متوسطا الشدة داخل بلاطة واحدة؛ تُحسب البلاطة على أنها تحتوي على شق واحد شديد الخطورة. تُحسب البلاطات المقسمة إلى أربع قطع أو أكثر على أنها بلاطات مقسمة. في البلاطات المسلحة؛ تُحسب الشقوق أصغر من ٣ ملم (⅛ بوصة) على أنها شقوق انكماشية. تُقسم البلاطات التي يزيد طولها عن ٩ أمتار (٢٩,٥ قدمًا) إلى ألواح بلاطات الطول -تقريبًا- لها فواصل وهمية؛ يُفترض أنها في حالة ممتازة.



الشكل (ب—٨) أمثلة على التشققات الخطية - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-٩ الترقيع، كبير (أكبر من ٠,٥ م٢ (٥,٥ قدم٢))، وحفر المنافع:

الوصف:

الرقعة؛ هي: منطقة تمت فيها إزالة الرصف الأصلي واستبداله بمواد حشو. حفر المنافع؛ عبارة عن: رقع حلت محل الرصف الأصلي؛ للسماح بتركيب، أو صيانة المنافع تحت الأرض. تُقيم مستويات شدة حفر المنافع؛ وفقًا لنفس معايير الرقع الكبيرة.

مستويات الشدة:

منخفض: الرقعة تعمل بشكل جيد، مع القليل من التدهور، أو انعدامه.

متوسط: الرقعة متضررة بشكل معتدل، أو يمكن رؤية تشظي معتدل حول الحافات، أو كليهما. يمكن إخراج مادة الرقعة بجهد كبير.

مرتفع: الرقعة متضررة بشدة، مدى التدهور يستدعي الاستبدال.

ويرد في الشكل (ب-٩) أمثلة على الترقيع الكبير وحفر المنافع للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

إذا كان بلاطة واحدة تحتوي على رقعة واحدة أو أكثر بنفس مستوى الشدة؛ فإنها تحسب على أنها بلاطة واحدة تحتوي على ذلك العيب. إذا كانت البلاطة الواحدة تحتوي على أكثر من مستوى شدة واحد؛ فإنه يُحسب على أنها بلاطة واحد بمستوى شدة أعلى.



الشكل (ب–٩) أمثلة على الترقيع الكبير وحفر المنافع - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-١٠ الترقيع، صغير (أقل من ٠,٥ م٢ (٥,٥ قدم٢)):

الوصف:

الرقعة؛ هي: منطقة تمت فيها إزالة الرصف الأصلي، واستبداله بمواد حشو.

مستويات الشدة:

منخفض: الرقعة تعمل بشكل جيد مع القليل من التدهور، أو انعدامه.

متوسط: الرقعة متضررة بشكل متوسط. يمكن إخراج مادة الرقعة بجهد كبير.

مرتفع: الرقعة متضررة بشدة. مدى التدهور يستدعي الاستبدال.

ويرد في الشكل (ب-١٠) أمثلة على الترقيع الصغير للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

إذا كانت بلاطة واحدة تحتوي على رقعة واحدة أو أكثر بنفس مستوى الشدة؛ فإنها تحسب على أنها بلاطة واحدة تحتوي على ذلك العيب. إذا كانت البلاطة الواحدة تحتوي على أكثر من مستوى شدة واحد؛ فإنها تُحسب على أنها بلاطة واحدة بمستوى شدة أعلى.



الشكل (ب–١٠) أمثلة على الترقيع الصغير - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-١١ الركام المصقول:

الوصف:

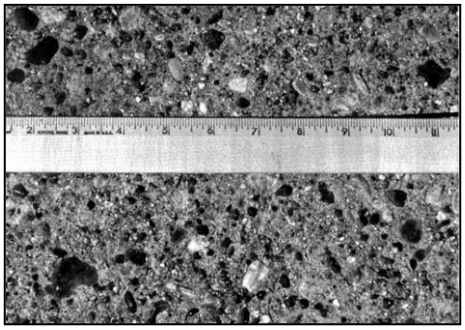
هذا العيب يحدث بسبب كثرة الأحمال المرورية. يوجد الركام المصقول عندما يكشف الفحص الدقيق للرصف أن جزء الركام الممتد فوق مصفوفة الأسفلت إما صغير جدًا، أو لا توجد جزيئات ركام خشنة، أو زاويّة؛ لتوفير مقاومة جيدة للانزلاق. ويرد في الشكل (ب-١١) قياس هذا العيب.

مستويات الشدة:

لم تُحدد درجات الشدة؛ ومع ذلك ينبغي أن تكون درجة الصقل كبيرة، قبل تضمينها في مسح الحالة، وتصنيفها على أنها عيب.

كيفية القياس:

تُحسب البلاطة التي تحتوي على الركام المصقول على أنها بلاطة واحدة.



الشكل (ب–١١) قياس الركام المصقول.

ب-١-١٢ الانتفاخات:

الوصف:

الانتفاخ؛ هو: انفصال قطعة صغيرة من الرصف عن السطح؛ بسبب حركة التجمد والذوبان، جنبًا إلى جنب مع الركام المتمدد. يتراوح قطر الأجزاء المنتفخة -عادة- من ٢٥ إلى ١٠٠ ملم (١ إلى ٤ بوصة)، وعمقها من ١٣ إلى ٥٠ ملم (½ إلى ٢ بوصة). ويرد

قياس الانتفاخات في الشكل (ب-١٢).

مستويات الشدة:

لم تُحدد درجات الشدة للأجزاء المنتفخة؛ ومع ذلك يجب أن تكون الأجزاء المنتفخة كثيفة قبل أن تُحتسب على أنها أحد العيوب. يجب أن يتجاوز متوسط كثافة الأجزاء المنتفخة ما يقرب من ثلاثة أجزاء/م^{٢} فوق مساحة البلاطة بأكملها.

كيفية القياس:

يجب قياس كثافة العيب الموجود. إذا كان هناك أي شك في أن المتوسط أكبر من ثلاثة أجزاء لكل متر مربع؛ فينبغي فحص ثلاث مناطق عشوائية -على الأقل- ١ م^{٢} متر (١١ قدمًا^{٢}). عندما يكون المتوسط أكبر من هذه الكثافة؛ ينبغي احتساب البلاطة.



الشكل (ب–١٢) قياس الانتفاخات.

ب-١-١٣ النضح:

الوصف:

النضح؛ هو: إخراج المواد من أساس البلاطة؛ من خلال الفواصل أو الشقوق. يحدث هذا بسبب انحراف البلاطة تحت وطأة مرور الأحمال. عندما يتحرك الحمل عبر الفاصل بين البلاطات؛ يُدفع الماء -أولًا- تحت البلاطة الأمامية، ثم يُدفع مرة أخرى أسفل البلاطة الخلفية. يؤدي هذا الإجراء إلى تآكل جزيئات التربة، وإزالتها في النهاية؛ ما يؤدي إلى فقدان تدريجي لدعم الرصف. يمكن التعرف على النضح؛ من خلال بقع السطح، وإثبات وجود مادة قاعدية، أو أرضية على الرصف بالقرب من الفواصل أو الشقوق. يحدث الضخ بالقرب من الفواصل؛ بسبب ضعف عازل الفواصل، ويشير إلى فقد الدعم. كما أن التحميل المتكرر سيؤدي في النهاية إلى حدوث شقوق. يمكن أن يحدث النضح -أيضًا- على طول حافة البلاطة ما يؤدي إلى فقدان الدعم. ويرد أمثلة على النضح في الشكل (ب-١٣).

مستويات الشدة:

لم تُحدد درجات الشدة، يكفي الإشارة إلى وجود النضح.

كيفية القياس:

إن وجود فاصل به مشكلة واحدة تسبب فيها النضح بين بلاطتين على أنه عيب في بلاطتين وإذا كانت الفواصل المتبقية حول البلاطة بها مشكلة تسبب فيها النضح -أيضًا- تُضاف بلاطة واحدة لكل فاصل به عيب أدى إلى النضح.



الشكل (ب–١٣) أمثلة على النضح

ب-١-١٤ الثقب:

الوصف:

هذا العيب يتمثل في منطقة موضعية من البلاطة محطمة إلى أجزاء. يمكن أن يتخذ الثقب العديد من الأشكال والأنماط المختلفة، ولكن -عادةً- ما يُحدد بواسطة شق أو فاصل. المسافة بين الفاصل والشق أو شقين متقاربين أصغر من ١,٥ متر (٥ أقدام) عرضًا. يحدث هذا العيب بسبب: الأحمال الثقيلة المتكررة، أو سمك البلاطة غير المناسب، أو فقدان دعامة الأساس، أو نقص البناء الخرساني الموضعي؛ على سبيل المثال: تعشيش الخرسانة.

مستويات الشدة.

يسرد الجدول (ب-٣) مستويات الشدة للثقوب.

الجدول (ب–٣) مستويات الشدة للثقوب.

شدة التشققات الاساسية	عدد القطع		
	٢ - ٣	٤ - ٥	أكثر من ٥
منخفض	منخفض	منخفض	متوسط
متوسط	منخفض	متوسط	مرتفع
مرتفع	متوسط	مرتفع	مرتفع

يرد في الشكل (ب-١٤) أمثلة على مستويات الشدة للثقوب الصغيرة.

كيفية القياس:

إذا كانت البلاطة تحتوي على أكثر من ثقب، أو ثقب وصدع، فيُحسب على أنه محطم.



الشكل (ب–١٤) أمثلة على للثقوب الصغيرة- المستويات المختلفة الشدة.

ب-١-١٥ تقاطع سكة الحديد/مزلقان:

الوصف:

تتميز عيوب عبور السكك الحديدية بالمنخفضات أو المطبات حول المسارات.

مستويات الشدة:

منخفض: يتسبب عبور السكك الحديدية في جودة ركوب منخفضة الشدة.

متوسط: يتسبب عبور السكك الحديدية في جودة ركوب متوسطة الشدة.

مرتفع: يتسبب عبور السكك الحديدية في جودة ركوب مرتفعة الشدة.

ويرد في الشكل (ب-١٥) أمثلة على تقاطع السكة الحديد للمستويات المختلفة للشدة

كيفية القياس:

يُحسب عدد البلاطات التي عبرتها خطوط السكك الحديدية. ينبغي احتساب أي تحدب كبير ناتج عن القضبان بوصفه جزءا من التقاطع.



الشكل (ب–١٥) أمثلة على تقاطع السكة الحديد - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-١٦ التقشّر، والشق الخريطي، والتجزُّع:

الوصف:

يشير الشق الخريطي أو التجزّع إلى شبكة من الشقوق الضحلة، أو الدقيقة، أو الرفيعة جدًا، التي تمتد -فقط- عبر السطح العلوي للخرسانة. تميل الشقوق إلى التقاطع بزوايا ١٢٠ درجة. عادةً ما يكون سبب التشقق الخريطي أو التجزّع؛ هو: التشطيب المفرط للخرسانة، ويمكن أن يؤدي إلى تقشّر السطح، وهو انهيار سطح البلاطة إلى عمق يتراوح من ٦ إلى ١٣ ملم تقريبًا (¼ إلى ½

بوصة). يمكن أن يكون التقشّر ناتجًا -أيضًا- عن أملاح إزالة الجليد، والتشييد غير السليم، ودورات التجمد والذوبان، والركام الرديء. نوع التقشّر المحدد هنا ليس ناتجًا عن شقوق فقدان المتانة. إذا كان التقشّر ناتجًا عن شقوق فقدان المتانة؛ فينبغي احتسابه تحت ذلك العيب فقط.

مستويات الشدة:

منخفض: يوجد التجزّع أو الشق الخريطي فوق معظم مساحة البلاطة، والسطح في حالة جيدة، مع وجود تقشّر طفيف فقط.

متوسط: تقشّر البلاطة، ولكن المتضرر أقل من ١٥٪ من البلاطة.

مرتفع: تقشّر البلاطة فوق أكثر من ١٥٪ من مساحتها.

ويرد في الشكل (ب-١٦) أمثلة على التقشّر والشق الخريطي والتجزُّع للمستويات الثلاثة المختلفة للشدة.

كيفية القياس:

تُسجل البلاطة المتقشّرة على أنه بلاطة واحدة. ينبغي حساب التجزّع منخفض الشدة -فقط- إذا بدت إمكانية التقشّر وشيكة، أو ظهرت بضع قطع صغيرة.



الشكل (ب–١٦) أمثلة على التقشّر والشق الخريطي والتجزُّع - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-١٧ الشقوق الانكماشيّة:

الوصف:

الشقوق الانكماشية؛ هي: شقوق رفيعة، يبلغ طولها -عادة- أقل من مترين، ولا تمتد عبر البلاطة بأكملها. تتشكل في أثناء تثبيت الخرسانة، ومعالجتها، وعادة لا تمتد خلال عمق البلاطة. ويرد في الشكل (ب-١٧) أمثلة على الشقوق الانكماشيّة.

مستويات الشدة:

لم تُحدد درجات الشدة. يكفي الإشارة إلى وجود شقوق انكماشية.

كيفية الحساب:

في حال وجود أي شقوق انكماشية على بلاطة معينة؛ تُحسب البلاطة على أنها بلاطة واحدة بها شقوق انكماشية.



الشكل (ب–١٧) أمثلة على الشقوق الانكماشيّة للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-١٨ تشظّي الركن:

الوصف.

تشظي الركن؛ هو: تكسير في البلاطة في حدود ٠,٥ متر (١,٥ قدم) تقريبًا من الركن. يختلف تشظي الركن عن كسر الركن في أن التشظي -عادة- ما يكون بزوايا في الأسفل تتقاطع مع الفاصل، بينما يمتد الكسر عموديًا عبر ركن البلاطة. لا ينبغي حساب حالات التشظي التي يقل قطرها عن ١٣٠ ملم (٥ بوصات) من الشق إلى الركن على كلا الجانبين.

مستويات الشدة.

يسرد الجدول (ب-٤) مستويات شدة تشظي الركن. لا ينبغي حساب تشظي الركن بمساحة أقل من ٦٥٠ سم (١٠ بوصات^{٢}) من الشق إلى الركن على كلا الجانبين.

الجدول (ب–٤) مستويات شدة تشظي الزاوية.

عمق التشظي	أبعاد جوانب التشظي	
	١٣٠ × ١٣٠ مم إلى ٣٠٠ × ٣٠٠ مم (٥ × ٥ بوصة) في (١٢ × ١٢ بوصة)	**٣٠٠× ٣٠٠ مم (أكبر من ١٢×١٢ بوصة)**
أصغر من ٢٥ مم (١ بوصة)	منخفض	منخفض
أكبر من ٢٥ وأصغر من ٥٠ ملم (١ إلى ٢ بوصة)	منخفض	متوسط
أكبر من ٥٠ مم (٢ بوصة)	متوسط	مرتفع

كيفية القياس:

إذا وُجدت واحدة أو أكثر من حالات تشظي الركن بنفس مستوى الشدة في بلاطة؛ تُحسب البلاطة على أنها بلاطة واحدة به تشظي في الزاوية. في حال حدوث أكثر من مستوى شدة، تُحسب على أنها بلاطة واحدة بمستوى شدة أعلى.



الشكل (ب–١٨) أمثلة على تشظّي الركن - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-١-١٩ تشظي الفواصل:

الوصف:

تشظي الفاصل؛ هو: تكسير في حافات البلاطة في نطاق ٠,٥ متر (١,٥ قدم) من الفاصل. عادةً لا يمتد تشظي المفصل عموديًا عبر البلاطة، ولكنه يتقاطع مع الفاصل بزاوية؛ ينتج التشظي من:

- ضغوط مفرطة على الفاصل؛ ناتجة عن تحميل المرور، أو تسلل مواد غير قابلة للضغط.
- ضعف الخرسانة في الفاصل؛ بسبب الإجهاد.
- تراكم الماء في الفاصل؛ بسبب حركة التجمد والذوبان.

مستويات الشدة:

يوضح الجدول (ب-٥) مستويات شدة تشظي الفاصل، يُصنف الفاصل المهترئ حيث تآكلت الخرسانة على طول الفاصل بأكمله على أنه منخفض الشدة.

الجدول (ب–٥) مستويات شدة تشظي الفاصل.

قطع التشظي	عرض التشظي	أبعاد جوانب التشظي	
		١٣٠ × ١٣٠ مم إلى ٣٠٠ × ٣٠٠ مم (٥ × ١٣٠ مم إلى (١٢ × ٣٠٠ مم)	٣٠٠×٣٠٠ مم (أكبر من ١٢×١٢ بوصة)
المشدود- لا يمكن إزالتها بسهولة (ومن المرجع أن بعض القطع مفقودة)	أصغر من ١٠٠ مم (٤ بوصة)	منخفض	منخفض
	أكبر من ١٠٠ مم	منخفض	منخفض
	أصغر من ١٠٠ مم	منخفض	متوسط

قطع التشظي	عرض التشظي	أبعاد جوانب التشظي	
		١٣٠ × ١٣٠ مم إلى ٣٠٠ × ٣٠٠ مم (٥ × ١٣٠ مم إلى (١٢ × ٣٠٠ مم)	٣٠٠×٣٠٠ مم (أكبر من ١٢×١٢ بوصة)
المفكوكة- يمكن إزالتها وإزالة بعض القطع المفقودة؛ إذا كانت معظم القطع أو جميعها مفقودة، ويكون التشظي سطحي، أقل من ٢٥ مم (١ بوصة)	أكبر من ١٠٠ مم	منخفض	متوسط
المفقودة - تم إزالة معظم أو كافة القطع	أصغر من ١٠٠ مم	منخفض	متوسط
	أكبر من ١٠٠ مم	متوسط	مرتفع

يعرض الشكل (ب-١٩) أمثلة على تشظّي الفواصل للمستويات الثلاثة (مرتفع- متوسط- منخفض) المختلفة للشدة

كيفية القياس:

إذا كان التشظي على طول حافة بلاطة واحدة؛ تُحسب على أنها بلاطة واحدة بها فاصل مُتشظي. إذا كان التشظي على أكثر من حافة واحدة من نفس البلاطة؛ تُحسب الحافة الأكثر شدة وتُسجل على أنها بلاطة واحدة. يمكن أن يحدث التشظي للفاصل -أيضًا- على طول حافات بلاطتين متجاورتين. إذا كان هذا هو الحال تُحسب كل بلاطة على أنه محتوٍ على فاصل به تشظي.



الشكل (ب–١٩) أمثلة على تشظّي الفواصل - للمستويات المختلفة للشدة.

ب-٢ حساب مؤشر حالة الرصف (PCI) للرصف الصلب:

١ حساب مؤشر حالة الرصف (PCI) لرصف خرسانة الأسمنت البورتلاندي (PCC).

١-١ لكل مجموعة فريدة من نوع العيب ومستوى الشدة؛ اجمع العدد الإجمالي للبلاطات التي بها العيوب. بالنسبة للمثال الوارد في الشكل (ب-٢٠)، هناك بلاطتين تحتويان على كسر في الركن منخفض الشدة (العيب 22L).

٢-١ اقسم عدد الألواح من (١-١) على إجمالي عدد البلاطات في وحدة العينة، واضرب في ١٠٠؛ للحصول على النسبة المئوية لكثافة كل نوع من أنواع الشدة ومجموعة الشدة.

٣-١ حدد قيم الخصم لكل مجموعة من مستويات الشدة من نوع العيب؛ باستخدام منحنى الخصم المقابل في الشكل (ب-٢١).

٤-١ حدد قيمة PCI (مؤشر حالة الرصف)؛ باتباع الإجراءات الواردة في الجزء (أ-٢) - الخطوتين (٢-٥ و٢-٦)، وباستخدام منحنى التصحيح لرصف خرسانة الأسمنت البورتلاندي أدناه بدلًا من منحنى التصحيح لرصف الخرسانة الأسفلتية.

٥-١ يوضح الشكل (ب-٢٢) ملخصًا لحساب PCI لمثال بيانات عيوب رصف خرسانة الأسمنت البورتلاندي في الشكل (ب-٢٠).

٢ تحديد PCI للمقطع.

٢-١ إذا أُختيرت جميع وحدات العينة التي مُسحت بشكل عشوائي؛ فسيُحسب PCI للمقطع (إجمالي *PCI*) على أنه PCI للمساحة المرجحة لوحدات العينة التي مُسحت عشوائيًا ($\overline{PCI_r}$) باستخدام المعادلة (ب-١):

$$\boldsymbol{PCI_s = \overline{PCI_r} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(PCI_{ri} \cdot A_{ri})}{\sum_{i=1}^{n} A_{ri}}}$$

المعادلة (ب-١)

حيث إن:

$\overline{PCIr}$= مؤشر PCI للمساحة المرجحة لوحدات العينة التي مُسحت عشوائيًا.

و$PCIri$= PCI لوحدة العينة العشوائية i.

وAri= مساحة وحدة العينة العشوائية i.

و n= عدد وحدات العينة العشوائية التي مُسحت.

إذا مُسحت وحدات عينة إضافية على النحو المحدد في (٢-١-١)؛ فيتم حساب PCI للمساحة المرجحة للوحدات الإضافية ($\overline{PCI_a}$) التي مُسحت باستخدام المعادلة (ب-٢). يتم حساب PCI لمقطع الرصف باستخدام المعادلة (ب-٣).

$$\boldsymbol{\overline{PCI_a} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(PCI_{ai} \cdot A_{ai})}{\sum_{i=1}^{n} A_{ai}}}$$

المعادلة (ب-٢)

$$\boldsymbol{PCI_s = \frac{\overline{PCI_r}(A - \sum_{i=1}^{m} A_{ai}) + \overline{PCI_a}(\sum_{i=1}^{m} A_{ai})}{A}}$$

المعادلة (ب-٣)

$\overline{PCI_a}$ = PCI للمساحة المرجحة لوحدات عينة إضافية.

PCI_{ai} = PCI لوحدة العينة الإضافية i.

A_{ai} = مساحة وحدة العينة الإضافية i.

A = مساحة المقطع.

m = عدد وحدات العينة الإضافية التي مُسحت، وإجمالي PCI = PCI المرجح للمنطقة لمقطع الرصف.

PCAs = المساحة الموزونة لـ PCA لمقطع الرصف.

٢-٢ حدد تصنيف الحالة العامة للمقطع؛ باستخدام PCI للمقطع، ومقياس تصنيف الحالة في الجزء (ب-٢)

ويرد في الشكل (ب-٢٠) والشكل (ب-٢٢) أمثلة على ورقة بيانات مسح حالة الرصف الصلب ذي الفواصل وحساب مؤشر حالة الرصف.

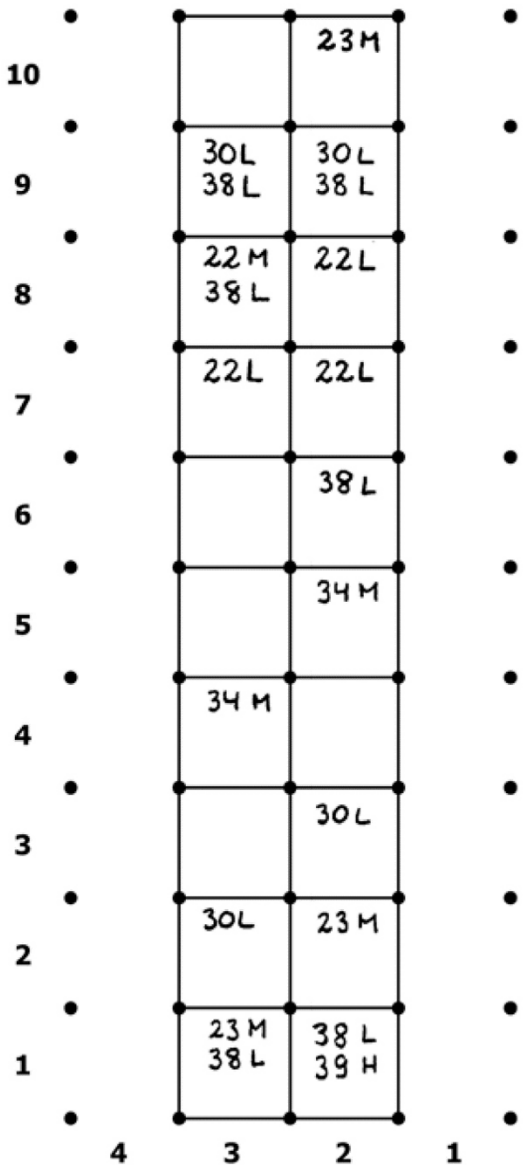
ويرد في الشكل (ب-٢٣) قيم الخصم على أساس نوع العيب ونوع الخرسانة.

الطرق وساحات انتظار السيارات ذات الأسطح الخرسانية
ورقة بيانات مسح حالة وحدة العينة

الفرع: الثاني | القسم: 001 | وحدة العينة: 1

المسؤول عن المسح: KAK | التاريخ: 10 يوليو 93 | منطقة العينة: 20 بلاطة

الرسم:

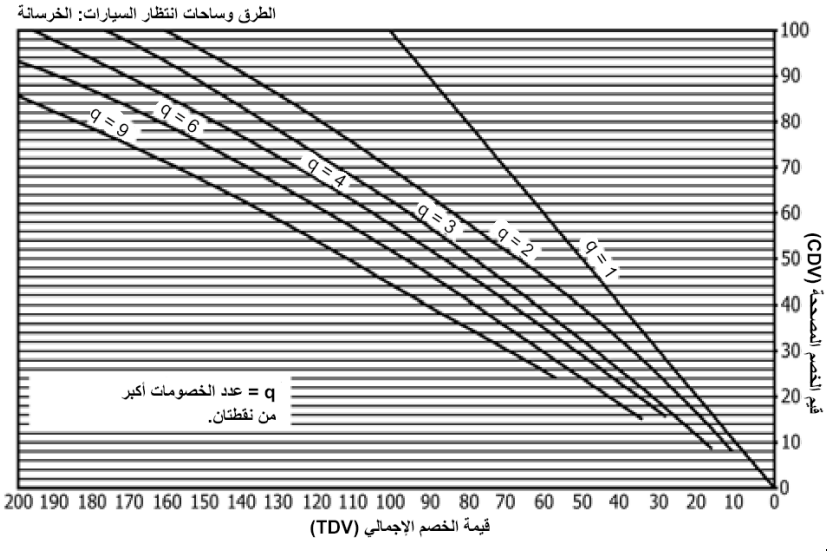


نوع العيب

21- تفخّر/التواء (Blow up/Buckling)
22-انكسار ركن (Corner Break)
23-بلاطة مُقسمة (Divided Slab)
24-شق متانة (Durability Crack)
25-تصدع (Faulting)
26- عازل الفواصل (Joint Seal)
27-مسار/كتف (Lane/Shoulder)
28-تشققات خطية (Linear Cracking)
29- ترقيع (Patching) كبير
30-ترقيع (Patching) صغير
31- ركام مصقول (Polished Aggregate)
32- انتفاخات (Popouts)
33- نضح (Pumping)
34- ثقب (Punchout)
35- تقاطع سكة حديد/ مزلقان (Railroad Crossing)
36- تقشير (Scaling)
37- انكماش (Shrinkage)
38- تشظي الركن (Spalling Corner)
39- تشظي الفواصل (Spalling Joint)

نوع العيب	الخطورة	عدد الألواح	الكثافة %	قيمة الخصم
26	مرتفع	—	100	8.0
22	منخفض	3	15	12.6
22	متوسط	1	5	7.7
23	متوسط	3	15	30.5
30	متوسط	4	20	4.4
34	متوسط	2	10	25.1
38	منخفض	6	30	5.8
39	مرتفع	1	5	9.0

الشكل (ب–٢٠) مثال على ورقة بيانات مسح حالة الرصف الصلب ذي الفواصل



الشكل (ب–٢١) قيم الكشف المصححة للرصف الصلب.

m = 1+ (9/98) (100-30.5) = 7.4 < 8

استخدم 7 قيم الخصم الأعلى و0.4 من القيمة الثامنة.

1.76 = 4.4 × 0.4

CDV	q	الإجمالي	قيم الخصم									#
50.0	7	100.5			1.76	5.8	7.7	8.0	9.0	12.6	25.1	30.5	1
49.5	6	96.7			1.76	2	7.7	8.0	9.0	12.6	25.1	30.5	2
51.0	5	91.0			1.76	2	2	8.0	9.0	12.6	25.1	30.5	3
49.0	4	85.0			1.76	2	2	2	9.0	12.6	25.1	30.5	4
50.0	3	78.0			1.76	2	2	2	2	12.6	25.1	30.5	5
50.0	2	67.4			1.76	2	2	2	2	2	25.1	30.5	6
44.3	1	44.3			1.76	2	2	2	2	2	2	30.5	7
													8
													9
													10

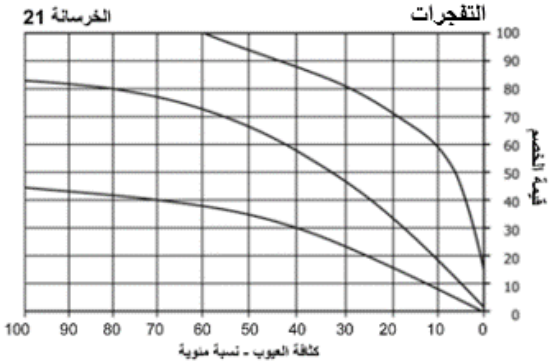
51 = أقصى CDV

49 = PCI= 100-MA×CDV

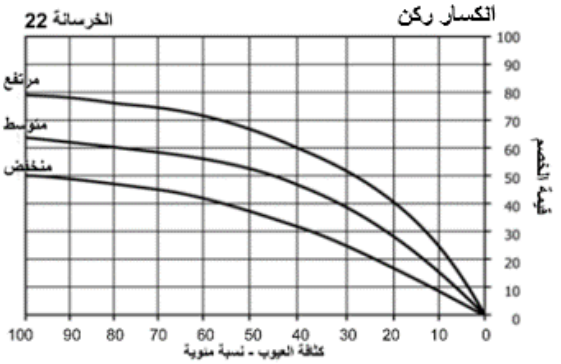
مقبول = التقييم

الشكل (ب–٢٢) مثال على ورقة بيانات مسح حالة الرصف الصلب ذي الفواصل – حساب PCA.

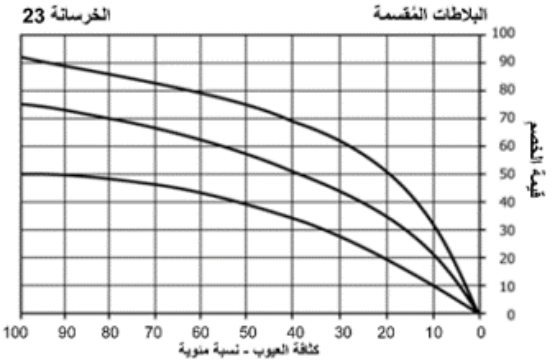
الخرسانة 21 التفجرات



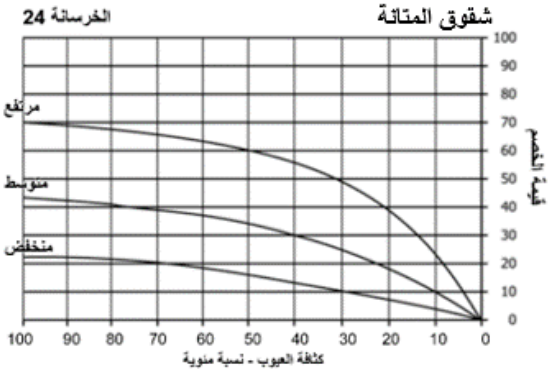
الخرسانة 22 انكسار ركن



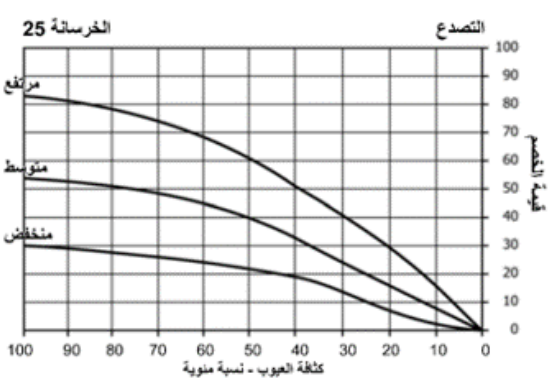
الخرسانة 23 البلاطات المُقسمة



الخرسانة 24 شقوق المتانة



الخرسانة 25 التصدع



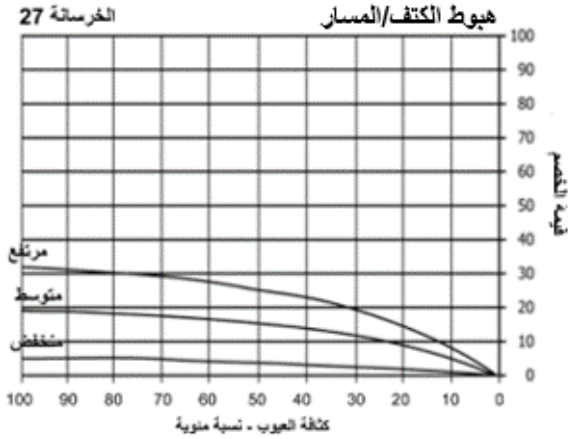
الخرسانة 26 تلف طبقات الفواصل العازلة

لا يُقيّم تلف طبقات الفواصل العازلة حسب الكثافة، ويتم تحديد شدة العيب من خلال الحالة العامة لمانع التسرب لوحدة عينة معينة.

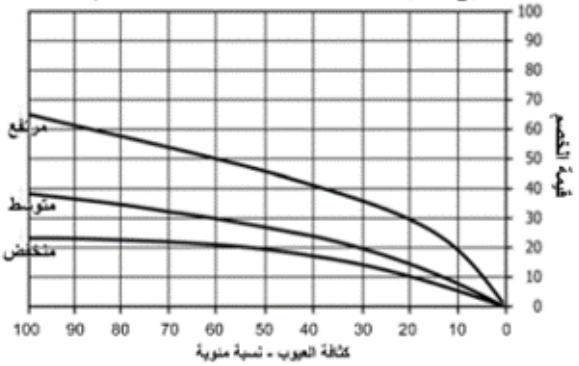
قيم الخصم لمستويات الخطورة الثلاثة هي:

منخفض	نقطتان
متوسط	4 نقاط
عالٍ	8 نقاط

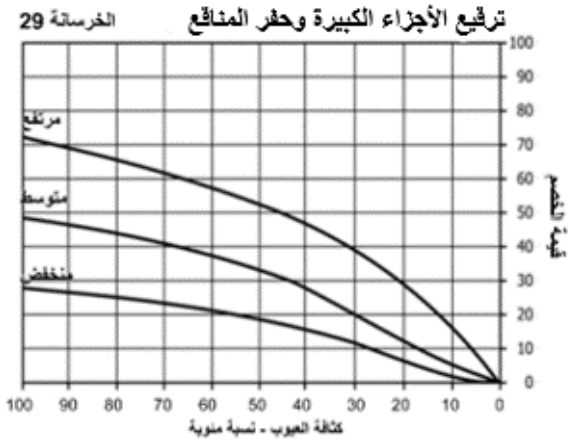
الخرسانة 27 هبوط الكتف/المسار



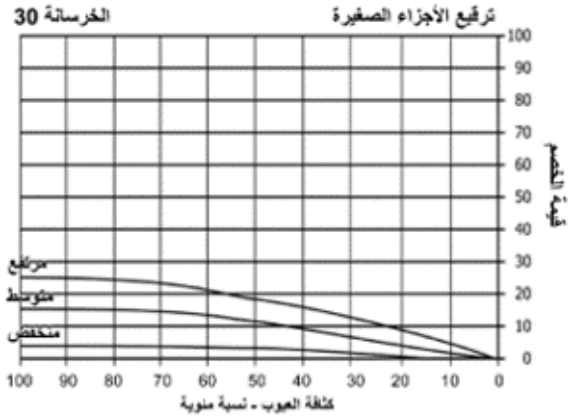
الخرسانة 28 الشقوق الخطية



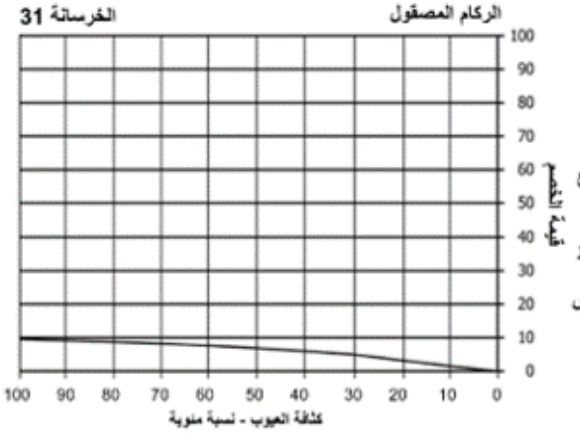
الخرسانة 29 ترقيع الأجزاء الكبيرة وحفر المناقع



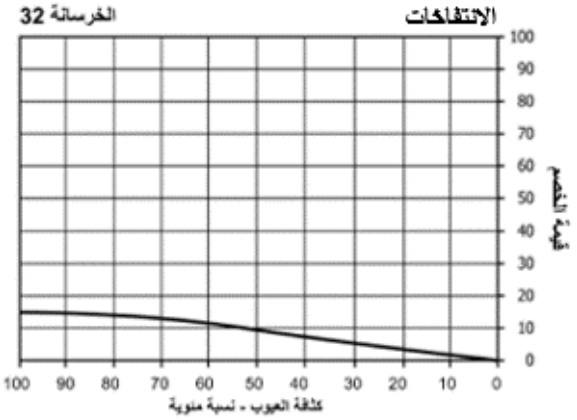
الخرسانة 30 ترقيع الأجزاء الصغيرة



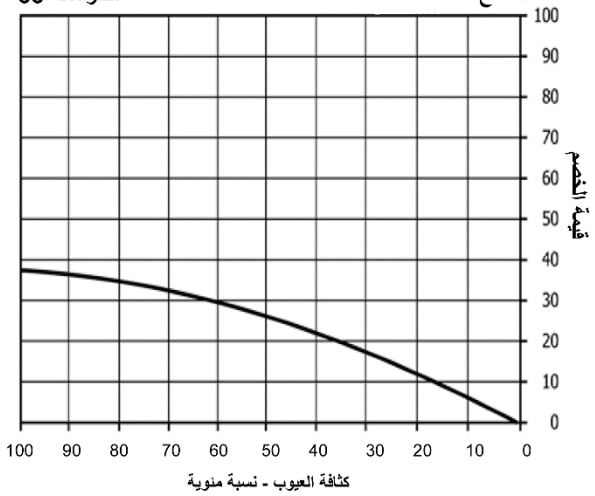
الخرسانة 31 الركام المصقول



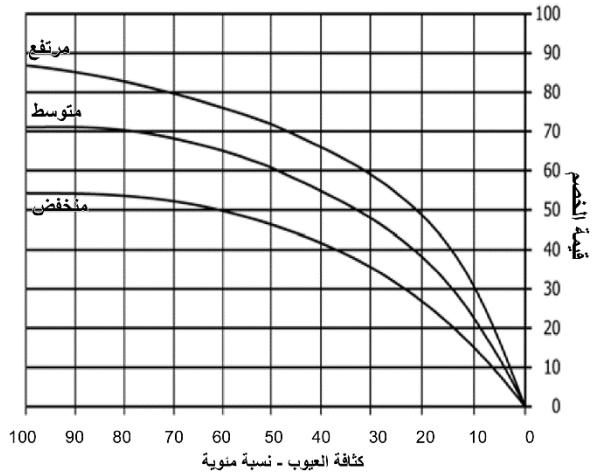
الخرسانة 32 الانتفاخات



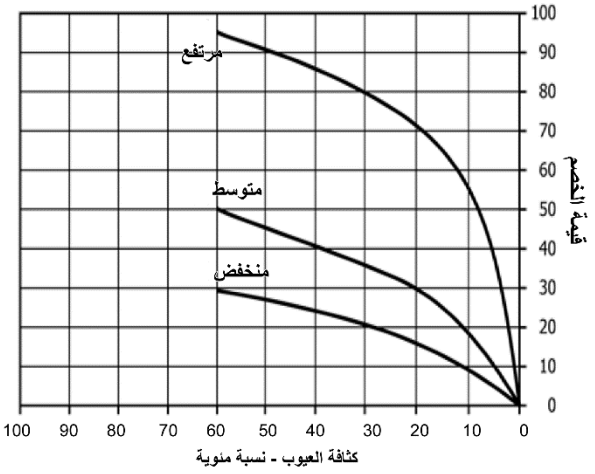
الخرسانة 33 النضح



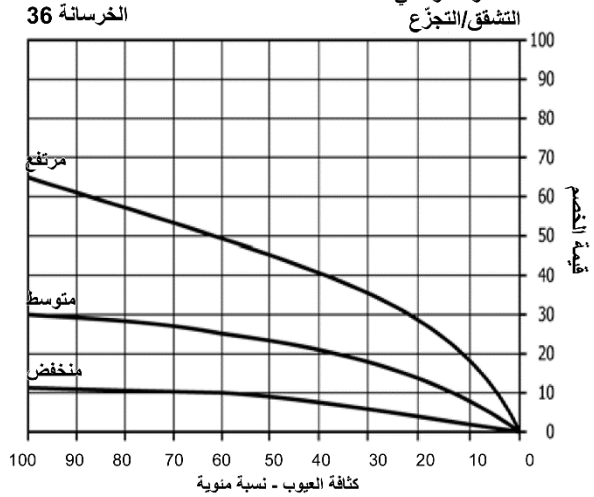
الخرسانة 34 الثقوب



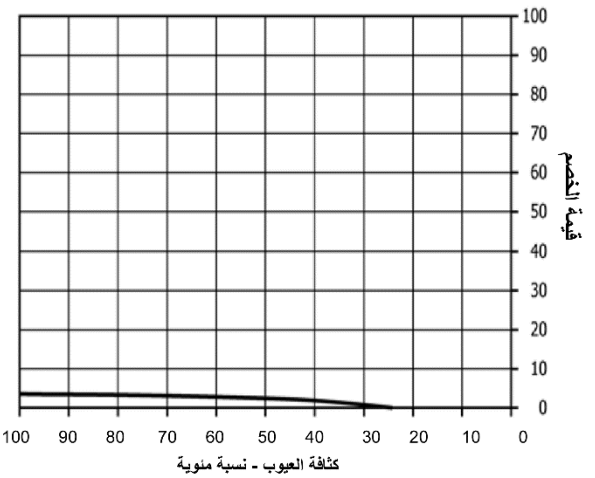
الخرسانة 35 تقاطع السكة الحديد



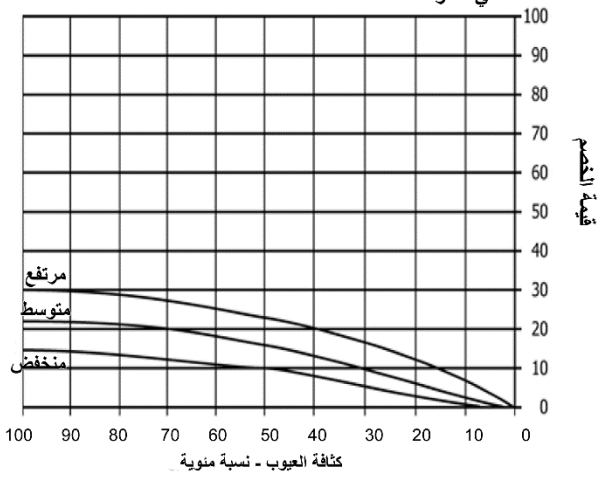
الخرسانة 36 التقشر الخرائطي
التشقق/التجزّع

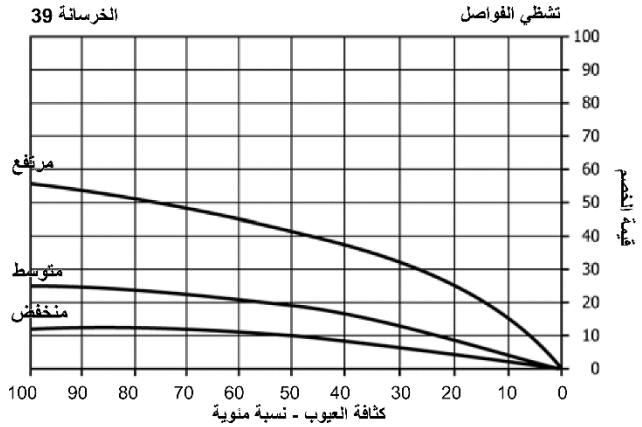


الخرسانة 37 الشقوق الانكماشية



الخرسانة 38 تشظي الحواف





الشكل (ب–٢٣) أنواع العيوب وقيمة الخصم بناءً على نوع الخرسانة.

الملحق ج: طريق غير معبد:

ج-١ عيوب الطرق غير المعبدة:

ج-١-١ قطاع عرضي غير ملائم:

الوصف:

ينبغي أن يكون للطريق غير المرصوف تاج بميل كافٍ من خط الوسط إلى الكتف؛ لصرف كل المياه من سطح الطريق. لا يُستخدم أي تاج على المنحنيات؛ لأنها -عادة- ما تحوي ميلاً. يكون المقطع العرضي غير ملائم؛ عندما لا يتشكل سطح الطريق أو يتهيأ لنقل المياه إلى الخنادق.

مستويات الشدة:

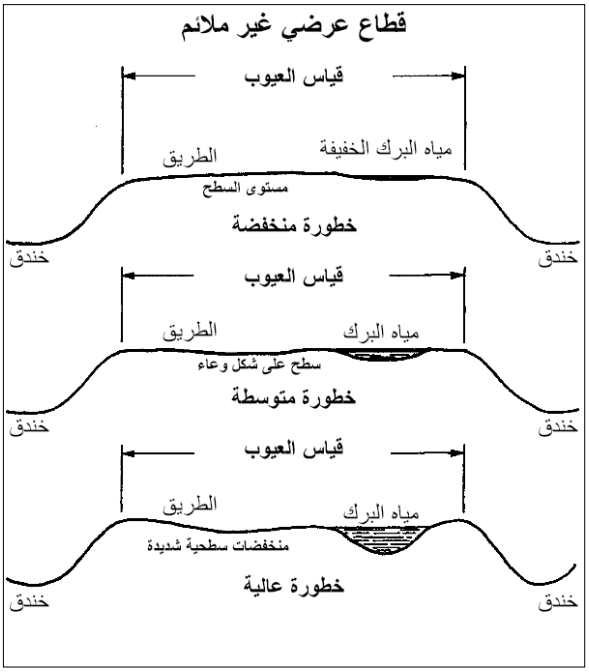
منخفض: كميات قليلة من المياه الراكدة، أو دليل على تراكم المياه على سطح الطريق، أو أن سطح الطريق مسطح تمامًا (لا يوجد ميل عرضي).

متوسط: كميات معتدلة من المياه الراكدة، أو دليل على تراكم المياه على سطح الطريق، أو سطح الطريق على شكل وعاء.

مرتفع: كميات كبيرة من المياه الراكدة، أو دليل على تراكم المياه على سطح الطريق، أو سطح الطريق يحتوي على منخفضات شديدة.

كيفية القياس:

يُقاس المقطع العرضي غير المناسب بالأقدام الخطية لكل وحدة عينة؛ (على طول خط الوسط، أو بالتوازي مع خط الوسط). يمتد المقطع العرضي من فاصل الكتف الخارجي على جانب واحد من الطريق إلى فاصل الكتف الخارجي على الجانب الآخر. يمكن أن توجد مستويات شدة مختلفة داخل وحدة العينة. على سبيل المثال: يمكن أن تكون هناك ٢٠ مترًا (٦٠ قدمًا) بخطورة متوسطة، و١٣,٣٣ مترًا (٤٠ قدمًا) بخطورة منخفضة. سيكون الحد الأقصى للطول مساويًا لطول وحدة العينة. (انظر: الشكل ج-١)



الشكل (ج–١) المقطع العرضي غير المناسب.

ج-١-٢ صرف المياه غير الكافي على جانب الطرق:

الوصف:

يؤدي صرف المياه السيئ إلى تجمع المياه، يصبح صرف المياه مشكلة عندما لا تكون الخنادق والقنوات في حالة جيدة بما يكفي لتوجيه وحمل مياه الجريان السطحي؛ بسبب الشكل، أو الصيانة غير المناسبة.

مستويات الشدة:

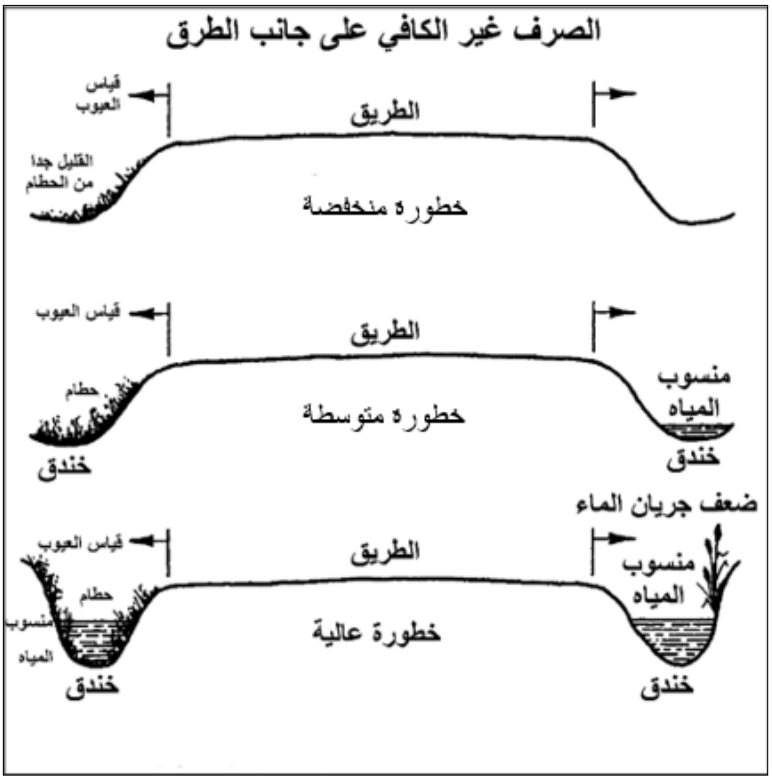
منخفض: كميات قليلة من المياه الراكدة، أو دليل على تدفق المياه في الخنادق، أو زيادة نمو النباتات، أو وجود الحطام في الخنادق.

متوسط: كميات معتدلة من المياه الراكدة، أو دليل على تدفق المياه في الخنادق، أو زيادة نمو النباتات، أو وجود الحطام في الخنادق، أو تأثر الخنادق بعوامل التعرية وصولًا إلى الكتفين أو الطريق.

مرتفع: كميات كبيرة من المياه الراكدة، أو دليل على تدفق المياه في الخنادق، أو جريان المياه عبر الطريق أو أسفله، أو زيادة نمو النباتات، أو وجود الحطام في الخنادق، أو تأثر الخنادق بعوامل التعرية وصولًا إلى الكتفين أو الطريق.

كيفية القياس:

تقاس مشاكل صرف المياه بالأقدام الطولية لكل مقطع موازٍ لخط الوسط. الطول الأقصى؛ هو: ضعف طول وحدة العينة (خندقان للطول الإجمالي لوحدة العينة)؛ على سبيل المثال: بمكن أن تحتوي وحدة العينة على ٤٠ مترًا (١٢٠ قدمًا) بشدة منخفضة، و١١,٦٧ مترًا (٣٥ قدمًا) بشدة مرتفعة. (انظر: الشكل ج-٢).



الشكل (ج–٢) صرف المياه غير الملائم على جانب الطريق.

ج-١-٣ التموجات:

الوصف:

التموجات (المعروفة -أيضًا- باسم الخطوط المتعارضة)؛ هي: نتوءات على شكل تلال متقاربة، ووديان (تموجات) على أبعاد منتظمة إلى حد ما. الحافات متعامدة مع اتجاه المرور. عادة ما يكون سبب هذا النوع من العيوب؛ هو: المرور، وفقدان الركام. تتكون هذه النتوءات -عادة- على التلال، أو على المنحنيات، أو في مناطق التسارع، أو التباطؤ، أو في المناطق التي يكون الطريق فيها ناعمًا، أو مليئًا بالحفر.

مستويات الشدة:

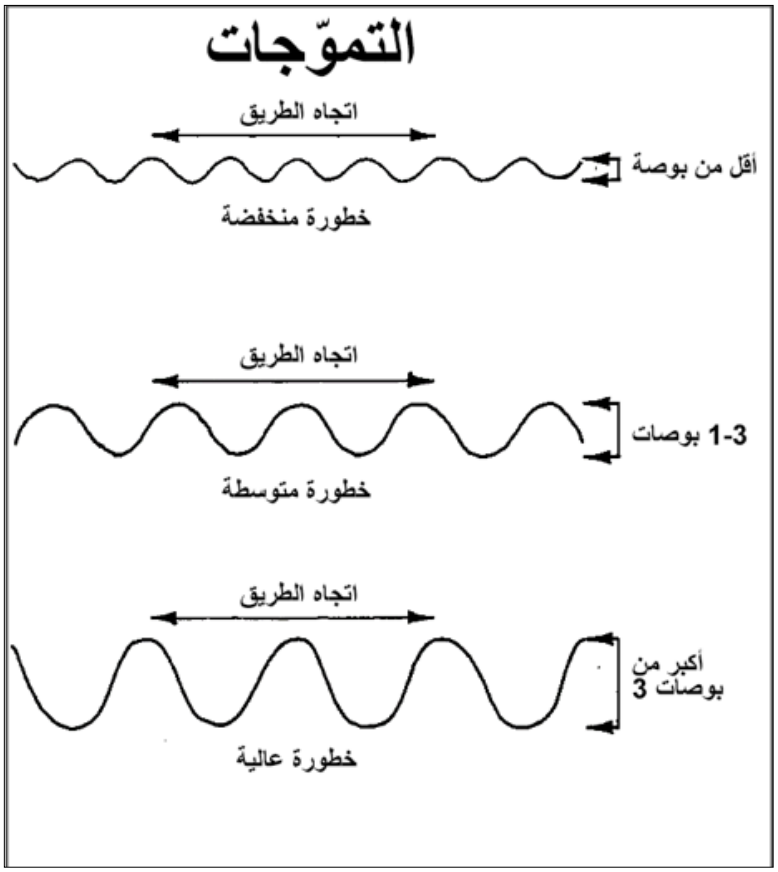
منخفض: عمق التموجات أصغر من ٢٥ ملم (بوصة واحدة).

متوسط: التموجات بعمق بين ٢٥ و ٧٥ ملم (١ و٣ بوصات).

مرتفع: التموجات أعمق من ٧٥ ملم (٣ بوصات).

كيفية القياس:

تُقاس التموجات بالأقدام المربعة من مساحة السطح لكل وحدة عينة. لا يمكن أن يتجاوز المبلغ المساحة الإجمالية لوحدة العينة؛ على سبيل المثال: يمكن أن تبلغ مساحة وحدة العينة ٩١ مترًا مربعًا (٢٣٠ قدمًا مربعة) مع شدة معتدلة، و ٤,٥٥ مترًا مربعًا (٥٠ قدمًا مربعة) مع شدة مرتفعة. (انظر: الشكل ج-٣).



الشكل (ج–٣) التموجات.

ج-١-٤ الغبار:

الوصف:

سيؤدي التآكل أو التشقق بفعل المرور على الطرق غير المعبّدة -في النهاية- إلى خلخلة الجزيئات الأكبر حجمًا من رابطة التربة. مع مرور حركة المرور تشكل سحب الغبار خطرًا على المركبات المارة أو العابرة، وتسبب مشاكل بيئية كبيرة.

مستويات الشدة:

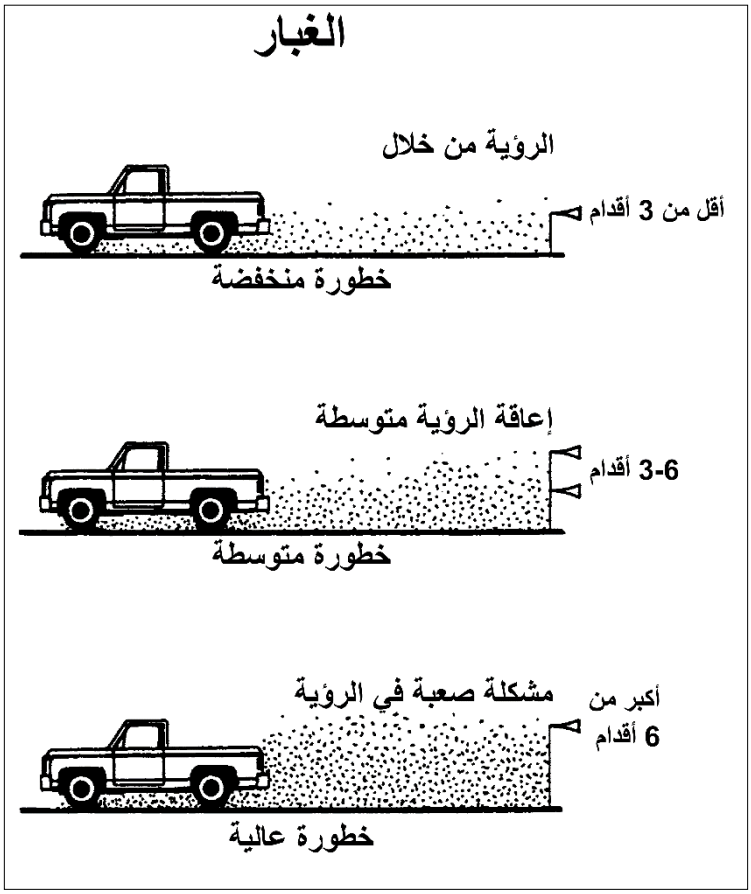
منخفض: المرور العادية ينتج عنها غبار رقيق لا يعيق الرؤية.

متوسط: -تنتج المرور العادية سحابة كثيفة -إلى حد ما- تعيق الرؤية جزئيًا، وتتسبب في إبطاء المرور.

مرتفع: تنتج حركة العادية سحابة كثيفة -للغاية- تعيق الرؤية بشدة، وتتسبب في إبطاء المرور، أو توقفها بشكل ملحوظ.

كيفية القياس:

قيادة المركبة بسرعة ٤٠ كيلو مترًا / ساعة (٢٥ ميلًا في الساعة)، ومشاهدة سحابة الغبار. يُقاس الغبار على أنه منخفض، أو متوسط، أو مرتفع الشدة لوحدة العينة. (انظر: الشكل ج-٤).



الشكل (ج–٤) الغبار.

ج-١-٥ الحُفر:

الوصف:

الحفر؛ عبارة عن: منخفضات على شكل وعاء على سطح الطريق. عادة ما يكون قطرها أقل من ٠,٩ م (٣ أقدام). تظهر الحفر عندما تتسبب المرور في تآكل قطع صغيرة من سطح الطريق. يصير حجمها أكبر بشكل أسرع عندما يتجمع الماء داخل الحفرة. ثم يستمر الطريق في التفكك؛ بسبب تلاشي المواد السطحية، أو وجود أماكن ضعيفة في التربة السفلية.

مستويات الشدة:

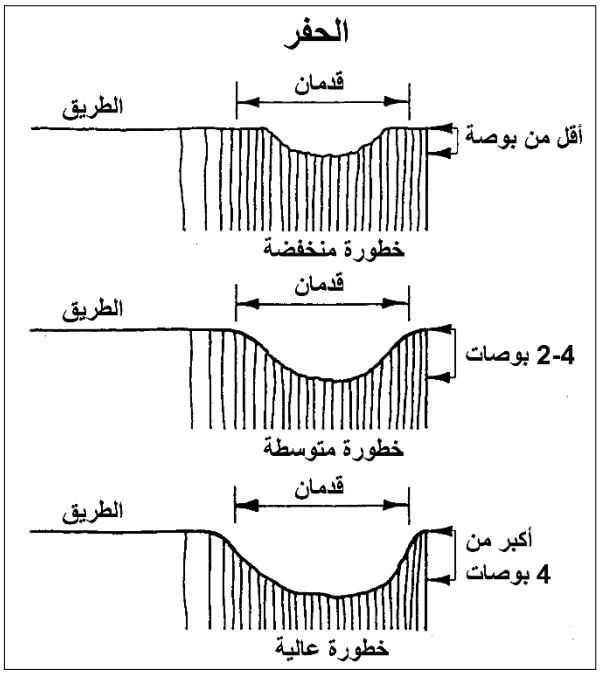
تعتمد مستويات شدة الحفر على قطر وعمق الحفرة؛ وفقًا للجدول (ج-١):

الجدول (ج–١) مستوى الشدّة في الحفرة.

أقصى عمق	متوسط القطر			
	أصغر من ٠,٣ م (قدم واحد)	من ٠,٣ إلى ٠,٦ م (من قدم إلى قدمين)	من ٠,٦ إلى ٠,٩ م (من ٢ إلى ٣ أقدام)	أكبر من ٠,٩ م (٣ أقدام*)
½ إلى ٢ بوصة	منخفض	منخفض	متوسط	متوسط
من ٢ إلى ٤ بوصات	منخفض	متوسط	مرتفع	مرتفع
أكثر من ٤ بوصات	متوسط	مرتفع	مرتفع	مرتفع
***إذا كان قطر الحفرة يزيد على ٠,٩ م (٣ أقدام)؛ فينبغي تحديد المساحة بالأقدام المربعة، وقسمتها على ٧؛ لإيجاد العدد المكافئ للحفر.**				

كيفية القياس:

يُقاس الحفر عن طريق حساب العدد المنخفض، والمتوسط، والمرتفع الشدة في وحدة العينة، وتسجيلها بشكل منفصل حسب مستوى الشدة. على سبيل المثال: يمكن أن يكون هناك ١٤ حفرة متوسطة الشدة، و٨ حفر منخفضة الشدة. (راجع: الشكل ج-٥)



الشكل (ج–٥) الحفر.

ج-١-٦ **الأخاديد:**

الوصف:

الأخدود؛ هو: انخفاض سطحي في مسار العجلة الموازي لخط وسط الطريق. تحدث الأخاديد بسبب تشوه دائم في أيٍّ من طبقات الطريق أو القاعدة الترابية. وتكون ناتجة عن تكرار مرور المركبات، خاصةً عندما يكون الطريق ناعمًا. يمكن أن يؤدي التخدد الكبير إلى تدمير الطريق.

مستويات الشدة:

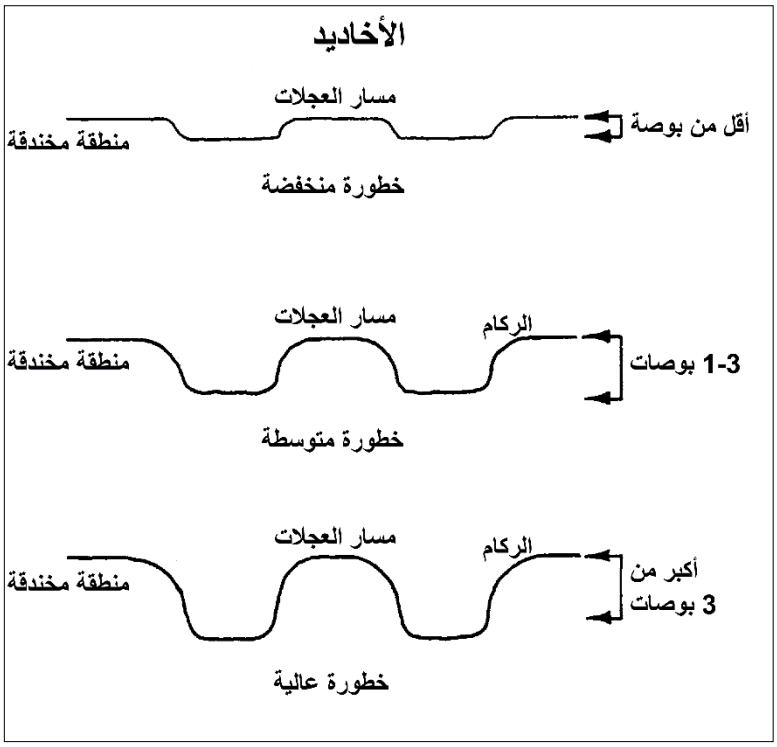
منخفض: عمق الأخاديد أصغر من ٢٥ ملم (بوصة واحدة).

متوسط: الأخاديد بعمق بين ٢٥ و ٧٥ ملم (١ و ٣ بوصات).

مرتفع: الأخاديد أعمق من ٧٥ ملم (٣ بوصات).

كيفية القياس:

تُقاس الأخاديد بالأقدام المربعة من مساحة السطح لكل وحدة عينة؛ على سبيل المثال: يمكن أن تبلغ مساحة وحدة العينة ٦,٨١ مترًا مربعًا (٧٥ قدمًا مربعة) مع شدة عالية، و ٢١,٨٢ مترًا مربعًا (٢٤٠ قدمًا مربعة) مع شدة متوسطة. (راجع: الشكل ج-٦).



الشكل (ج–٦) الأخاديد.

ج-١-٧ **الركام السائب:**

الوصف:

سيؤدي التآكل أو التشقق بفعل المرور على الطرق غير المعبّدة -في النهاية- إلى خلخلة جزيئات الركام الأكبر حجمًا من رابطة التربة. هذا يؤدي إلى فقدان جزيئات الركام على سطح الطريق أو الكتف. تحرك المرور جزيئات الركام السائبة بعيدًا عن المسار الطبيعي لعجلة الطريق، وتشكل ساترًا في الوسط، أو على طول الكتف (المناطق الأقل حركة).

مستويات الشدة:

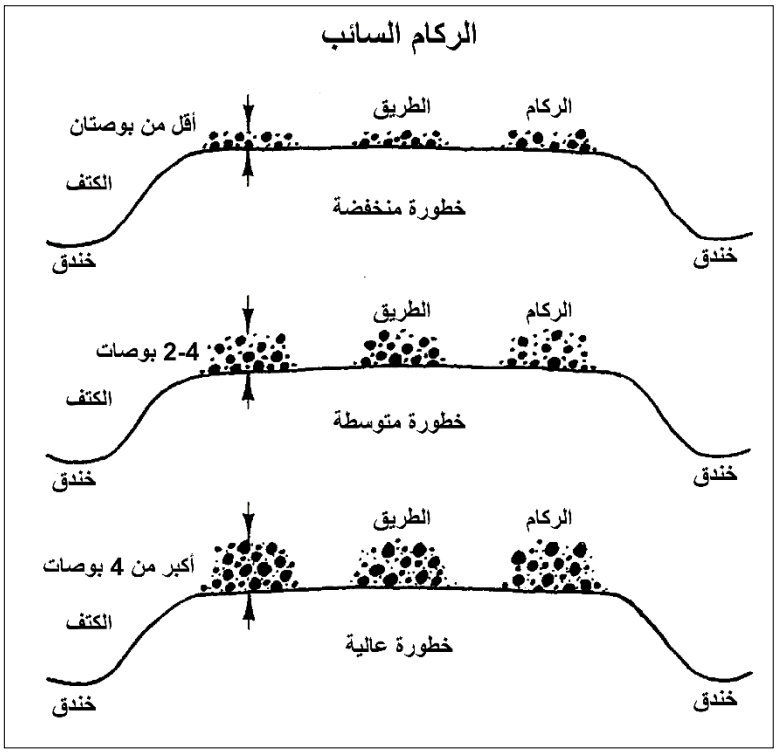
منخفض: الركام السائب على سطح الطريق، أو حاجز من الركام (العمق أقل من ٢ بوصة) على الكتف، أو على المنطقة الأقل حركة.

متوسط: ساتر متوسط من الركام (عمقه ما بين ٢ إلى ٤ بوصات) على الكتف، أو على المنطقة الأقل حركة. عادة ما توجد كمية كبيرة من جزيئات التربة الدقيقة على سطح الطريق.

مرتفع: ساتر الركام كبير (أكبر من ٤ بوصات) على الكتف، أو على المنطقة الأقل حركة.

كيفية القياس:

يُقاس الركام السائب بالأقدام الخطية الموازية لخط الوسط في وحدة العينة. ويُقاس كل ساتر على حدة؛ على سبيل المثال: إذا كانت وحدة العينة التي يبلغ طولها ٣٠ مترًا (١٠٠ قدمًا) تحتوي على ثلاثة سواتر من الركام السائب متوسط الشدة، واحدة على كل جانب، وواحدة في المنتصف؛ فسيكون القياس ٩٠ مترًا (٣٠٠ قدمًا) عند شدة متوسطة. (انظر: الشكل ج-٧).



الشكل (ج–٧) الركام السائب.

ج-٢ حساب مؤشر الحالة للطرق غير المعبدة:

تُستخدم قياسات العيوب لحساب مؤشر حالة الطريق غير المعبد (URCI)؛ بناءً على قيم الخصم. قيمة الخصم؛ هي: رقم من ٠ إلى ١٠٠؛ حيث يعني ٠ أن العيب ليس له أي تأثير في حالة الطريق، ويعني ١٠٠ أن الطريق قد تعطل تمامًا.

ويرد في الشكل (ج-٨) مثال على ورقة بيانات مسح عيوب الطرف غير المعبدة.

توضح الفقرة التالية كيفية القيام بهذا الحساب؛ من خلال مثال.

طرق غير معبدة
ورقة بيانات مسح الحالة
من أجل (وحدة العينة)

الفرع CENGRO2 القسم AGO3 وحدة العينة 2
المسؤول عن المسح KTL التاريخ 13 يوليو 92 منطقة العينة 1800 قدم مربع

الرسم:
شمال
100'
18

41. قطاع عرضي غير ملائم (قدم طولي)
42. الصرف غير الكافي على جانب الطرق (قدم طولي)
43. التموّجات (قدم مربع)
44. الغبار
45. الحفر (رقم)
46. الأخاديد (قدم مربع)
47. الركام السائب (قدم خطي)

شدة العيب	الكمية									الإجمالي	الكثافة%	قيمة الخصم
1 L	35	65								100	5.6	13
3 M	270	250	380							900	50	29
4M										M		5
7M	140									140	7.8	17

الشكل (ج–٨) مثال على ورقة بيانات مسح عيوب الطرف غير المعبدة.

الخطوة الأولى:

احسب الكثافة لكل نوع عيب (باستثناء الغبار):

$$\boldsymbol{Density} = \frac{\boldsymbol{Amount\ of\ Distress}}{\boldsymbol{Area\ of\ Sample\ Unit}} \boldsymbol{x100}\ \%$$ المعادلة (ج-١)

في هذا المثال، تعتمد كثافة كل مستوى عيب وشدة على وحدة عينة، تبلغ ١٨٠٠ قدم مربع.
بالنسبة إلى ٣٠ قدمًا طوليًا من المقطع العرضي غير المناسب (نوع العيب ٤١)؛ تكون الكثافة:

$$\boldsymbol{Density} = \frac{\boldsymbol{100}}{\boldsymbol{1{,}800}} \boldsymbol{x100}\ \% = \boldsymbol{5.6}$$ المعادلة (ج-٢)

بالنسبة إلى ٩٠٠ قدم مربع من التموّجات (نوع العيب ٦)؛ تكون الكثافة:

$$\boldsymbol{Density} = \frac{\boldsymbol{900}}{\boldsymbol{1{,}800}} \boldsymbol{x100}\ \% = \boldsymbol{50}$$ المعادلة (ج-٣)

لا حاجة لحساب كثافة الغبار (نوع العيب ٤٤).

بالنسبة إلى ١٤٠ قدمًا طوليًا من الركام السائب (نوع العيب ٤٧)؛ تكون الكثافة:

المعادلة (ج-٤) $$\boldsymbol{Density = \frac{140}{1{,}800} x100\ \% = 7.8}$$

الخطوة ٢:

باستخدام منحنيات قيمة الخصم، ابحث عن قيم الخصم لكل نوع عيب ومستوى شدة. توجد منحنيات قيمة الخصم في نهاية هذا الجزء.

- بالنسبة للمقطع العرضي غير الملائم، وبشدة منخفضة، تبلغ قيمة الخصم حوالي ١٣.
- بالنسبة للتموّجات ذات الشدة المتوسطة، تكون قيمة الخصم ٢٩.
- بالنسبة للغبار ذي الشدة المتوسطة، تكون قيمة الخصم ٥. هذه القيمة تأتي من الجدول (ج-٢).
- بالنسبة للركام السائب ذو الشدة المتوسطة، تكون قيمة الخصم ١٧.

الخطوة ٣:

أوجد القيمة الإجمالية للخصم (TDV)، وقيمة .q، احسب TDV عن طريق جمع جميع قيم الخصم. قيمة q هي عدد قيم الخصم الفردية الأكبر من ٥,٠.

TDV = ١٣ + ٢٩ + ٥ + ١٧ = ٦٤.

قيمة q هي ٣ لأن ٣ قيم خصم أكبر من ٥,٠.

الخطوة ٤:

ابحث عن مؤشر حالة الطريق غير المرصوف (URCI) من منحنى URCI.

TDV يساوي ٦٤، وq يساوي ٣، لذلك يوضح منحنى URCI أن قيمة URCI تساوي ٥٩. التصنيف (جيد).

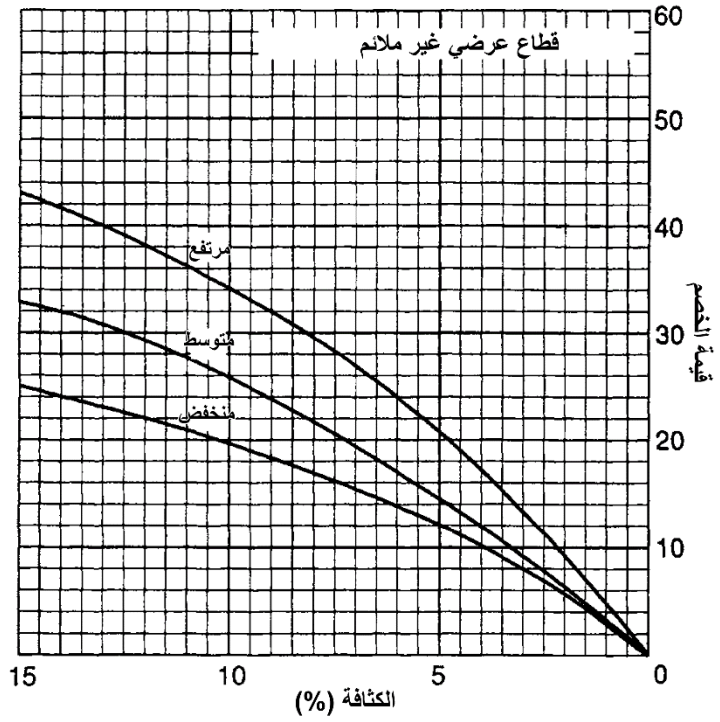
هذا هو تصنيف وحدة العينة.

تصنيف المقطع؛ هو: متوسط التقييمات من جميع وحدات العينة في المقطع؛ على سبيل المثال: إذا كانت قيم URC تساوي ٦٣ و٥٩ و٦٧ في مقطع؛ فسيكون متوسط URCI يساوي ٦٣ للمقطع بأكمله.

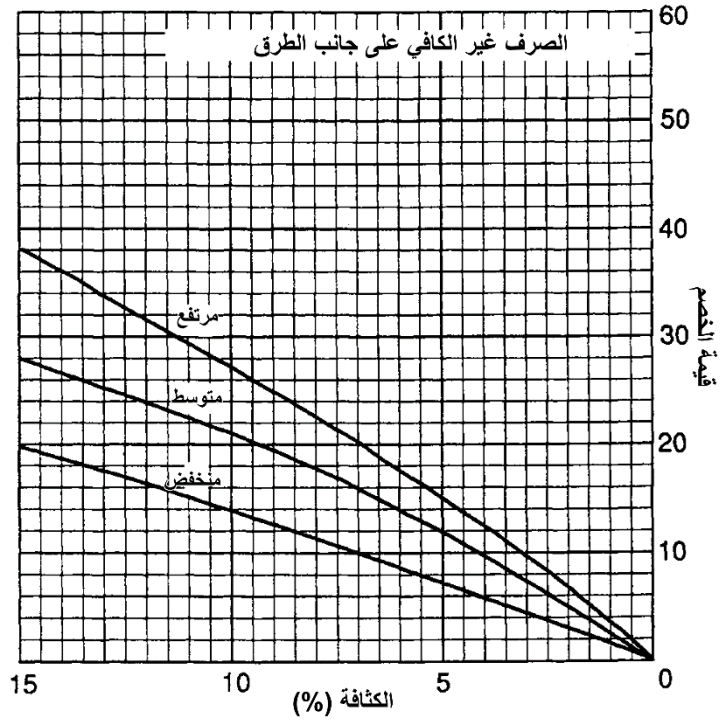
ويرد أدناه القيم التالية للكثافة وقيمة الخصم للحالات التالية:

- المقطع العرضي غير المناسب (الشكل ج-٩).
- الصرف غير الكافي على جانب الطريق (الشكل ج-١٠)
- التموجات (الشكل ج-١١)
- الحُفر (الشكل ج-١٢)
- الأخاديد (الشكل ج-١٣)
- الركام السائب (الشكل ج-١٤)

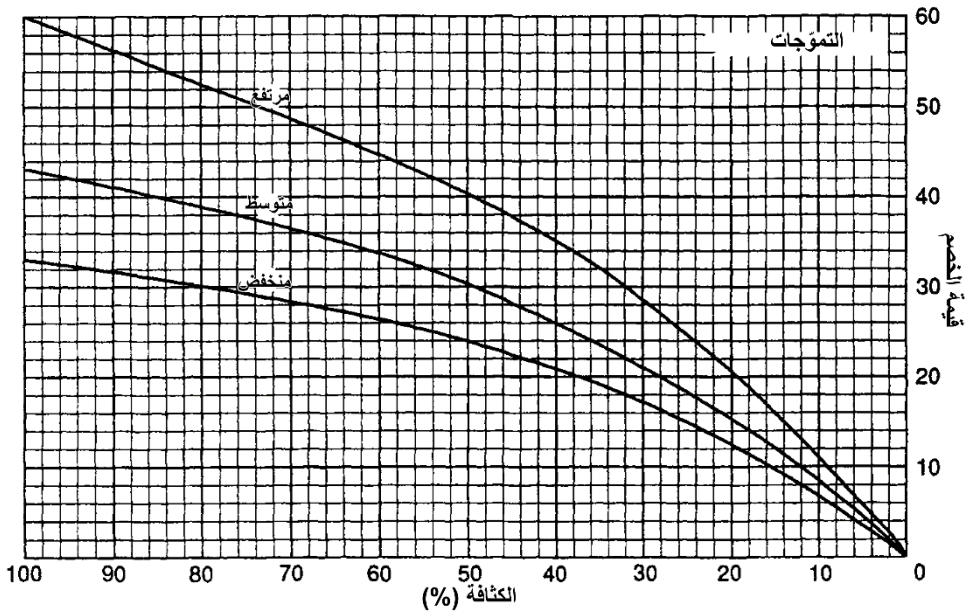
يوضح الشكل (ج-١٥) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم وقيم مؤشر حالة الطرق غير المعبّدة (URCI)



الشكل (ج–٩) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- المقطع العرضي غير المناسب.



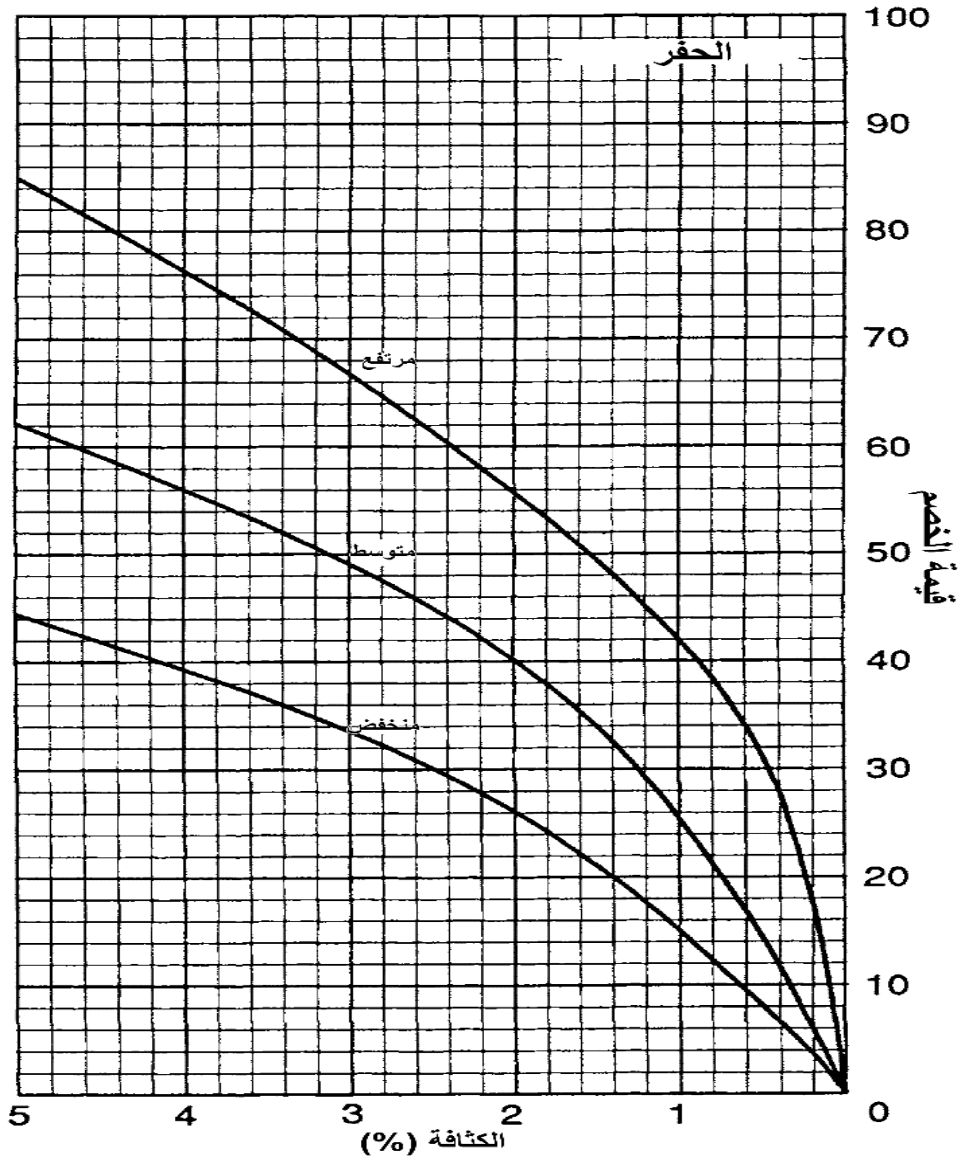
الشكل (ج–١٠) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الصرف غير الكافي على جانب الطريق.



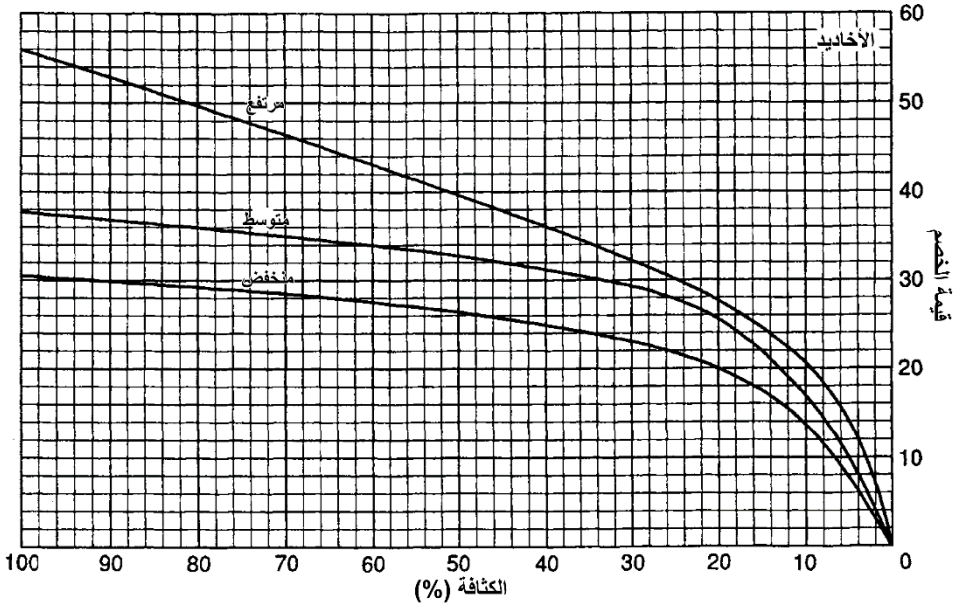
الشكل (ج–١١) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- التموجات.

الجدول (ج–٢) قيم الخصم للغبار.

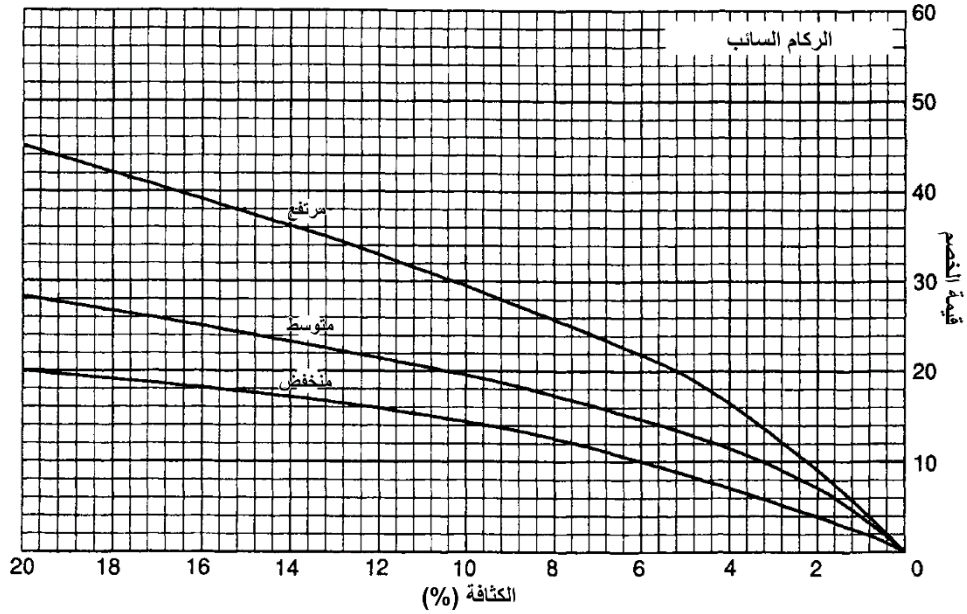
الغبار	
لا يُقيم الغبار حسب الكثافة، قيم الخصم لمستويات الخطورة كالتالي:	
منخفض	نقطتان
متوسط	٥ نقاط
مرتفع	١٥ نقطة



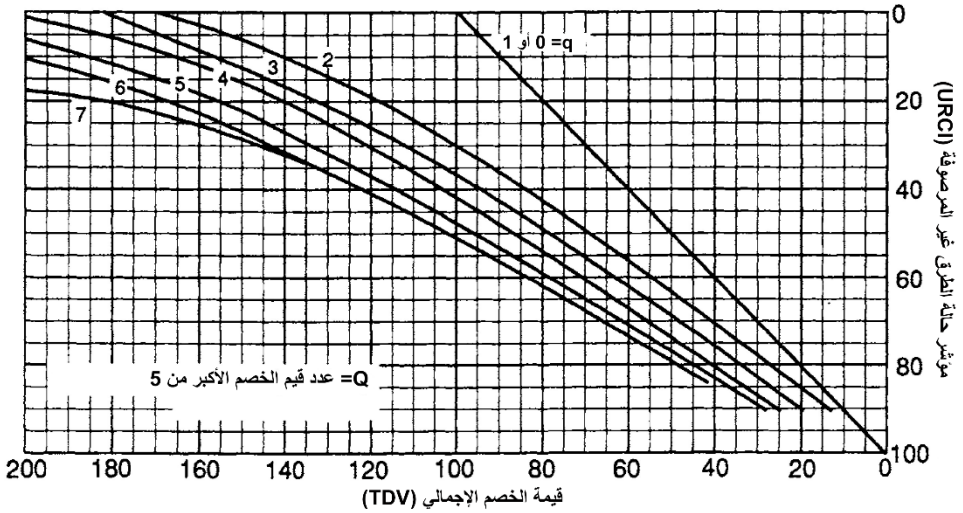
الشكل (ج–١٢) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الحُفر.



الشكل (ج–١٣) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الأخاديد.



الشكل (ج–١٤) الرسم البياني لإجمالي قيمة الخصم والكثافة- الركام السائب.



الشكل (ج–١٥) قيمة الخصم الإجمالي ومؤشر حالة الطريق غير المرصوف (URCI).

الملحق د. دمج نظام إدارة صيانة الرصف مع تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:

د-١ دور نظم المعلومات الجغرافية:

تقوم نظم المعلومات الجغرافية -بقدراتها الاستقصائية المكانية- بتنسيق مفهوم الأرض لأنظمة الشوارع، ويُنظر إليها على أنها أكثر الأجهزة ملاءمة لتحسين إدارة الرصف. تعتمد معظم شبكات الطرق على الإنترنت المستخدم على نطاق واسع في نظم المعلومات الجغرافية؛ مما يسمح للمستخدمين بالتنبؤ بالعديد من الخصائص على طول شبكات الرصف. يُخطط للعمل المقارن؛ مثل: عرض بعض تطبيقات إدارة الرصف وصيانته؛ من خلال تنفيذها يدويًا وأوتوماتيكيًا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

نظام المعلومات الجغرافية؛ هي: أداة لإدارة قاعدة بيانات تقنية المعلومات، التي تُمكّن من إنشاء البيانات الجغرافية المرجعية، وتصورها، وتستعلم عنها، وتحللها، وتفسرها. دمجت قدرات تصور البيانات الوظائف المنطقية والرياضية والإحصائية للتحليل المكاني، واستخدمت التضاريس لاتخاذ القرار، وشكلت ميزة مهمة لنظم المعلومات الجغرافية مقارنة بإدارة قواعد البيانات الأخرى أو أدوات إنشاء الخرائط. تقدم نظم المعلومات الجغرافية حلًا مثاليًا؛ للحفاظ على قاعدة بيانات الطرق، التي تُعدّ أساسًا لصنع القرار وإدارة الرصف. تختلف نظم المعلومات الجغرافية عن نظام التصميم بمساعدة الحاسب(CAD) ؛ في أن نظم المعلومات الجغرافية تخزن بنية عناصره الأساسية (الأقواس والخطوط والمضلعات). وتصف البنية هيكل العلاقات المكانية، التي تتعامل مع الجوار والاتصال وإنهاء العناصر. التصميم بمساعدة الحاسب، هو: أداة تصميم قوية، تُنشئ رسومات إلكترونية متعددة الطبقات، لكن من دون ذكاء في رسم الخرائط.

يمكن لنظام المعلومات الجغرافية تسهيل مشاكل (PMMS) التالية: عرض المخرجات، وجمع البيانات ومعالجتها، وتكامل البيانات، ودمج البيانات المكانية في تحليل (PMMS). يستخدم نظام المعلومات الجغرافية بشكل أساسي لإعداد خرائط متعددة الألوان وعروض بيانية للمعلومات، مثل ظروف الرصف وجداول الإنشاء. كما يتم استخدام التقنيات المكانية بشكل متزايد لجمع البيانات وتنظيفها وتكاملها وصيانتها. تتضمن نظم المعلومات الجغرافية الشاملة إجراءات إدخال البيانات؛ إما من الخرائط، أو الصور الجوية، أو الأقمار الصناعية، أو المسوحات، أو مصادر أخرى، وتخزين البيانات، واسترجاعها، والاستعلام عنها، وتحويل البيانات، وتحليلها، وقولبتها، وتوليد المخرجات؛ بما في ذلك الخرائط، والتقارير، والخطط. بالنسبة لهذا التجميع؛ يُناقش مفهوم نظم المعلومات الجغرافية على أنه (عملية) لدمج البيانات المكانية، في عملية صنع القرار، بدلًا من كونها تقنيات أو حزم برامج خاصة بنظم المعلومات الجغرافية.

نظم المعلومات الجغرافية؛ هي: نظم إدارة قاعدة بيانات محوسبة؛ لتخزين البيانات المكانية، وإدارتها، واسترجاعها، والاستعلام عنها، وتحليلها، وتقديمها. تحتوي نظم المعلومات الجغرافية على نوعين من المعلومات: البيانات المكانية، وبيانات السمات. تحدد البيانات المكانية الخطوط أو النقاط أو وأجسام المضلع (العناصر) الموجودة على سطح الأرض. تُخزن المعلومات المرتبطة بهذه الأجسام في جداول السمات. تسمح كفاءة الارتباط بين الخريطة والمعلومات لنظام الإدارة -المرتبط بنظم المعلومات الجغرافية- أن يكون سريعًا للغاية وفعالًا للغاية في استرداد البيانات المتعلقة بموقع مادي معين، ويسمح بتحليل البيانات المعقدة.

قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية التقليدية، بدون قدرات تجزئة ديناميكية، محدودة -إلى حد ما- في قدرتها على إدارة وتقديم مجموعة بيانات متكاملة متعددة تصف ميزة واحدة؛ مثل مقطع الرصف. تتضمن قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية -عادةً- جميع مجموعات البيانات مجتمعة في جدول قاعدة بيانات واحد. يتم بعد ذلك إنشاء السجلات الجديدة، والعناصر المرسومة المقابلة عندما تتغير قيم السمات؛ مثل: نوع الرصف. يتم تقليل جميع مجموعات البيانات إلى أصغر تقسيم؛ مما يؤدي إلى قدر كبير من تكرار بيانات السمات.

هناك طريقة أخرى محتملة لإدارة مجموعات البيانات؛ وهي: الحفاظ على كل جدول سمات على حدة. يجب الحفاظ على علاقة ترابط بين سجلات السمات والعناصر المرسومة داخل نظم المعلومات الجغرافية؛ ما يؤدي إلى تكرار الشبكة (الرسومات). يمكن أن يتم تقليل هذا التكرار إذا كانت جميع سجلات السمات، في جميع جداول السمات، تشترك في نفس النطاق الخطي. يمكن بعد ذلك أن تشترك سجلات السمات المتعددة في نفس التمثيل البياني. ومع ذلك فإن هذا الباب يحد من المرونة في جمع البيانات وصيانتها.

ترتبط المشاكل الرئيسة التي حُددت مع تطوير واستخدام تطبيقات نظام إدارة صيانة الرصف، والقائمة على نظم المعلومات الجغرافية؛ باستخدام طرق مرجعية مختلفة، ومستوى الجهد المطلوب لتطوير وصيانة قواعد البيانات المكانية، ومعالجة المشاكل الزمنية. تضمنت المشاكل الأخرى التي بُلغ عنها؛ الاختلافات بين المستخدمين في مستوى التفاصيل المطلوبة لوصف الشبكة، ودقة البيانات التي جُمعت بواسطة نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) عندما لا يتوفر التصحيح التفاضلي في الوقت الفعلي، وتوقعات المستخدم المفرطة، ومنحنى التعلم الحاد المطلوب للمستخدمين؛ ليكونوا قادرين على فهم واستخدام برامج وإجراءات نظم المعلومات الجغرافية. تتعلق العديد من المشاكل التي حُددت بتصميم قاعدة البيانات، والاتصال، وتطوير تطبيقات نظام إدارة صيانة الرصف أكثر من التقنيات المكانية المستخدمة.

تُعد البيانات المرتبطة بأنظمة النقل مناسبة -تمامًا- لتحليل نظم المعلومات الجغرافية، بسبب التوزيع المكاني للسمات. ومن ثم فقد أُستخدمت نظم المعلومات الجغرافية في زيادة كفاءة تخطيط النقل، وأنظمة الصيانة، وإعادة التأهيل -بشكل كبير- من حيث: التكلفة، وكفاءة الوقت، واتخاذ القرار. يمكن تطوير تطبيقات إدارة الرصف المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية؛ من خلال توفير التقنية والأدوات؛ للمساعدة في برمجة شبكة صيانة الطرق، ونظام إعادة التأهيل. بشكل عام ينبغي أن تدعم التطبيقات ما يلي:

١- العمل كمخزن لبيانات جرد الرصف.
٢- ربط بيانات الرصف بالخريطة المرجعية.
٣- عرض ظروف الرصف الحالية والمستقبلية على خريطة موضوعية.
٤- عرض إجراءات الصيانة وإعادة التأهيل المقترحة على خريطة موضوعية.
٥- توفير وصول سهل إلى مقاطع الرصف.
٦- المساعدة في إجراء التحليل الإحصائي.
٧- المساعدة في إجراء استفسارات (ماذا لو) لمقاطع الرصف.
٨- المساعدة في عملية صنع القرار.
٩- العمل كأداة في مراقبة وتحديث عملية صيانة الرصف.

لربط بيانات نظام إدارة الرصف مع نظم المعلومات الجغرافية، ينبغي تنفيذ الخطوات التالية بشكل صحيح:

أ- استيراد خريطة أساسية:

من الضروري توافر خريطة أساسية طبوغرافية في برمجيات نظام المعلومات الجغرافية. ستكون الخريطة الأساسية بمنزلة أساس لبيانات نظام إدارة صيانة الرصف. ينبغي أن تكون الخرائط الأخرى المراد إضافتها إسقاطًا واضحًا لنظام إحداثيات خريطة الأساس في برنامج (ArcGIS) الحاسوبي.

ب- تجهيز شبكة الرصف:

هذه هي العملية الرئيسة في تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع نظام إدارة صيانة الرصف؛ حيث يكون الهدف من هذه العملية هو: إنشاء قاعدة بيانات مكانية، متوافقة مع مخرجات عمليات إدارة الرصف. هذه العملية ضرورية لتسهيل جمع البيانات؛ من خلال إنتاج خرائط ميدانية مناسبة للمسوحات الميدانية لعيوب الطرق. تمر عملية إعداد شبكة الرصف بعدة خطوات. وقد صُممت هذه الخطوات والعمليات بواسطة مُنشئ نموذج (ArcMap) لأتمتة هذه العملية، وإنجازها بأسرع وقت ممكن، ودون عناء. الخطوات هي:

١- احصل على شبكة طرق من مصدر موثوق، أو قم بإنشائها يدويًا بواسطة نظم المعلومات الجغرافية.
٢- افحص، وعالج شبكة الطرق، وإصلاح أي خلل أو تكرار. في هذه المرحلة، تُحدد نقطة البداية، ونقطة النهاية لكل طريق.
٣- تقسيم شبكة الطرق إلى مقاطع.
٤- استخراج طبقة جديدة من شبكة الطرق ثم عكس اتجاهها.
٥- إضافة حقل جديد باسم: (اتجاه مسار) إلى طبقتي شبكة الطرق، وتكون قيمة الحقل الجديد في الطبقة الأولى حرف "R" ويشير إلى الاتجاه الأيمن، وفي الطبقة الثانية تكون القيمة حرف "L" ويشير إلى الاتجاه الأيسر. تُنفذ هذه العملية؛ للحصول على تمثيل لكلا اتجاهي الحركة، وهي أحد متطلبات ترميز نظام إدارة الرصف.
٦- الدمج بين شبكتي الطرق؛ باستخدام أداة الدمج للحصول على طبقة شبكة طرق واحدة تمثل الاتجاهين.
٧- قاطع بين طبقة شبكة الطرق النهائية وطبقة المنطقة، بتفاوت قدره متر واحد؛ للحصول على حقل جديد في شبكة الطرق، يحتوي على المنطقة التي يقع فيها الطريق. وهو -أيضًا- أحد متطلبات ترميز نظام إدارة الرصف.
٨- في هذه المرحلة؛ تتوفر جميع مكونات نظام ترميز نظام إدارة الرصف في نفس الطبقة؛ كما هو موضح سابقًا في الباب (٣).

في هذه المرحلة سيتم إنشاء حقل جديد؛ باسم: مؤشر حالة الرصف، يحتوي هذا الحقل على الرمز الفريد لكل مقطع طريق، بعد الانتهاء من جميع المراحل السابقة؛ ستكون شبكة الطرق جاهزة للربط بقاعدة بيانات نظام إدارة الرصف، التي أُنشئت في جدول الكتروني في برنامج (Excel) كما سيُشرح في العملية التالية.

ج- دمج قاعدة بيانات نظام إدارة الرصف مع قاعدة بيانات نظام المعلومات الجغرافية:

هناك ثلاثة طرق لدمج قواعد البيانات: (١) الدمج السلس: يُنفذ نظام إدارة الرصف داخل نظام المعلومات الجغرافية؛ من خلال مشاركة قاعدة بيانات مشتركة. (٢) ربط قاعدة البيانات: تصدير بيانات نظام إدارة الرصف، وضمها إلى نظام المعلومات الجغرافية؛ للتوضيح أو الاستعلام. (٣) تصدير الخريطة: تصدير الخريطة من نظام المعلومات الجغرافية، وضمها إلى نظام إدارة الرصف؛ لاستخدامها في عرض الخريطة.

يعد ربط قاعدة البيانات الطريقة الأرخص بين الأساليب المذكورة أعلاه. في هذه الطريقة؛ تُصدر البيانات من إحدى قواعد البيانات؛ مثل: لغة الاستعلام الإنشائية (SQL) أو (Microsoft Access أو Microsoft Excel)، ثم تضاف إلى جدول السمات في نظام المعلومات الجغرافية. يرتبط كل مقطع من مقاطع الرصف بصف واحد في جدول السمات، يعد ربط قاعدة البيانات طريقة مناسبة للجهة؛ عندما ترغب في تحديث قواعد بياناتها.

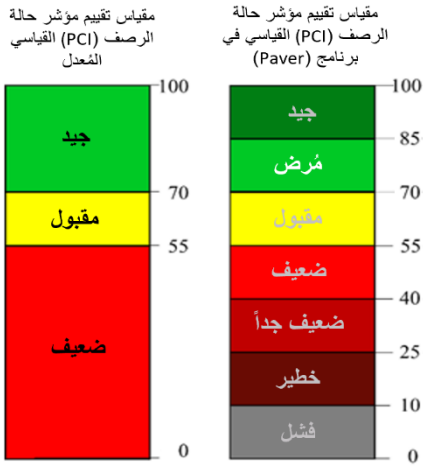
تُنفذ قاعدة بيانات نظام إدارة صيانة الرصف داخل نظام المعلومات الجغرافية؛ من خلال مشاركة قاعدة بيانات مشتركة. توفر هذه الطريقة القدرة على أتمتة جميع الاتصالات ديناميكيًا بين قاعدة بيانات نظام إدارة صيانة الرصف وقاعدة بيانات نظام المعلومات الجغرافية؛ لتسهيل عملية الاتصال، وتوفير الوقت والجهد.

د- ترميز خريطة المخرجات:

تُنتج العديد من التقارير، والاستعلامات، والرسوم البيانية، والخرائط الموضوعية، مع وسائل الإيضاح والرموز؛ بواسطة نظام المعلومات الجغرافية، والمخرج الرئيس هو الخرائط الموضوعية. تختلف طريقة تمثيل مؤشر الأولوية عن طريقة تمثيل مؤشر حالة الرصف؛ حيث تُقسم المعدلات في مؤشر حالة الرصف إلى سبع فئات: (٠-١٠)، (١٠-٢٥)، (٢٥-٤٠)، (٤٠-٥٥)، (٥٥-٧٠)، (٧٠-٨٥)، (٨٥-١٠٠)، أو يمكن التغيير إلى ثلاث فئات بناءً على طريقة الجهة، وكل قيمة تقع ضمن أي فئة تمنحها لونًا معينًا؛ كما في الشكل (د-١). تُستخدم الفئات -نفسها- في أنواع تقييم أخرى، ويعتمد التقسيم على المواصفة -إذا وجدت- أو كما تراه جهة الطرق مناسبًا له.

تشمل العناصر تغطية خطية (خرائط) للخطوط المركزية للطرق التي رُقمت من قِبَل الجهات. تتضمن البيانات المكانية لتغطية الخط معلومات حول كل سطر؛ على سبيل المثال: عقدة البداية (FNODE)، وعقدة النهاية (TNODE)، والمضلع الأيسر (LPOLY)، والمضلع الأيمن (RPOLY)، وطول الخطوط. تربط بيانات جدول قاعدة البيانات معلومات السمة بكل سطر عبر رمز مُعرّف فريد؛ كما هو موضح في الباب (٣)، هذا المُعرّف هو المفتاح لدمج بيانات نظام إدارة صيانة الرصف مع البيانات المكانية لنظام المعلومات الجغرافية.

عندما تقرر المنظمات تنفيذ تقنية نظام المعلومات الجغرافية؛ فإن ما يقرب من ٨٠٪ من التكلفة تكون في بناء قاعدة البيانات. تعد مشاركة البيانات بين المنظمات أمرًا بالغ الأهمية لتقليل تكاليف بدء التشغيل؛ ما يجعل نظام المعلومات الجغرافية أكثر جاذبية وبأسعار معقولة للمنظمات الصغيرة.



الشكل (د–١) ترميز مقياس تصنيف مؤشر حالة الرصف لخريطة المخرجات في نظام المعلومات الجغرافية.

د-٢ حالة طبقات الرصف:

تُظهر الطبقات في برنامج نظام المعلومات الجغرافية حالة الشبكة في عدة تقييمات؛ حيث يُختار المقطع المحدد، وتُدخل البيانات المسجلة من الواقع أو من خلال نموذج؛ للتنبؤ بأداء حالة الرصف في السنوات التي لا يوجد فيها مسح لتقييم الشبكة. تتضمن هذه الطبقات مؤشر حالة الرصف (PCI)، ومؤشر الخشونة الدولي (IRI)، ومعدل الشقوق، ومقاومة الانزلاق، ودرجة قابلية الخدمة الحالي (PSR)، ومؤشر قابلية الخدمة الحالي (PSI). يوضح الشكل (د-٢) مثالًا على تصنيف مؤشر الخشونة الدولي في الشبكة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية.



الشكل (د–٢) مثال على درجة حالة الرصف (PCR) ومؤشر الخشونة الدولي (IRI) في نظام المعلومات الجغرافية (Al-Mansour, 2014).

تتضمن بعض أنواع الطبقات الشائعة الاستخدام من بيانات الجرد: أنواع الرصف، والفئات المرورية، وعدد الشاحنات في اليوم، وعرض سطح الرصف، وعدد المسارات المرورية. هذه الأنواع من البيانات ضرورية لعمليات اتخاذ القرارات والتخطيط.

د-٢-١ تكامل حالة الرصف مع برنامج (ARC/INFO):

يقوم أحدث إصدار من برنامج مايكروبيفر (MicroPAVER) بإنشاء ملف مواصفات الكود الأميركي لتبادل المعلومات (ASCII) من أجل تصدير البيانات؛ من خلال اختيار ملفات تصدير مختلفة، يمكن اختيار ملف أُنشئ بطريقة مؤتمتة بواسطة تقرير مؤشر حالة الرصف (PCI). يحتوي هذا الملف على جميع الحقول (الأعمدة) باستثناء عمر الرصف، الذي سيُدمج مع نظام المعلومات الجغرافية. يمكن إضافة سجلات الملف إلى الهيكل المحدد لـ (INFO.DAT)، الذي يعمل كبيانات جدولية في انتظار ربطها بطبقة بيانات الطرق. بمجرد إدخال معلومات عمر الرصف، يمكن جمع قاعدتي البيانات معًا، بعد ذلك يمكن ربط البيانات الجدولية بالبيانات المكانية (الخط المركزي)، ثم دمج المعلومات المكانية والجدولية. يمكن أن تكون البيانات متاحة؛ لمزيد من المعالجة، والاستعلام، والعرض عن طريق وحدة (PC ARCPLOT).

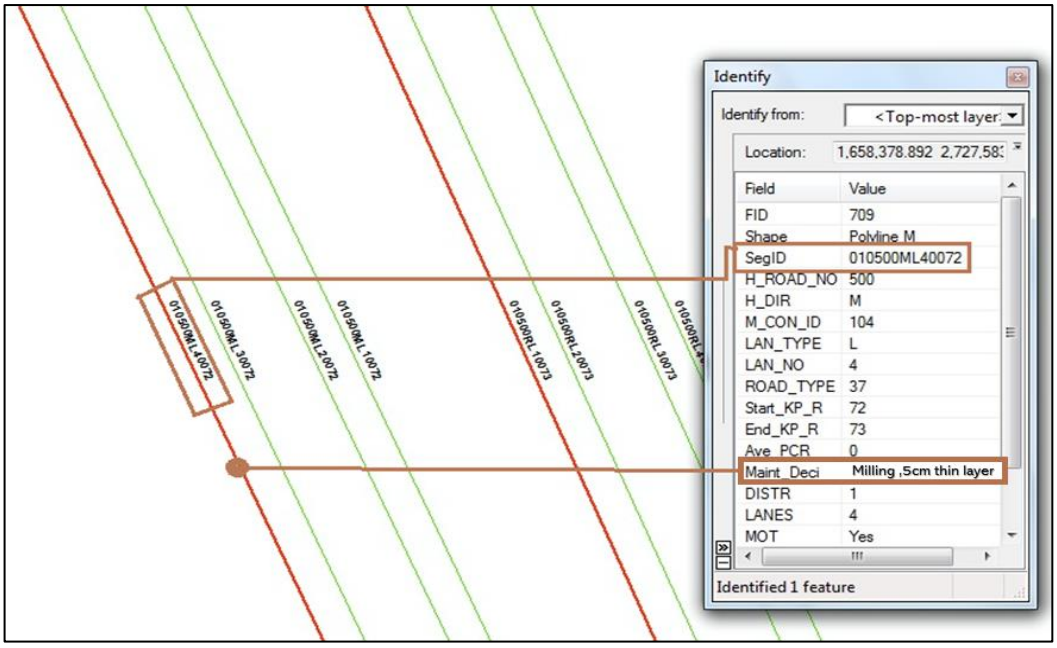
د-٢-٢ تكامل حالة الرصف مع برنامج (ArcCAD):

يحتوي ملف الرَّسم التَّخطيطيّ في برنامج (AutoCAD) على طبقتين مهمتين: حرم الطريق (ROW)، وأسماء الشوارع (PRNNAME). يمكن أن يلزم إنشاء طبقة ثالثة؛ لتخزين الخطوط التي ستُربط بالبيانات الجدولية. بمجرد إدخال جميع الخطوط المركزية؛ سيُوقف تشغيل جميع الطبقات واستدعاء برنامج (ArcCAD).

ستكون الخطوة الأولى لإنشاء التغطية؛ هي: تحديد النسق، والخطوة الثانية: ستكون إضافة السمات، ستكون الخطوة الأخيرة هي تنفيذ الأوامر لتوفير طبولوجيا (topology). بعد ذلك ستُرمز السمات بمعرف فريد. ولإنشاء البيانات الجدولية؛ يجب إنشاء نسق سجل. وقد سمح ذلك بإدخال جميع العناصر والتعريفات، ويمكن تسمية نسق السجل هذا باسم (INFO). يمكن تحميل الملف الذي أُنشئ من تقرير حالة الرصف في (INFO). أصبحت البيانات الجدولية الآن جاهزة للدمج، ويمكن تشفير تغطية النفقات الخاصة برصف الطرق. اختلفت البيانات المكانية عن الإجراء المذكور في الأعلى؛ لأن تغطية النفقات رُقمت من خرائط مختلفة بمقاييس رسم خرائط مختلفة وكانت في نظام إحداثيات مختلف.

د-٣ طبقات الصيانة:

يجب تخزين معالجة الرصف المطبقة بعد الإنشاء الأولي كطبقات صيانة؛ إما للمحافظة على (صيانة) عمر الرصف الأصلي أو تمديده في حالة إعادة التأهيل. يندرج العديد من عمليات المعالجة ضمن فئة الصيانة (الوقائية والتصحيحية على حد سواء)، بينما تندرج العمليات الأخرى ضمن فئة إعادة التأهيل. ويوصى -أيضا- بأن تستحدث الجهات والمنظمات أدوات اتخاذ القرارات باستخدام نظام المعلومات الجغرافية؛ لاختيار استراتيجية الصيانة، أو إعادة التأهيل المناسبة لحالة معينة من حالات الرصف. الشكل (د-٣) يوضح مثالًا لقرار صيانة طبقة.



الشكل (د–٣) مثال لقرار طبقة (Al-Mansour, 2014).

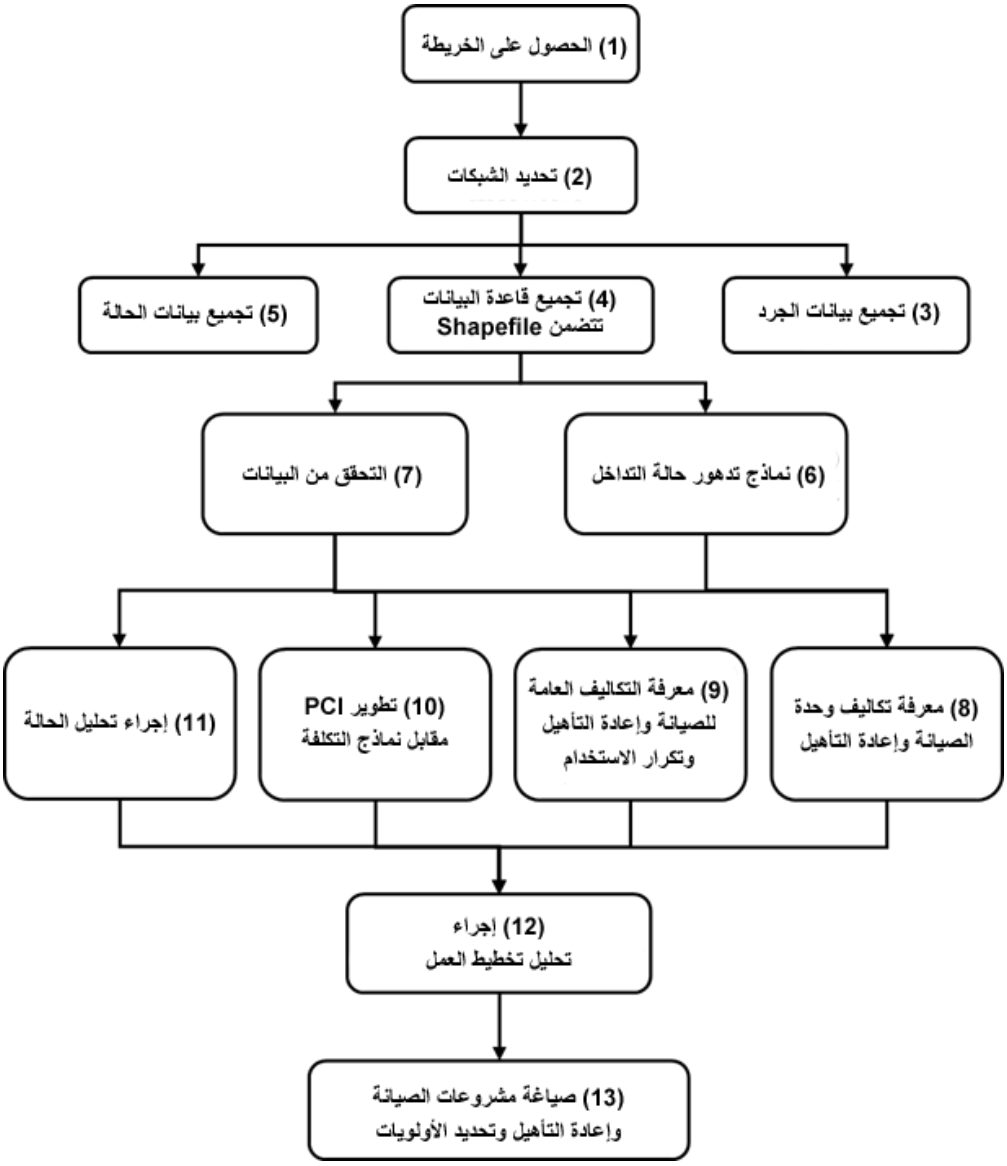
د-٤ الصيانة المنفذة:

نظام إدارة صيانة الرصف (PMMS)؛ عبارة عن مجموعة من الأدوات أو الأساليب، التي يمكن أن تساعد صانعي القرار في إيجاد استراتيجيات فعالة من حيث التكلفة للحفاظ على الرصف في حالة صالحة للخدمة. يمكن استخدام نظام معلومات جغرافية؛ مثل: برنامج (ArcGIS) كأداة لدعم اتخاذ القرارات الخاصة بصيانة شبكات الطرق. يجب إجراء تقييم وتصنيف سطح الرصف في كل طريق داخل الشبكة، الذي يتضمن الخريطة الرقمية لشبكة الطرق، وإحداثيات موقع الخلل، ونوعه، وحجمه، وما إلى ذلك؛ لتطوير قاعدة بيانات ارتباطية. يمكن استيراد قاعدة البيانات المطورة في برنامج جداول البيانات إلى نظام المعلومات الجغرافية؛ للسماح بتحليلات واستعلامات قاعدة البيانات، وسهولة العرض المرئي والمرسوم للنتائج. يمكن تحديث حزمة التكامل التي طُورت بسهولة، كما أنها تتيح الاستعلامات البسيطة والمتعددة لقاعدة البيانات؛ مثل: (ما هذا الشيء، وأين مكانه). كما تسمح بتنفيذ أعمال الصيانة؛ بما في ذلك تقييم حالة الرصف، وميزانية الصيانة اللازمة للطرق، والتحليلات الإحصائية. لذا يوصى بأنه ينبغي على الجهات المعنية أن تعتمد - في مجال صيانة الطرق- استخدام نظام المعلومات الجغرافية لصيانة الرصف وغيرها من أصول الطرق؛ لتعزيز عملية صنع القرار.

الشكل (د-٤) يعرض ملخصًا لتنفيذ نظام المعلومات الجغرافية الخاصة بخطوات نظام إدارة صيانة الرصف. وفيما يلي وصف لكل خطوة من الخطوات.

١- احصل على خريطة؛ وتكون خريطة نظام المعلومات الجغرافية، ذات المرجعية الجغرافية هي الأفضل إذا كانت متوفرة. يسمح ذلك باستخدام نفس الخريطة لإظهار مرافق البنية التحتية الأخرى؛ حيث ستُظهر جميع المرافق إشارات مكانية غير صحيحة لبعضها البعض. يمكن -أيضًا- استخدام خرائط (AutoCAD) ولكن من غير المحتمل أن تكون ذات مرجعية جغرافية.

٢- عرّف الشبكة (الشبكات)؛ الخريطة مقسمة إلى شبكات، وفروع، ومقاطع. ينبغي على موظفي الجهة المشاركة بقوة في هذه العملية؛ لضمان الملكية، والاستخدام الناجح للنظام المنفذ.



الشكل (د–٤) التسلسل الزمني لخطوات التنفيذ.

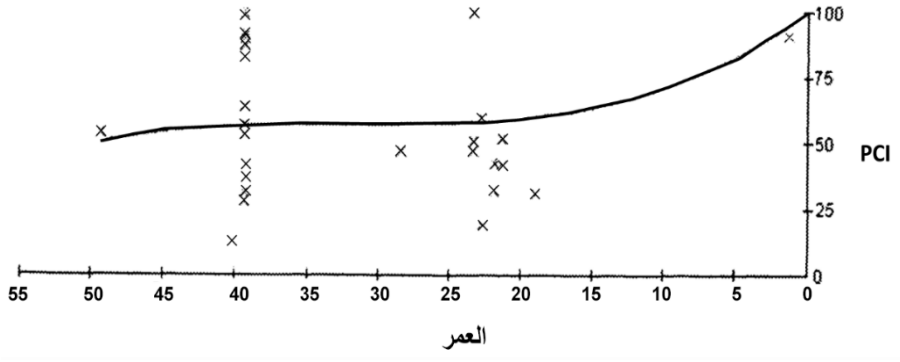
٣- اجمع بيانات الجرد؛ وينبغي إبقاء البيانات المجمعة -حسب ما هو ضروري- لتشغيل نظام الإدارة. تتضمن هذه البيانات: استخدام الفرع، وطول المقطع، والعرض، ونوع سطح المقطع، والتصنيف الوظيفي للمقطع، وتاريخ الإنشاء الأخير الخاص بالمقطع، وتعني بيانات الإنشاء الأخيرة (LCD): بيانات آخر عمليات الصيانة، وإعادة التأهيل الرئيسة. يعد تاريخ الإنشاء الأخير من أهم المعلومات وأكثرها صعوبة؛ من حيث الحصول عليه. تُعد بيانات الإنشاء الأخيرة ضرورية؛ لوضع نماذج تدهور الحالة، وإجراء تحليل للحالة، وتخطيط العمل. إذا كانت بيانات الإنشاء الأخيرة غير معروفة؛ فيمكن تقديرها من مؤشر حالة الرصف عند اكتماله. يمكن القيام بذلك؛ بافتراض معدل تدهور أو منحنى تمثيلي لتدهور الحالة يكون مناسبًا لبناء الرصف، والمناخ، وحركة المرور.

٤- أنشئ قاعدة بيانات تتضمن (Shapefile)؛ وتُستخدم الشبكة (الشبكات) المُعرّفة، وبيانات الجرد المرتبطة بها؛ لإنشاء قاعدة بيانات النظام. تُحول الخريطة التي تُظهر مقاطع الرصف إلى ملف على هيئة (Shapefile) في نظام المعلومات الجغرافية؛ لاستخدامه في إدخال البيانات، والعروض التقديمية.

٥- اجمع بيانات الحالة؛ ينبغي أن تشمل بيانات الحالة العيوب. تشمل بيانات الحالة الأخرى التي يمكن جمعها على فترات مختلفة: الخشونة، والانزلاق، والناحية الإنشائية. أدخل البيانات في قاعدة البيانات.

٦- طوّر نماذج تدهور الحالة؛ النماذج الأولية المطورة في برنامج مايكروبيفر (MicroPAVER) مخصصة لمؤشر حالة الرصف مقابل العمر. تعتمد جودة النماذج على عدة عوامل، أهمها: معرفة بيانات الإنشاء الأخيرة الخاصة بكل مقطع من مقاطع الرصف. عندما لا تكون بيانات الإنشاء الأخيرة معروفة لمقطع ما؛ يمكن تقديره بافتراض معدل تدهور معين، أو منحنى تمثيلي لتدهور الحالة.

٧- تحقق من البيانات؛ ينبغي التحقق من جميع البيانات المدخلة للتأكد من دقتها ومعقوليتها. إحدى الأدوات المفيدة هي مخطط انتشار لمؤشر حالة الرصف مقابل العمر لكل عائلة من عوائل الرصف.الشكل (د-٥) يُظهر مثالًا لمؤشر حالة الرصف مقابل مخطط انتشار للعمر؛ من الشكل يمكن للمرء أن يلاحظ أنه في عمر الأربعين. يتراوح مؤشر حالة الرصف (PCI) من ٢٥ إلى ١٠٠. تشير مجموعة النقاط هذه -عادةً- إلى خطأ في بيانات الإنشاء الأخيرة.



الشكل (د–٥) يُظهر مثالًا لمؤشر حالة الرصف مقابل مخطط مبعثر للعمر.

٨- احصل على تكاليف وحدة الصيانة وإعادة التأهيل المحلية؛ هناك حاجة إلى تكلفة وحدة الإصلاح المحلي لتطوير الصيانة وإعادة التأهيل المحلي للسنة الأولى، ولتحديد عواقب تطبيق مستويات مختلفة من الإصلاح المحلي على مؤشر حالة الرصف والتكلفة. تشمل أمثلة أنواع العمل: منع تسرب الشقوق، والترقيع. بالنسبة لبعض أنواع العمل -مثل الترقيع- ستختلف تكاليف الوحدة بناءً على نوع الرصف؛ مثل: (الأسفلت مقابل الخرسانة)، والاستخدام أي: (مدرج للطائرات مقابل ساحات وقوف الطائرات)، والترتيب أي: (الطرق الشريانية مقابل المحلية).

٩- احصل على تكاليف وحدة الصيانة وإعادة التأهيل العالمية وتواتر الاستخدامات. تُعد المعالجات السطحية مفيدة عند تطبيقها بشكل صحيح وفي الوقت المناسب. لتضمينها في تخطيط العمل؛ ينبغي الحصول على تكاليف الوحدة للمعالجات السطحية المختلفة التي ستُستخدم. يجب -أيضا- تحديد تواتر استخدامات كل نوع من أنواع المعالجة السطحية.

١٠- طوّر مؤشر حالة الرصف مقابل نماذج التكلفة؛ يجب تطوير منحنيات مؤشر حالة الرصف مقابل التكلفة؛ من أجل صيانة وإعادة تأهيل السلامة المحلية، والصيانة وإعادة التأهيل الوقائية المحلية، وعمليات الصيانة وإعادة التأهيل الرئيسة. يمكن إعداد أكثر من منحنى لكل منها؛ ليعكس اعتماد التكلفة على نوع الرصف، والاستخدام، والرتبة.

١١- قم بتحليل الحالة؛ يُجرى تحليل الحالة لإظهار الحالات الماضية، والحالية، والمستقبلية (بافتراض أن عمليات الصيانة وإعادة التأهيل هي بديل مؤقت فقط). يمكن إجراء العرض التقديمي باستخدام الرسوم البيانية الخطية، والمخططات الشريطية، والخرائط.

١٢- قم بتحليل لتخطيط العمل؛ يعد تخطيط العمل أحد أهم مكونات نظام إدارة الرصف، إن لم يكن أهمها؛ إذ يوفر القدرة على:

أ- تحديد متطلبات العمل المحلية السنوية، أي أن عازل الشقوق والترقيع يحددان فئة عمليات الصيانة وإعادة التأهيل المثلى (أي المحلية، والعالمية، والرئيسة) لكل منهما.

ب- مقطع الرصف لكل سنة من التحليل لميزانية معينة.

ج- تحديد التبعات المترتبة لاختلاف مستويات الميزانية على حالة الرصف، وتراكم عمليات الصيانة، وإعادة التأهيل الرئيسة.

د- تحديد متطلبات الميزانية؛ لتلبية أهداف الإدارة المحددة. تتضمن أهداف الإدارة النموذجية المحافظة على الحالة الحالية للشبكة، والوصول إلى حالة معينة في عدد محدد من السنين، أو القضاء على جميع الأعمال المتراكمة لعمليات الصيانة، وإعادة التأهيل الرئيسة في عدد محدد من السنين.

١٣- صياغة مشروعات الصيانة، وإعادة التأهيل، وتحديد الأولويات. تُستخدم المعرفة الناتجة عن خطة العمل لصياغة المشروعات؛ حيث من المحتمل أن يتضمن كل مشروع أكثر من مقطع رصف ويمكن أن يتضمن أكثر من نوع من أنواع العمل. ويمكن -أيضًا- إنشاء المشروعات استنادًا إلى متطلبات أخرى إلى جانب الاقتصاد حسبما تراه الإدارة ضروريًا.

د-٥ حافظ على العملية الحالية:

إدارة الرصف هي عملية ديناميكية تتطلب تحديثات منتظمة. إدارة الرصف ليست نشاطًا لمرة واحدة، لذلك يجب على الوكالات بذل جهد لتحديث المعلومات المضمنة في عملية إدارة الرصف. تعد إدارة البيانات مكونًا رئيسيًا للحفاظ على قاعدة البيانات والحفاظ على المعلومات الحالية.

تم تحديد التحديثات المطلوبة اللازمة للحفاظ على عملية إدارة الرصف الشاملة الحالية لخطوات عملية إدارة الرصف هذه:

١- تحديد الشبكة وجمع البيانات - تعتبر معلومات الجرد المتعلقة بأجزاء الرصف مكونًا ثابتًا نسبيًا في قاعدة البيانات. يجب تحديث هذه العناصر فقط في حالة حدوث تغييرات كبيرة في شبكة الرصف. ومع ذلك، ينبغي تحديث تفاصيل سجل العمل على أساس سنوي لتتبع أنشطة الصيانة وإعادة التأهيل بشكل صحيح في أقسام الرصف.

٢- جمع بيانات الحالة – توصي الممارسات العامة لإدارة الرصف بجمع معلومات الحالة على قطاعات الرصف في دورة مدتها ٣ سنوات على الأقل. لذلك، ينبغي جمع هذه البيانات وتحديثها في جدول بيانات إدارة الرصيف أو برنامج في نفس الدورة.

٣- توقع الحالة - يمكن تحديث متوسط معدلات التدهور مع كل دورة لجمع البيانات. إذا تم استخدام نماذج التنبؤ، ففكر في تحديثها كل ٣ سنوات عند تطويرها في البداية ثم في دورة مدتها ٥ سنوات بعد إنشائها.

٤- اختيار العلاجات – نظرًا لأن الوكالات تستخدم نتائج العلاجات الموصى بها بناءً على عمليات اختيار العلاج، ينبغي تحديث القواعد والأولويات لضمان استمرار العملية في التحسن في المستقبل.

٥- نتائج التقرير - يمكن استخدام نتائج التقرير من قبل وكالة مع كل خطة جديدة لإدارة الرصف ، والتي ينبغي إجراؤها بشكل مثالي كل عام أو في دورة مدتها ٣ سنوات كحد أقصى لتتوافق مع دورة جمع البيانات لمدة ٣ سنوات.

الملحق هـ. مسرد المصطلحات:

الاتحاد الأمريكي لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين – منظمة لمهندسي الطرق تطور المواصفات، وتنشر المواصفات وبروتوكولات الاختبار والأدلة؛ لتستخدمها وكالات النقل في جميع أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية.

اختبار الانحراف - طريقة اختبار غير إتلافي تستخدم لتحديد القدرة الإنشائية، وخواص الرصف القائم؛ تقييم قدرته على تحمل الأحمال المرورية المستقبلية.

اختبار البندول (الاحتكاك) - اختبار يُستخدم لتحديد المعامل الديناميكي للاحتكاك (CoF) للسطح.

اختبار غير إتلافي - يُشار إليه أيضًا بالفحص غير الإتلافي(NDE) ، والمعاينة غير الإتلافية(NDI) ، والتقييم غير الإتلافي (NDE)، وهو أسلوب اختبار وتحليل يُستخدم لتقييم خواص المواد أو المكونات أو التجميعات للانقطاعات، أو الاختلافات في الخصائص دون التسبب في تلف الجزء الأصلي.

أداء الرصف - قدرة الرصف على الحفاظ على قابليته للخدمة بمرور الوقت، أو مع زيادة تطبيقات الحمولات المحورية.

الإدارة الاتحادية للطرق - هيئة داخل وزارة النقل الأمريكية تدعم حكومات الولايات والحكومات المحلية في تصميم وإنشاء وصيانة نظام الطرق القومية (برنامج مساعدات الطرق الاتحادية) ومختلف الأراضي المملوكة للحكومة الاتحادية والسكان الأصليين .

إدارة الرصف – نهج إداري يساعد في إيجاد الاستراتيجيات المثلى، خاصة فيما يتعلق بفعالية التكلفة؛ لتوفير رصفيات ذات حالة قابلة للخدمة وصيانتها على مدى فترة زمنية معينة كما هو محدد في نظام إدارة الرصف.

الإدارة على مستوى الشبكة - نهج إداري يتعامل مع شبكة الرصف ككل، ويهتم عمومًا بالقرارات عالية المستوى المتعلقة بالتخطيط والسياسة والميزانية على مستوى الشبكة.

الإدارة على مستوى المشروع (إدارة الرصف على مستوى المشروع) – مجموعة من الطرق والإجراءات والبيانات والبرامج الحاسوبية والسياسات والقرارات لإنتاج حلول الشبكات باستخدام بيانات مقاطع رصف محددة) مثل: المرور، والأحمال المكافئة للمحور الأحادي(ESALs) ، والسلامة، والجرد، وحالة الرصف (داخل الشبكة التي تهتم عمومًا بالقرارات ذات المستوى الأدنى المتعلقة بالحالة، والصيانة، وإعادة الإنشاء، وإعادة التأهيل، وتكاليف الوحدة.

الاستشعار عن بُعد باستخدام القمر الصناعي - هو استشعار ومراقبة الخصائص المادية لجسم أو منطقة عن طريق قياس الإشعاع المنعكس والمنبعث منه على مسافة باستخدام قمر صناعي. ويُستخدَم في العديد من المجالات، بما في ذلك الجغرافيا، ومسح الأراضي، ومعظم تخصصات علوم الأرض، وفي تطبيقات مثل: مراقبة الفيضانات والجفاف، ورطوبة التربة، والغطاء النباتي، وإزالة الغابات، وانحسار الغابات، وحرائق الغابات، وتخزين الكربون، والغطاء الأرضي، ومراقبة الطرق والتخطيط العمراني.

استواء السطح الطولي - خاصية السطح ذات الصلة بالمستخدمين، والتي تُعرَّف على أنها استواء القطاع الطولي لسطح الطريق، والتي تُقاس باستخدام أربع أجهزة استشعار ليزر مثبتة بكمرة صلبة موضوعة أسفل المركبة في مسار العجلة اليمنى.

الأسفلت – عبارة عن بقايا شبيهة بالأسمنت ذات لون بني غامق إلى أسود يتم الحصول عليها من تقطير الزيوت الخام المناسبة، أو من المصادر الطبيعية أو خليط منهما معًا.

أسفلت كامل العمق - هيكل رصف أسفلتي يستخدم خلطة الأسفلت الساخن لجميع الطبقات فوق القاعدة الترابية (الأساس/ما تحت الأساس والطبقة السطحية).

إعادة الإنشاء - استبدال هيكل رصف قائم بالكامل الذي وصل إلى نهاية عمره التشغيلي، أو تدهور بشكل حرج بهيكل رصف جديد مثله أو بزيادة هيكل الرصف.

إعادة التدوير - إعادة استخدام مواد الرصف القديمة، مثل الخلطات الأسفلتية، أو الخرسانة، أو مادة الأساس/ما تحت الأساس في عملية إنشاء هيكل رصف جديد.

إعادة التدوير في الموقع على البارد - عملية إعادة التدوير في الموقع الذي يُعاد فيه تدوير الرصف الأسفلتي القائم باستخدام معدات متخصصة (مثل: شاحنات الصهاريج وآلات الكشط على البارد ووحدات التكسير/ الفرز أو وحدات تحديد المقاس، والخلاطات، وآلات فرد الرصف، ومداحل الدمك). تستخدم عملية إعادة التدوير على البارد في الموقع ١٠٠٪ من الرصف الأسفلتي المعاد تدويره الذي أُنتج في الموقع، وعادةً ما تعالج الرصف الأسفلتي بعمق يتراوح من ٧٥ إلى ١٠٠ ملم.

إعادة إنشاء الرصف - هي عملية استبدال هيكل الرصف الحالي بهيكل جديد مكافئ عن طريق إزالة جميع طبقات الأسفلت والخرسانة واستبدالها، وغالبًا أيضًا طبقة الأساس وما تحت الأساس، إلى جانب معالجة القاعدة الترابية والصرف، وتغييرات هندسية (جيومترية) محتملة.

إعادة إنشاء طبقة السطح - تقنية صيانة تتضمن وضع طبقة جديدة أو أكثر على سطح موجود بدلًا من استبدال هيكل الرصف بالكامل؛ لإطالة عمر خدمته وتعزيز السلامة.

إعادة تأهيل الرصف - اتُبعت استراتيجية خاصة لاستعادة أداء الرصف، وإطالة عمره التشغيلي باستخدام علاجات وتقنيات إعادة التأهيل بما في ذلك: التكسيات الإنشائية، واستبدال بلاطة الأسمنت البورتلاندي الخرساني المعيبة.

إعادة تدوير طبقات الرصف بكامل العمق - تقنية إعادة التدوير في الموقع، حيث تُسحَق جميع طبقات رصف الأسفلت وجزء محدد مسبقًا من المواد الأساسية (طبقة الأساس وما تحت الأساس والقاعدة الترابية أو مزيج من الثلاث طبقات) بشكل موحد ومزجه مع عامل تثبيت، مع إضافة مزيج من المواد المضافة أو الاستغناء عنها، وإنتاج وإعادة استخدام ١٠٠٪ من المواد المعاد تدويرها.

اقتلاع - هي جزء صغير من السطح الخرساني انفصل، يتراوح قطره عادة من ٢٥ ملم (بوصة واحدة) إلى ١٠٠ ملم (٤ بوصات) وعمقه من ١٣ ملم (٢/١ بوصة) إلى ٥٠ ملم (٢ بوصة)، ويمكن أن يحدث عن طريق الضغط الداخلي ما يترك عيبًا ضحلًا، عادة مخروطي الشكل.

الانحراف - الحركة العمودية لسطح الرصف نتيجة الحمل المطبق (سواء أكان ثابتًا أم ديناميكيًا).

إنشاء الطرق وصيانتها - الأنشطة المتخذة للحفاظ على كل نوع من أنواع هياكل الطرق وصيانتها قدر الإمكان في حالتها الأصلية كما أُنشِئت.

برنامج إدارة صيانة رصف الطرق - برنامج يوفر إجراءً متسقًا وموضوعيًا ومنهجيًا لوضع سياسات المرافق، وتحديد الأولويات والجداول الزمنية، وتخصيص الموارد، وتتبع بيانات حالة الرصف الحالية والتاريخية، وإعداد الميزانية لصيانة الرصف وإصلاحه.

البروز - حركة موضعية صاعدة للبلاطة وتصدّع للخرسانة عند فاصل أو شق، ويحدث ذلك نتيجة لإجهادات الانضغاط من الحرارة والمياه.

البيتومين - يُشار إليه أيضًا باسم الأسمنت الأسفلتي، وهو مادة لزجة سوداء يمكن الحصول عليها من الطبيعة أو من تكرير البترول، وتتميز بخصائص العزل المائي والالتصاق.

التجديد - هي عملية استعادة الخصائص الكيميائية الأصلية لمادة أسفلتية مؤكسدة عتيقة مع مستحلب يتكون من أسفلت أو بوليمر أو لاتكس أو مواد مضافة أخرى.

التجوية - يُشار إليه أيضًا باسم التطاير، وهو نوع من العيوب في رصفيات الأسفلت ويُعرَّف بأنه فقدان مواد سطح الرصف نتيجة لإزاحة جزيئات الركام، وتدهور المادة الرابطة للأسفلت.

تحدبات وتقعرات (مطبَّات) - سطح رصف صغير به إزاحة علوية ناتجة عن عامل عدم استقرار الرصف.

تحليل البيانات - عملية الفحص المنتظم للبيانات وتصنيفها ومعالجتها وتلخيصها ونمذجتها؛ لاكتشاف معلومات مفيدة ودعم عملية اتخاذ القرار. ويستخدمها المتخصصون في النقل للوصول إلى بيانات دقيقة لكل طريق في الدولة، في كل يوم من أيام السنة.

تحليل تكلفة دورة الحياة - إجراء تحليل اقتصادي يُستخدم لتقدير التكاليف الإجمالية لبدائل المشروع لهياكل الرصف ومقارنتها مع الأخذ في الاعتبار تكاليف دورة الحياة التي تشمل تكاليف الجهة (تكاليف الإنشاء والصيانة وإعادة التأهيل)، وتكاليف المستخدم (تكاليف التأخيرات التشغيلية أو القيود في أثناء الإنشاء).

تحليلات الفيديو - تقنية تستخدم الذكاء الاصطناعي؛ لإكمال المهام بما في ذلك استشعار الأشياء وتتبعها مثل المركبات والأشخاص وإشارات المرور وغير ذلك، في الوقت الفعلي، وعد المركبات أو الأشخاص في المناطق المزدحمة من خلال تطبيق الرؤية **البصر**ية للحاسب والتعلم العميق على لقطات الفيديو أو بث الفيديو المباشر.

تخدد - هبوط طولي متلاصق ينحرف عن سطح مستوي محدد عن طريق ميل عرضي وقطاع طولي.

التداخل - يُدعَم التحويل الفعال للحمل من جانب إلى آخر لفاصل أو صدع من خلال إسقاطات جزيئات الركام المكشوفة عند تشكّل الصدع.

التدرج - توزيع جزيئات الركام أو التربة أو المواد الحبيبية الأخرى بين الأحجام القياسية التي يُعبَّرعنها عادةً كنسبة مئوية من المادة التي ستمر عبر العديد من المناخل ذات الأحجام المختلفة.

التدهور - العملية التي تنشأ من خلالها العيوب والأضرار وحالات الفشل في سطح الرصف أو الخرسانة بسبب الإجهاد الناجم عن تأثير عوامل مختلفة مثل: الأحمال الثقيلة، وسوء الصرف، وسمك الطبقة غير المناسب، والمواد، وغير ذلك.

تدهور الرقعة - يُقصد به تدهور رقعة أي جزء من سطح الرصف أكبر من ١ قدم٢، أُزيل واستُبدِل،أو وضِعت على الرصف مادة إضافية بعد الإنشاء الأصلي. وهذا التدهور عادةً يتطور بمعدل أعلى من الرصف الأصلي ويؤثر سلبًا على جودة الركوب.

الترقيع - نوع من معالجة الرصف الأسفلتي يشمل تحديد منطقة العيب وقطعها بالمنشار، وإزالة الأسفلت القديم وإجراء تنظيف شامل، ووضع طبقة لاصقة، ثم الردم باستخدام الأسفلت الساخن، والدمك باستخدام جهاز دمك لوحي اهتزازي أو رصها بمدحلة هزازة صغيره.

ترقيع حفريات المنافع - أحد الأسباب الرئيسة لتدهور الرصف ويُقيّم من خلال قياسات الانحراف في نقاط مختلفة على الرقعة والرصف القائم باستخدام مقياس انحراف الثقل الساقط.

تسرّب النفط - انسكاب النفط أو تسريبه أو ضخه أو صبه أو انبعاثه أو تفريغه أو إلقاؤه على نحو يمكن أن يتسبب في تدهور سطح الرصف الأسفلتي أو تليينه. يتسرب النفط إلى الرصف، ويغير كيمياء المادة الرابطة للأسفلت، ما يجعلها أكثر نعومة وعرضة للتلف بشكل أكبر مما ينبغي.

تسرّب الوقود - انسكاب أي وقود مثل البنزين أو البترول أو زيت الوقود أو الحمأة أو نفايات الزيت أو المذيبات الأخرى أو تسريبه أو ضخه أو صبه أو انبعاثه أو تفريغه أو رميه على النحو الذي يمكن أن يؤدي إلى تدهور الرصف أو تليين سطحه.

التشظي - نوع من عيوب الرصف في الرصفيات الخرسانية، ويُعرّف بأنه تكسير أو تقطيع أو تشقق في منطقة موضعية من البلاطة، ويحدث بسبب التمدد عمومًا.

التشقق الخريطي - يُشار إليها أيضًا باسم الشقوق النموذجية، وهي نوع من عيوب الرصف الخرساني التي تُعرَّف على أنها سلسلة من الشقوق المترابطة التي تمتد فقط إلى الجزء العلوي من البلاطة، وتنتج عادةً عن الانكماش في أثناء تجفيف السطح المقيد بواسطة الخرسانة الأساسية التي تنكمش بشكل أقل، والتوسع بسبب تفاعل قلوي السيليكا(ASR) ، والتقلص الحراري المقيد، خاصة في الفترات المبكرة من دورة الحياة.

التصدع - نوع من عيوب الرصف الخرساني، يُلاحَظ -عادةً- في الرصفيات الخرسانية العادية ذات الفواصل(JPCP) ، ويُعرّف على أنه اختلاف في الارتفاع عبر فاصل أو شق عرضي، وينتج -عادةً- عن مجموعة من العوامل مثل النقل غير الفعال للحمل عند الفواصل، وضخ الألواح، وتسويات الألواح، والتجعد، والالتواء، والظروف غير الملائمة لدعم القاعدة.

تصنيف الطرق - تصنيف الطرق وفقًا لنوع الخدمة التي تقدمها وطريقة عملها داخل نظام النقل للمساعدة في إنشاء سمات تصميم الطرق، وسياسة تخطيط استخدام الأراضي، وكثافة المرور، والتنقل والسلامة، ومتطلبات الوصول.

التصوير الحراري بالأشعة تحت الحمراء - عملية استخدام جهاز التصوير الحراري (ترمومتر الأشعة تحت الحمراء) لفحص درجة حرارة السطح عن طريق الكشف عن الإشعاع (الحرارة) القادم من السطح وعرض درجات الحرارة وتسجيلها على شكل صور ملونة بمقياس مرجعي. ويُستخدم في البحث عن عيوب أو أضرار في هيكل رصف الطريق أو الجسر.

التطاير - فقدان مادة سطح الرصف التي تشتمل على إزاحة جزيئات الركام وتدهور الرابط الأسفلتي.

تعبئة الفواصل - تعبئة الفواصل بين ألواح الرصفيات الخرسانية بمادة قابلة للضغط نسبيًا؛ لحماية حواف الفواصل من التلف الناتج عن التغيرات في درجات الحرارة والأحمال الثقيلة.

تفسير البيانات - عملية مراجعة البيانات باستخدام طرق تحليلية متنوعة تساعد في تصنيف المعلومات ومعالجتها وتلخيصها؛ للإجابة على الأسئلة المهمة والتوصل إلى الاستنتاجات ذات الصلة.

تقاطع السكك الحديدية - يُشار إليه أيضًا باسم تقاطع سطحي أو معبر السكك الحديدية والطرق أو مزلقان الطرق-السكك الحديدية، وهو مكان يتقاطع فيه طريق وسكة حديد على المستوى نفسه المشار إليه بواسطة لافتات و/أو أنوار و/أو أجراس و/أو بوابات تسدّ الطريق.

تقشّر - هو تقشّر موضعي أو تقشير سطح البلاطة الخرسانية العلوي، يتراوح عمقه عادةً من ٣ ملم (٨/١ بوصة) إلى ١٢,٥ ملم (٨/١ بوصة)، ما يؤدي إلى التعرض للتجمد والذوبان وفقدان المونة والركام.

تكرارية - يُشار إليها أيضًا بموثوقية الاختبار، وهي مدى قرب التوافق بين نتائج القياسات المتتالية للمقياس نفسه، عند إجرائها في ظروف القياس نفسها. وتُحسَب بإجراء التجربة نفسها عدة مرات، وإجراء تحليل إحصائي للنتائج.

تكسر الحواف (تكسر الأركان) - شقوق تتكوّن على شكل هلال أو شقوق مستمرة إلى حد ما في حدود ٠,٦ م (٢ قدم) من حافة الرصف نتيجة لضعف القاعدة الترابية، أو ضعف الدمك، أو الانكماش، أو سوء الصرف، أو تأثير الصقيع في المواد المحيطة/ الأساسية.

تلف الرصف (عيب في الرصف) - أي أداء غير مقبول للرصف أو علامات فشل، مثل: الشقوق العرضية، والتخدد، والشقوق الشبكية، والحفر، والشقوق الطولية، والتطاير، والهبوط، والضخ، والنزف، والتحدبات، والمقاومة الضعيفة للانزلاق، والخشونة.

تلف عازل الفواصل (تدهور عازل الفواصل) - أي حالة تصيب عازل الفواصل، وتسمح بتراكم المواد غير القابلة للضغط (التربة أو الصخور) في الفواصل، أو تسمح بتسلل كبير للمياه من السطح. ومن أنواع تلف طبقة الفواصل ما يلي: البثق، والتصلب، وضعف

المادة اللاصقة (الرابطة)، وضعف التماسك (الانقسام)، والفقد الكامل لمانع التسرب، وتسرب المواد الغريبة في الفواصل، أو نمو الأعشاب الضارة فيها.

التموجات - نوع من انحرافات الرصف الأسفلتي يتضمن تموجات عرضية على فواصل منتظمة في السطح بسبب عدم الاستقرار.

تنظيف الطرق - عملية تنظيف الطرق وإزالة المخلفات منها، ويشمل ذلك التجريف و/أو الكنس و/أو الكسح و/أو الشفط؛ لضمان توفير بيئة قيادة موثوقة وآمنة، مع تحسين قدرة الطريق وكفاءته التشغيلية.

جرد الطرق - ١. مسح شامل يمكن استخدامه لدراسة ملف تعريف الطرق من حيث سمات منطقة الدراسة مثل عرض الطريق/الرصف وأنواع رصف الطرق وإنارة الشوارع والسطوع وأنواع الصرف والتعديات ووجود البائعين/أثاث الشوارع ومحطات الحافلات وغير ذلك. ٢. إجراء الاحتفاظ بنظام جرد طرق من خلال جمع البيانات الوصفية والإحصائية من جميع أنظمة الطرق. ويشمل الجرد التصنيف الوظيفي للطرق، وإجمالي الكيلومترات، والمالك، والأصول المخصصة لأقسام طريق.

الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد - منظمة وطنية تطور طرائق ومواصفات موحدة من أجل جودة المنتجات.

جهاز (Walking Profiler) - هو أداة قياس عالية الدقة تُستخدم لجمع معلومات حالة سطح الرصف (القطاع الطولي للرصف) بسرعة المشي الحقيقية، وتحديد مؤشر الخشونة الدولي(IRI) ، ونسيج متوسط عمق القطاع الطولي (MPD) (كمعلمة اختيارية)، والمسافة.

جهاز اختبار القبضة (GripTester) - معدات لقياس الاحتكاك المستمر(CFME) ، تستخدم لفحص مواقع الحوادث، ومناطق المشكلات؛ لتوقّع سلامة أسطح الرصف، ولتوفير استراتيجية؛ لتحسين الرصفيات ذات الأداء الضعيف عن طريق قياس مقاومة الانزلاق.

جهاز استشعار المرور - جهاز سلامة كهروميكانيكي يُستخدم لاستشعار وجود أي مركبة متحركة؛ لإرسال إشارة إلى نظام التحكم المروري، ومنع وقوع أي حادث. ويُستخدم عادة بالقرب من السكك الحديدية، أو عند البوابات أو الأبواب.

جهاز استشعار ضوضاء الطريق - جهاز استشعار يُستخدم لقياس مستويات الضوضاء من تدفق المرور.

جهاز رسم القطاع الطولي (Profilograph) - جهاز يتكون من عجلة استشعار مثبتة لتوفير حركة رأسية حرة في وسط الإطار تستخدم لتحديد خشونة سطح الرصف عن طريق حساب البيانات المستخدمة لتحديد مؤشر الخشونة الدولي.(IRI)

جهاز قياس القطاع الطولي للرصف بالليزر – (Laser Profiler) أداة مزود بأجهزة استشعار ليزر غير تلامسية تستخدم؛ لقياس المسافة إلى سطح الطريق ومقاييس التسارع لتعويض آثار حركة المركبة.

جودة البيانات - مقياس لحالة البيانات يعتمد على عوامل تشمل الدقة، والاكتمال، والاتساق، والموثوقية، والتغطية، والتوقيت المستخدَم لفحص مدى ملاءمة البيانات لخدمة غرضها المحدد.

حالات الفشل - عدم قدرة الهيكل الإنشائي على أداء وظائفه المطلوبة ضمن متطلبات الأداء المحددة.

حالة الرصف - تمثيل كمي لبيانات حالة الرصف بما في ذلك وصف العيوب، وتقديرها، وتمثيل كمي لمؤشر حالة الرصف في نقاط مختلفة جنبًا إلى جنب مع الميزة.

حالة الرصف الإنشائية - تتعلق حالة الرصف بمستوى خدمة هيكل الرصف للأحمال المرورية التراكمية، وتتميز بمعامل الرصف والرقم الإنشائي للرصف.

الحالة الوظيفية للرصف - تتعلق حالة الرصف بمستوى الخدمة المقدمة لمستخدمي الرصف خلال العمر الافتراضي للرصف وبين عمليات الإصلاح الكبرى التي تعتمد على جودة الركوب والسلامة. والخصائص الرئيسة التي مُسِحت في التقييم الوظيفي، ألا وهي: مقاومة الانزلاق، ونسيج السطح، وخشونة الطريق.

الحفاظ على الرصف - استراتيجية تركز على الحفاظ على هيكل الرصف، بما في ذلك معالجات الرصف الفعالة من حيث التكلفة لإطالة عمر الخدمة، أو تحسين إمكانية خدمة الرصف القائم.

حفر - نوع من عيوب الرصف في الرصفيات الأسفلتية تُعرَف بأنها ثقوب على شكل وعاء، يزيد قطرها عن ١٠٠ ملم (٤ بوصات)، وتحدث نتيجة لعيب في السطح، على سبيل المثال: التجريف الشديد، أو الشقوق التمساحية، أو الترقيع السيء، أو الإصلاح السيء لقطع المنافع، أو نقص كمية الأسفلت الموضوعة.

الخرسانة الأسفلتية - يشار إليها أيضًا باسم الأسفلت أو السطح الأسفلتي، وهي عبارة عن خليط مركب يتكون من الركام ومواد ربط الأسفلت. وهي المواد السطحية الأكثر استخدامًا لإنشاء الطرق، والمطارات، وساحات وقوف السيارات، وأنواع الرصف الأخرى.

الخشونة - هي إحدى عناصر نسيج السطح، وتُعرف بأنها تعبير عن عدم انتظام سطح الرصف الذي يؤثر سلبًا على ديناميكيات المركبات وجودة الركوب، والأحمال الديناميكية، والصرف، والقطاع الطولي، والقطاع العرضي، والميل العرضي، وتكاليف تأخر المركبات، واستهلاك الوقود، وتكاليف الصيانة ونحو ذلك.

الخلط في المكان - عملية خلط التربة في الموقع بعامل ربط يُستخدم في تشكيل الخرسانة.

الخلطة الأسفلتية الخرسانية الساخنة – انظر "الخلطة الأسفلتية الساخنة."

الخلطة الأسفلتية الساخنة - خليط ساخن عالي الجودة يُتحكم به في درجة حرارته (بشكل عام بين ٢٧٠ و ٣٥٠ درجة فهرنهايت) من مادة الأسفلت (الأسمنت) الرابطة والركام جيد التدرج أو ذي التدرج المفتوح، أو ناقص التدرج الذي يمكن دمكه في كتلة كثيفة منتظمة.

دفع - إزاحة أفقية لمنطقة محددة من سطح الرصف، ويمكن تتضمن أيضًا بعض الإزاحات الرأسية.

الرادار المخترق للأرض – أداة غير تدخلية مصممة لتصوير باطن الأرض باستخدام الإشعاع الكهرومغناطيسي لفحص المرافق الموجودة تحت الأرض مثل الخرسانة أو الأسفلت أو المعادن أو الأنابيب أو الكابلات أو الإنشاء، وكذلك لاكتشاف الفراغات والاختلالات الموجودة تحت الأرض.

رصف الخرسانة العادية ذو الفواصل - نوع من الرصف الخرساني الذي يستخدم فواصل الانكماش العرضية؛ للتحكم في موقع جميع الشقوق الطبيعية المتوقعة، ولا يستخدم أي حديد تسليح، ويمكن أن يستخدم أجهزة نقل الحمل (مثل قضبان الأوتاد) في الوصلات العرضية. ويُختار تباعد الفواصل المستعرضة بحيث لا تنتج إجهادات درجة الحرارة والرطوبة تشققًا وسطيًا بين الفواصل.

الرصف الخرساني المستمر التسليح - نوع من الرصفيات الخرسانية المسلحة بقضبان حديدية في جميع أجزاء الاتجاه الطولي للتحكم في مسافات الشقوق العرضية والفتحات بدلاً من فواصل الانكماش العرضي؛ لاستيعاب تغيرات حجم الخرسانة ونقل الحمل.

رصف صلب – هيكل إنشائي للرصف يتكون من بلاطة خرسانية مصنوعة من أسمنت بورتلاندي ذات مقاومة انحناء عالية نسبيًا، وتستند على طبقة أساس أو على طبقة ما تحت الاساس.

رصف مرن - هيكل إنشائي للرصف مصنوع من الخرسانة الأسفلتية الذي يحافظ على اتصال وثيق بالقاعدة الترابية ويوزع الأحمال عليها، ويعتمد على تشابك الركام، واحتكاك الجسيمات والتماسك؛ لتحقيق الاستقرار.

رقعة سطحية - نوع من معالجات صيانة الرصف الأسفلتي يُستخدم لإصلاح سطح طريق معبَّد عن طريق ملء الحفرة بخلطة معدّة مسبقًا.

رقعة عميقة - نوع من الرقع يشتمل على حفرة بعمق يتراوح من ٣ إلى ٦ أقدام تُردَم بمواد حبيبية مدموكة جيدًا وتشتمل على طبقة واحدة أو أكثر من التسليح الأرضي الاصطناعي الذي يُستخدم في إعادة إنشاء سطح الطريق المشقق ومناطق الهبوط على الطرق ذات الأسطح الركامية في أثناء عمليات صيانة الطرق المعتادة المقررة، وبالتالي تغطية المنطقة ولكن من دون تصحيح المشكلة.

ركام ذو تدرج الكثيف - تدرج يحتوي على توزيع لحجم الجسيمات بحيث عندما يُدمك، تكون الفراغات الناتجة بين جزيئات الركام، التي يُعبَّر عنها كنسبة مئوية من إجمالي الحيز المكاني الذي تشغله المادة، صغيرة نسبيًا. التدرجات النموذجية تكون قريبة من المنحنى الأسي ٠,٤٥ ولكنها لا تنطبق عليه مباشرة.

ركام سطحي متفكك – ظهور حصى متفكك أو شظايا صخرية على سطح الطريق عندما يتحرر الركام ما يمكن أن يؤدي إلى تقليل الاحتكاك وفقدان التحكم في المركبة. ويمكن أن يَنتج عن تجريف الطبقة العازلة الرملية أو الرصف الخرساني الأسفلتي، أو الحصى المترسب على الطريق بسبب تآكل مقاطع الحفر فوق الطريق، أو الركام الفائض غير المترابط الذي لم يُزَل من السطح عند إعادة إنشاء سطح الطريق.

ركام مصقول - نوع من عيوب الرصف في الرصفيات الأسفلتية يُعرَّف بأنه انكشاف الركام الخشن؛ بسبب تآكل المادة الرابطة للأسفلت والركام الناعم من خليط الأسفلت السطحي الذي يمكن أن يكون ناتجًا عن احتكاك الإطارات بالركام السطحي.

سد الشقوق - تُعرَّف معالجة الرصف قصيرة المدى بأنها وضع مواد مثل الأسمنت الأسفلتي، أو مستحلب الأسفلت، أو الأسفلت المعدل بالألياف في الشقوق غير العاملة أو منخفضة الحركة، لمنع تسرب المياه إلى طبقات الرصف الأساسية.

شجرة القرارات - أداة لدعم عملية اتخاذ القرار تستخدم نموذجًا شبيهًا بالشجرة للقرارات وعواقبها المحتملة، بما في ذلك نتائج الأحداث العابرة، وتكاليف الموارد، والمنفعة. وهي إحدى طرق عرض خوارزمية تحتوي على عبارات تحكم شرطية فقط.

شق (أو تشقق) - صدع أو انقطاع في سطح الرصف ناتج عن الحمل المروري الزائد، أو التأثيرات الحرارية، أو التشوه الزائد.

شق الانكماش - نوع من عيوب الرصف، يُعرَّف بأنه شقوق على نمط شبكة ذات شكل مربع تقريبًا تتكوّن على مساحة الرصف بأكملها، وتنتج انخفاض حجم الرصف بسبب المواد أو النسب غير المناسبة، وتقادم مزيج الأسفلت.

شقوق الكلل - نوع من العيوب في الرصف الأسفلتي يُعرَّف على أنه سلسلة من الشقوق المترابطة الناتجة عن فشل ناتج عن كلل السطح؛ بسبب التحميل المروري المتكرر.

شقوق انزلاقية - نوع من عيوب الرصف، وتُعرف بأنها شقوق على شكل هلال تتشكل بسبب انزلاق طبقة الأسفلت (أي عدم وجود مادة رابطة بين السطح والطبقات السفلية)، وتتكوّن عادةً في المناطق التي تنشأ فيها القوى الأفقية الناتجة عن المرور.

شقوق انعكاسية - نوع من عيوب الرصف يُعرّف بأنه شقوق تظهر في السطح أو طبقة التكسية، وتنتج عن الحركة الأفقية والرأسية للفواصل، أو الشقوق في طبقة الأساس، أو السطح.

شقوق تمساحية - شقوق متداخلة أو متشابكة في سطح رصف أسفلتي تشبه جلد التمساح، أو سياج حظائر الدجاج السلكي. وتحدث نتيجة لأحمال المركبات الثقيلة والانحراف المفرط للسطح فوق قاعدة ترابية أو طبقات رصف سفلية غير مستقرة.

شقوق طولية - نوع من العيوب في الرصفيات الأسفلتية والخرسانية، يوصف بأنه شقوق تسير بالتوازي مع اتجاه المرور، وعادة ما تنتج عن فواصل الرصف سيئة الإنشاء، والانكماش الحراري، وعدم كفاية الدعم، والانعكاس من الطبقات التي تحت السطح.

شقوق عرضية - نوع من عيوب الرصف، يُعرَّف بأنه عمودي في الغالب على اتجاه المرور، وتنتج بشكل أساسي عن الحركات الحرارية، والإجهاد، وفقدان الدعم، والتقادم البيئي.

شقوق كتلية - نوع من الشقوق التي تظهر في أسطح الرصف الأسفلتي تجمع بين الشقوق الطولية والعرضية، وتقسّم الرصف إلى قطع مستطيلة تقريبًا. وتحدث عادة نتيجة لانكماش الأسفلت.

صيانة - المعالجات الضرورية للحفاظ على الرصف وإطالة عمره الافتراضي، وتشمل تقنيات مثل ملء/تعبئة الشقوق، وترقيع الحفر، وطبقات المونة العازلة، وعوازل المونة الأسفلتية(slurry seal) ، وعوازل مستحلب الأسفلت الحبيبي(Chip Seal) ، وعوازل مستحلب الأسفلت المخفف(Fog Seal) ، والمعالجة السطحية الدقيقة(Micro-Surfacing) ، وغير ذلك.

صيانة الرصف - استراتيجية متبعة للحفاظ على أداء الرصف وإطالة عمره التشغيلي، وتشمل معالجات الحفاظ على الرصف المحددة في أوقات منتظمة مثل سد الشقوق، والطبقات العازلة المانعة للتسرب(seal coat) ، وعوازل المونة الأسفلتية (slurry seal)، وعوازل مستحلب الأسفلت الحبيبي(Chip Seal) ، وما إلى ذلك.

صيانة إنشائية - أنشطة الصيانة التي تُجرَى للحفاظ على سطح الطرق وممرات المشاة وهيكلها الإنشائي، بما في ذلك إعادة إنشاء سطح الطريق، والتغطية السطحية، وإعادة الإنشاء، وعمليات الترقيع الفعالة والأقل تكلفة، والصرف الإنشائي.

صيانة تصحيحية - يُشار إليها أيضًا باسم الصيانة التفاعلية، وتُعرَّف على أنها نشاط صيانة يُجرَى استجابة لحدوث عيوب في الرصف مثل فقدان الاحتكاك، أو التخدد، أو التشقق.

صيانة روتينية - يُشار إليها أيضًا باسم الصيانة التشغيلية، وتُعرّف بأنها عدد من الأنشطة التي تُنفَّذ بشكل متكرر، على أساس يومي أو أسبوعي أو شهري أو سنوي على جميع أجزاء الطرق؛ للحفاظ على حالة نظام الطرق والحفاظ عليها وضمان قابلية الخدمة تحت أي ظروف جوية، بما في ذلك ملء الشقوق، وعوازل مستحلب الأسفلت المخفف(Fog Seal) ، وإصلاح المناطق المعيبة من الرصف.

صيانة رئيسة - يُشار إليها أيضًا باسم تقوية إعادة تأهيل الرصف، وهي إجراء لصيانة الرصف يتضمن الاستعادة الكاملة لحالته النوعية؛ لإطالة عمر خدمته (على سبيل المثال: استخدام طبقات التكسية الأسفلتية).

صيانة طارئة - نوع من صيانة الطرق يتضمن المعالجات الطارئة التي تُجرَى للرصفيات من أجل إصلاح الأضرار الناتجة عن حوادث الطرق أو الأسباب الطبيعية. ومن الأمثلة على الصيانة الطارئة ملء حفرة، أو إزالة حطام الأجسام الغريبة.

صيانة وقائية - عددٌ من المعالجات الفعالة من حيث التكلفة (أي طبقات تكسية رقيقة) التي تهدف إلى الحفاظ على جودة الرصف، وتأخير تدهوره في المستقبل وإطالة عمره التشغيلي.

ضبط الجودة - وتُعرف أيضًا باسم مراقبة العمليات، وهي نظام أو عملية إجراء القياسات، وأخذ العينات، وإجراء الاختبار وتقييم نتائج الاختبارات والقياسات التي تحدد مستوى مطابقة مادة أو عملية أو منتجٍ ما لمتطلبات جودة محددة.

ضمان الجودة - مجموعة من الإجراءات المخططة والمنهجية (مثل: التخطيط، والتصميم، ووضع الخطط والمواصفات، والإعلان عن العقود ومنحها، والإنشاء، والصيانة، وتفاعلات هذه الأنشطة) اللازمة لضمان أداء منتج أو مرفق أو خدمة وفقا لمتطلبات محددة للجودة أو الخصائص بأكثر الطرق الممكنة كفاءةً واقتصادا وملاءمةً.

طبقة - طبقة من هيكل الرصف مدموكة بشكل منفصل، مثل: الطبقة السطحية أو طبقة الأساس/ما تحت الأساس.

طبقة تكسية - يُشار إليها أيضًا باسم التكسية، وهي: عملية إعادة تأهيل الرصف لرصف أو تكسية طبقة أخرى من الأسمنت البورتلاندي الخرساني(PCC) ، أو خلطة الأسفلت الساخنة (HMA) فوق هيكل الرصف القائم؛ لتوفير القوة وتحسين الركوب وتمديد عمر الخدمة.

طبقة تكسية رقيقة - عملية وضع طبقة رقيقة من خلطة أسفلتية (خلطة أسفلتية ساخنة) فوق رصف قائم، بسمك ٣٨ ملم (١,٥ بوصة) أو أقل بشكل عام. ويُستخدَم للحفاظ على الرصف، أو إعادة تأهيله.

طبقة رقيقة: عملية وضع طبقة رقيقة من خلطة الأسفلت الساخن (HMA) فوق رصف قائم، بسُمك ٣٨ ملم (١,٥ بوصة)، أو أقل بشكل عام. وتُستخدَم كطريقة للحفاظ على الرصف، أو إعادة تأهيله.

طبقة عازلة مانعة للتسرب (seal coat) - فئة من معالجات الرصفيات الأسفلتية، تُعرَّف بأنها تطبيق طلاء بيتوميني مع الركام؛ لتحسين نسيج السطح ومقاومته للماء. وأنواع الطبقات العازلة هي: عوازل مستحلب الأسفلت المخفف(Fog Seal) ، والعازل الرملية(sand seal) ، وعوازل المونة الأسفلتية(slurry seal) ، والمعالجات السطحية الدقيقة(Micro-Surfacing) ، وعوازل الساندويتش(Sandwich Seal)، وعوازل مستحلب الأسفلت الحبيبي.(Chip Seal)

طريق غير مُعبد (غير مرصوف) - الطريق غير المغطى بسطح ثابت ومستوٍ من الأسفلت والخرسانة وما إلى ذلك، لا يتوافق مع خصائص الطريق المعبد، ويمكن أن يتكون من تراب أو صخر أو حصى أو أي مادة أخرى غير صلبة.

طلاء الطريق - طلاء مصنوع من راتينج لدن بالحرارة ممزوج بصبغة ثاني أكسيد التيتانيوم وحبيبات زجاجية عاكسة صغيرة تُوضَع على سطح الطريق؛ لإنشاء الخطوط الأرضية لطريق.

عازل (طلاء) المونة الأسفلتية (Slurry seal/Slurry Coat) - نوع من معالجة الرصف، يُعرَّف بأنه مزيج من المستحلب الأسفلتي بطيء التجمد، والركام الناعم جيد التدرج، والحشو المعدني مع إضافة الماء؛ لتحقيق تناسق المونة التي تُستخدم لملء الشقوق وسد مناطق الرصفيات القديمة؛ لإغلاق السطح من أجل منع تسرب الرطوبة والهواء إلى الرصف، وتحسين مقاومة الانزلاق.

عازل تنظيف - نوع من المعالجة في الرصفيات الأسفلتية، ويُعرّف بأنه وضع مستحلب الأسفلت والصخور المكسرة على السطح من خلال سلسلة من المكانس (مكنسة التنظيف) الموضوعة في زوايا مختلفة.

عازل رداء (Cape Seal) - معالجة سطحية تجمع بين استخدام عازل مستحلب الأسفلت الحبيبي مُغطاة إما بعازل المونة الأسفلتية أو المعالجة السطحية الدقيقة وتستخدم لمنع التلف الناتج عن المياه، وتوفير سطح مقاوم للماء مع مقاومة انزلاق وجودة ركوب محسّنتين.

عازل رملي (sand seal) - نوع من المعالجة في الرصفيات الأسفلتية، يُعرَّف بأنه رش مادة أسفلتية رابطة، وعادة ما تكون مستحلبًا يتبعه غطاء خفيف من الركام الناعم (مثل: رمل نظيف، ومواد مغربلة)؛ لتحسين مقاومة الانزلاق للرصفيات الزلقة وللحماية من تسرب الهواء والماء.

عازل مستحلب الأسفلت الحبيبي (Chip Seal) - معالجة سطحية للرصف تجمع بين طبقة من الركام (الركام الناعم) مع الأسفلت المستحلب، وتُستخدم كطبقة سطحية على الطرق منخفضة الحجم المروري؛ لتحسين الاحتكاك السطحي وتغطية عيوب السطح.

عازل مستحلب الأسفلت المخفف (Fog Seal) - معالجة سطحية للرصفيات الأسفلتية تتضمن استخدام مستحلب أسفلتي بطيء التجمد مخفف بالماء، عادة بدون غطاء من الركام، وتستخدم لإصلاح السطح، وملء الشقوق، ومنع التطاير.

عمق التخدد - الحدّ الأقصى للمسافة الرأسية بين قمة الصدع وقاعدة انخفاض الرصف في موقع معين، والذي يُستخدَم للإبلاغ عن التخدد الناجم عن الأحمال المرورية.

العيب - أي أداء غير مقبول للرصف أو علامات فشل، مثل: الشقوق العرضية، والتخدد، والشقوق الخريطية، والحفر، والشقوق الطولية، والتطاير، والهبوط، والضخ، والنزف، والتحدبات، والمقاومة الضعيفة للانزلاق، والخشونة.

عيب سطحي - عيب في نسيج السطح يحدث بسبب تركيز الضغط على جزء من سطح الرصف. وأكثر العيوب السطحية شيوعًا هي: التطاير، والنزف، والصقل، والتشقق، والتعرية، وانفصال الطبقات.

غشاء الخلطة الأسفلتية الساخنة (نظام العزل المائي المطاطي الساخن) - غشاء مانع لتسرب المياه من الأسفلت المطاطي يُوضَع وهو ساخن، ويتكون من مزيج من الأسفلت والبوليمرات المطاطية المعدلة التي تحتوي على مثبتات معدنية تُستخدم لتوفير العزل المائي الفعال للمناطق السطحية الكبيرة، مثل: الأنفاق، وأماكن وقوف السيارات، وأسطح المنصات، وغير ذلك.

الفحص البصري – هو: فحص يُستخدم في صيانة الرصف، يهدف إلى تحديد متطلبات إصلاح الرصف (مثل إصلاح الشقوق والحفر السطحية) باستخدام أي من الحواس البشرية المجردة أو جميعها، مثل: الرؤية والسمع واللمس والشم، و/أو أي معدات فحص غير متخصصة.

قيمة مقاومة الانزلاق - مقياس الاحتكاك المستخدَم في تصميم الرصف، والذي يعبر عن القوة التي تنشأ عندما لا تعود العجلة قادرة على الدوران على سطح الرصف، ونتيجة لذلك، تفقد قوة السحب وتنزلق على الجزء العلوي من السطح. يمكن قياسها من خلال طرق الاختبار التالية: جهاز اختبار البندول، أو جهاز اختبار العجلة المغلقة، أو جهاز اختبار الدوران، أو قياس نسيج السطح.

كثافة - ١. عدد المركبات في جزء من الطريق في لحظة زمنية مقسومًا على طول الجزء معبرًا عنه بالمركبات لكل كيلومتر (لكل مسار). ٢. الوزن لكل حجم وحدة لمادة معبر عنها بالكيلوجرامات لكل متر مكعب أو الجرامات لكل سنتيمتر مكعب.

الكشط وإعادة الرصف هي: عملية إزالة (طحن) سطح قائم إلى عمق محدد، ووضع طلاء لاصق، والإعداد لاستقبال مادة الأسفلت المخلوط على الساخن الجديدة.

الكلل - الأضرار الإنشائية التدريجية والموضعية للرصفيات والناتجة عن الأحمال الثقيلة المتكررة وتقلبات الإجهاد التي تظهر عادةً على شكل شقوق تمساحية.

مادة حشو الشقوق - مادة أسفلتية مانعة للتسرب تستخدم لملء الشقوق والفراغات؛ للحماية من الرطوبة وبخار الماء.

مدة خدمة الصيانة - الأداء المقبول لنشاط صيانة الرصف.

مراقبة الرصف - جزء من عملية معالجة الرصف التي تهدف إلى تحقيق رضا المستخدمين على الطريق في أثناء تحركاتهم وتلبية شروط سلامة الطرق وتجنب الحوادث الناجمة عن مشاكل الرصف. هناك نوعان رئيسيان من مراقبة الرصف: المراقبة الديناميكية والمراقبة الثابتة للرصف. تتطلب المراقبة الديناميكية للرصف إجراءً لجمع بيانات الرصف، بينما تُجمَع بيانات الرصف تلقائيًا في نظام المراقبة الثابتة للرصف والذي يستخدم أجهزة استشعار أو أدوات ثابتة.

مراقبة حالة الطرق - تطبيق لأنظمة تقدير المرور المستخدَمة لمعرفة المقاطع الطولية والعرضية، وحالة حافة الطريق، وملمس سطحه من خلال جمع البيانات باستخدام مركبات متخصصة مزودة بأجهزة استشعار متعددة مثل: أجهزة المسح بالليزر، وأجهزة تصوير الطرق، ومقاييس التسارع، وكاميرات الصور والفيديو، وأنظمة تحديد المواقع، وتحديد العيوب وتقييمها وحساب مؤشر حالة الطرق.(RCI)

مركبة مسح متكامل - مركبة مسح تستخدم للتجميع المؤتمت للبيانات المتعلقة بجرد الطرق وحالة الرصف اللازمة لإدارة أصول الطرق، ونظام إدارة صيانة الرصف، والدراسات المتعلقة بتدقيق سلامة الطرق.

مستشعرات الهواتف الذكية - تطبيق للأجهزة الجوّالة يستخدم مقاييس التسارع في الهواتف الذكية، ومستشعرات النظام العالمي لتحديد المواقع، وراديو النظام العالمي للاتصالات المتنقلة، والميكروفون؛ لمراقبة ظروف الطريق والمرور عن طريق استشعار الاختلافات على سطح الطريق مثل: الحفر ، وآثار الكبح، والنتوءات.

مستوى الخدمة - (LOS) تقسيم طبقي كمي لمقياس الأداء أو المقاييس التي تمثل جودة الخدمة، المقاسة وفق مقياس أ – ف A) إلى(F ، حيث يمثل مستوى الخدمة (A) أفضل ظروف التشغيل من منظور السائق ويمثل مستوى الخدمة (F) أسوأ ظروف التشغيل.

مسح مؤتمت لحالة الرصف – مسح يُستخدم لتوفير إستراتيجية صيانة وإعادة تأهيل مُثلَى من خلال جمع بيانات حالة الرصف، مثل الشقوق، والخشونة، والتخدد، والملمس، وسوء التصريف وغيره، ويتم ذلك باستخدام المركبات المخصصة المزودة بمعدات الاستشعار التي تنتقل على الطرق أو بالقرب من سرعات الطرق.

معالجة إعادة تأهيل الرصف - تُطبَّق المعالجة لاستعادة أداء الرصف وإطالة عمره التشغيلي، بما في ذلك إضافة طبقة أو أكثر من طبقات سطح الرصف أو استبدالها.

معالجة البيانات - جمع البيانات ومعالجتها؛ لإنتاج المعلومات ذات الصلة.

معالجة سطحية الدقيقة - نوع من معالجة الرصف يشتمل على استخدام خليط من الركام عالي الجودة، ورابط مستحلب معدل بالبوليمر، مع إضافات تُوضع كطبقة على الرصف للعزل؛ وذلك لتوفير مقاومة الانزلاق، ومنع التطاير.

معالجة سطحية: أي استخدام للأسفلت (أسمنت أو مخفف أو مستحلب)، أو ركام الغطاء الذي يوضع على سطح رصف موجود أو أي عنصر من هيكل رصف جديد؛ لاستعادة خصائص السطح أو حمايتها. ومن أمثلة المعالجات السطحية: الطبقات العازلة السطحية، أو الطلاء العازلة، أو عوازل مستحلب الأسفلت الحبيبي.

معالجة صيانة الرصف - الأنشطة التي تحافظ على أداء الرصف وتطيل عمره التشغيلي بما في ذلك ملء الشقوق، والطلاء العازل، وعازل المونة الأسفلتية، وعوازل مستحلب الأسفلت الحبيبي، وعوازل مستحلب الأسفلت المخفف(Fog Seal) ، وإعادة التدوير على البارد في الموقع، وغير ذلك.

مقاومة الانزلاق (رقم الانزلاق - رقم الاحتكاك) - قدرة سطح الرصف على توفير مقاومة الانزلاق عند تطبيق قوى الكبح بواسطة إطارات المركبة وتتحقق من خلال اختيار مادة الأسفلت المناسبة والركام المناسب مع نسيج السطح الخشن.

مقياس انحراف الثقل الساقط - (FWD) جهاز اختبار يستخدم؛ لتقدير قدرة تحمل الرصفيات في الطرق، والطرق المحلية، والمطارات وغيره، وكذلك؛ لتحديد معامل صلابة الطبقات.

مقياس انحراف الثقل المتدحرج - مقياس انحراف يتكون من المقطورة التي تُسحَب، ونظام متصل للاستحواذ على البيانات، ومنصة التحميل المصممة؛ لقياس انحرافات الرصف باستخدام طريقة تثليث الليزر في السرعات العادية على الطرق دون التحكم في حركة المرور، وإغلاق المسار لأغراض إدارة الرصف.

مقياس انحراف سرعة المرور - مقياس انحراف يُستخدم لقياس استجابة الرصف للحمل المطبق؛ لتحديد مؤشرات قدرة التحمل وعمر إجهاد الرصف وبدء الصيانة الوقائية في الوقت الصحيح.

مقياس نووي - جهاز ميداني غير إتلافي يُستخدم؛ لتحديد كثافة المادة المدموكة، مثل خليط الأسفلت الساخن في الموقع، ثم مستوى الدك باستخدام المصادر المشعة (أشعة جاما).

ملء الشقوق - تُعرَّف معالجة الرصف طويلة المدى بأنها وضع مواد مثل الأسفلت المطاطي أو السيليكون في الشقوق العاملة؛ لمنع تسرب المياه إلى طبقات الرصف الأساسية.

ملمس - خصائص سطح أو مادة أو مظهرها، مثل: أملس وخشن وغير ذلك.

موثوقية - ١. مقياس لتصور المستخدم عن أداء المرور، يشير إلى ظروف مرور مستقرة نسبيًا على مدار عدة أيام بما يساهم في توجيه توقعات السائق. ٢. احتمال أن يعمل قسم الرصف على نحو مرضٍ للمرور والظروف البيئية ولفترة التصميم.

مؤشر الاحتكاك الدولي – مؤشر لاحتكاك سطح الرصفيات أُنشِئ لمقارنة قياسات احتكاك الأسطح والنسيج الكلي ومواءمتها. يتكون هذا المؤشر من رقم الاحتكاك FN (F60) الذي يشير إلى الاحتكاك بسرعة ٦٠ كم/س والسرعة الثابتة (التي تشير إلى تبعية السرعة التي يتم حسابها من النسيج الكلي للرصف.

مؤشر الأولوية - طريقة تستخدم في الصيانة والموثوقية؛ لتحديد التخصيص المناسب للموارد.

مؤشر الخشونة الدولي – مؤشر يُستخدم كمقياس إحصائي؛ لخشونة الرصف ويُحسَب من قياس المقطع الطولي باستخدام محاكاة ربع-سيارة بسرعة محاكاة تبلغ ٥٠ ميلًا في الساعة (٨٠ كم/ساعة).

مؤشر حالة الرصف - مؤشر عددي من ٠ إلى ١٠٠ (يشير الرقم ١٠٠ إلى أن الحالة ممتازة)، يُستخدم للإشارة إلى الحالة العامة لقسم من الرصف، ولقياس أدائه ومستوى خدمته.

مؤشر عيوب الرصف - مؤشر مركب يُحتسَب عن طريق الجمع رياضيًا بين تأثيرات العيوب (أي الشقوق والتخددات والعيوب) وحالة الرصف.

مؤشر قابلية الخدمة الحالي - مؤشر أداء الرصف الذي يجمع القيم الحسابية التي تم الحصول عليها من قياسات معينة (مثل الخشونة، والترقيع، والتخدد، والتشقق، وعدم الاستواء)؛ لتوقع تصنيف قابلية الخدمة للرصف الذي يتراوح بين ٠ و ٥، حيث يشير الرقم ٠ إلى أن الرصف معيب ويشير الرقم ٥ إلى أن الرصف ممتاز.

نزف (الأسفلت) - عيب في سطح الرصف الأسفلتي، يوصف بأنه ظهور طبقة من الأسفلت على السطح. وتنتج عن زيادة المادة الرابطة للأسفلت في طبقة الخلطة الأسفلتية السطحية.

نزف (الخرسانة) - هي العملية التي ترتفع فيها المياه الحرة في الخلطة إلى السطح الخرساني الجديد، وتشكِّل عجينة من الأسمنت. وتحدث نتيجة لاستقرار الركام الخشن الذي يؤدي إلى ارتفاع المياه الحرة.

نسيج السطح - انحراف سطح الرصف عن سطح مستو حقيقي.

نسيج خشن - الانحراف الموضعي للطبقة عن مستوى مسطح تمامًا، محددًا بالخصائص الثلاث: الإرساء، ووعورة السطح الخشن، والتموج.

نسيج دقيق - الأطوال الموجية للنسيج الدقيق أقصر من ٠,٥ ملم. ويرتبط بالتشكيل والتوزيع الفردي للركام والبيتومين. ويُستخدم لتوفير احتكاك على الطريق في السرعات المنخفضة.

نسيج عياني - النسيج الكلي له أطوال موجية تتراوح من ٠,٥ ملم إلى ٥٠ ملم، ويرتبط بالتفاعل الصوتي؛ للتفاعل بين الإطارات والطرق. ويوفر أيضًا احتكاكًا على الطريق الرطب في السرعات العالية.

نسيج كبير - تتراوح الأطوال الموجية للنسيج الكبير من ٥٠ مل إلى ٥٠٠ ملم، ويرتبط بطبقة الرصف السطحية وجودة القيادة بشكل عام.

نظام إدارة الرصف - نظام يتكوّن من الأدوات أو الأساليب المستخدمة؛ لتقديم المساعدة في اتخاذ قرارات إدارة الرصف؛ لإيجاد الاستراتيجيات المثلى لتقييم أداء الرصف وتخصيص الموارد بالنظر إلى قيود الميزانية، وإصلاح الرصف، وصيانته، والحفاظ عليه في حالة صالحة للخدمة على مدار فترة زمنية معينة .

نظام إدارة الطرق - هو نظام إدارة الصيانة الذي يوفر مجموعة من أدوات دعم القرار التي يمكنها توقع حالات الطريق المستقبلية بناءً على معرفة الخصائص الرئيسة لشبكة الطرق ونظام النقل بمرور الوقت.

نظام إدارة جرد الرصف (جرد الرصف) - إعداد جرد لشبكة الرصف المدرجة في نظام إدارة الرصف (PMS) الذي يتضمن جمع المعلومات مثل موقع الرصف باستخدام كل من الأنظمة المرجعية الإحداثية والخطية، وهندسة الطرق الجيومترية (عرض الطريق، وطول الطريق)، والحالة، ونوع الرصف، وسجل الإنشاء والإصلاح.

نظام المعلومات الجغرافية - **(GIS) نظام يعمل على إنشاء جميع أنواع البيانات وإدارتها وتحليلها وتخطيطها. يربط نظام المعلومات** الجغرافية البيانات بالخريطة، وذلك لدمج بيانات الموقع (حيث توجد الأشياء) مع جميع أنواع المعلومات الوصفية (ما هي هذه الأشياء؟) .

نظام قياس التخدد بالليزر – نظام قياس يستخدم لاستشعار حالات تخدد الرصف، وتوصيفها من خلال توفير قطاعات عرضية للرصف باستخدام جهازي تصوير بالليزر يعملان على رقمنة القطاعات العرضية للرصف.

نظام قياس الشقوق بالليزر – نظام قياس للتقييم التلقائي لحالات الرصف، ويستخدم هذا النظام أجهزة عرض ليزرية، وكاميرا عالية السرعة، وبصريات متقدمة؛ للحصول على صور ثلاثية الأبعاد عالية الدقة للطريق.

نعومة - يُشار إليها أيضًا باسم خشونة، وهي مقياس لجودة الركوب كما يتصورها المستخدم، والتي تُحتسَب باستخدام قطاع طولي لرصف، وتتأثر بشكل كبير بالتخدد، وتباين عمق التخددات، وشقوق الكلل.

النموذج القطعي - نموذج لا يأخذ الاحتمالات في الاعتبار. وتحدَّد مخرجاته عند تحديد مجموعة المدخلات والعلاقات في النموذج.

النموذج الميكانيكي - نموذج يُستخدَم لحساب رد فعل الرصف على الأحمال المرورية، والذي أُنشِئ استنادًا إلى قوانين الميكانيكا؛ حيث يرتبط العمل المحدد للقوى المؤثرة على أجسام العناصر المادية بما ينتج عن ذلك من إجهاد، وانفعال، وتشوه، وفشل للرصف.

الهبوط - نوع من العيوب في الرصف الأسفلتي يُعرَّف بأنه مناطق معينة صغيرة في سطح الرصف ذات ارتفاع أقل قليلًا من المنطقة المُعبدة المجاورة، ويحدث نتيجة لضعف الطبقات غير المرتبطة والقاعدة الترابية.

الملحق و. الاختصارات والرموز:

AADT	متوسط المرور السنوي اليومي.
AASHTO	الاتحاد الأمريكي لمسؤولي الطرق والنقل الحكوميين.
AC	الخرسانة الأسفلتية.
ADT	متوسط المرور اليومي.
ARAN	مُحلل الطرق المؤتمت.
ASR	تفاعل قلوي السيليكا.
ASTM	الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد.
CAD	التصميم بمساعدة الحاسوب.
CFME	معدات لقياس الاحتكاك المستمر.
CL	مسار المركبات.
CoF	معامل الاحتكاك.
CY	طريق الدراجات.
DV	قيمة الخصم.
ERP	موقع المسار المحدد.
ESAL	الحمل المكافئ للمحور الأحادي.
EUAC	التكلفة السنوية المنتظمة المكافئة
FHWA	إدارة الطرق الاتحادية (الولايات المتحدة الأمريكية).
FWD	مقياس انحراف الثقل الساقط.
GIS	نظام المعلومات الجغرافية.
GN	رقم التماسك.
GPR	الرادار المخترق للأرض.
GPS	نظام تحديد المواقع العالمي.

HMA	خلطة الأسفلت الساخن.
IRI	مؤشر الخشونة الدولي.
JPCP	الرصفيات الخرسانية العادية ذات الفواصل.
KMP	العلامات الكيلومترية.
LCD	بيانات الإنشاء الأخيرة.
LCMS	نظام قياس الشقوق بالليزر.
LK	طريق رابط.
MCE	فعاليّة التكلفة الحدّية.
MD	الجزيرة الوسطية.
MPD	عمق القطاع الطولي.
MPI	مؤشر أولوية الصيانة
NDE	التقييم غير الإتلافي.
NDI	الفحص غير الإتلافي.
NDT	الاختبار غير الإتلافي.
NRS	النظام المرجعي الشبكي.
PB	مكان وقوف السيارات.
PCA	تقييم حالة الرصف.
PCC	الأسمنت البورتلاندي الخرساني.
PCI	مؤشر حالة الرصف.
PCR	تصنيف حالة الرصف.
PMMS	نظام إدارة صيانة الرصف.
PMS	نظام إدارة الرصف.
PQI	مؤشر جودة الرصف.

PTV	قيمة اختبار البندول.
RCI	مؤشر حالة الطرق.
RF	منحدر خروج.
RN	منحدر دخول.
RRI	مؤشر متطلبات الإصلاح.
RS	المحطة المرجعية.
SAI	مؤشر الملائمة الإنشائية.
SDI	مؤشر عيوب السطح.
SH	الكتف.
SN	رقم الانزلاق.
SP	الفاصل.
SR	طريق الخدمة.
SSD	مسافة رؤية التوقف.
SW	رصيف المشاة.
TDV	القيمة الإجمالية للخصم.
TSD	مقياس انحراف سرعة المرور.
UDI	مؤشر العيوب الحضرية.
URCI	مؤشر حالة الطرق غير الممهدة.
UTM	مستعرض مركاتور العالمي.
VG	الحافة الخارجية.

الملحق ز. الوحدات:

وحدات النظام الدولي		الوحدات البريطانية	
الطول			
nm	نانومتر		
µm	ميكرومتر		
mm	ملليمتر	in	بوصة
cm	سنتيمتر	ft	قدم
m	متر	yd	ياردة
km	كيلو متر	mi	ميل
المساحة			
mm^2	مليمتر مربع (ملم٢)	in^2in^2	بوصة مربعة
cm^2	سنتيمتر مربع	ft^2ft^2	قدم مربعة
m^2	متر مربع	yd^2	ياردة مربعة
ha	هكتار		
km^2	كيلومتر مربع		
الحجم			
mm^3	ملليمتر مكعب		
cm^3	سنتيمتر مكعب	in^3	بوصة مكعبة
m^3	متر مكعب	ft^3	قدم مكعب
l	لتر		
ML	ملليمتر		
الوزن			
mg	ملليجرام		
gr	جرام		
kg	كيلو جرام	lb	رطل
t	طن		
القوة			
N	نيوتن	lbf	قوة الرطل

kN	كيلو نيوتن	kip	كيلو رطل
الضغط			
Pa	باسكال	psi	رطل لكل بوصة مربعة
		pcf	رطل لكل قدم مكعب
KPa	كيلو باسكال		
MPa	ميجاباسكال		
الوقت			
s	ثانية		
min	دقيقة		
h	ساعة		
d	يوم		
week	أسابيع		
month	شهر		
yr	سنة		
درجة الحرارة			
C°	درجة مئوية	F°	درجة فهرنهايت
الزوايا			
°	درجة		
g	جراد		
التوصيل الحراري			
W/m•K	واط لكل متر كلفن	BTU/h·ft·°F	وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة-قدم-فهرنهايت
السعة الحرارية			
J/kg·K	جول لكل كيلو جرام كلفن	BTU/lb·°F	وحدة حرارية بريطانية لكل ساعة رطل - فهرنهايت
غير ذلك			
km/h	كيلومترات لكل ساعة	mph (mi/h)	ميل في الساعة
m/s	متر في الثانية		

m/s^2	متر في الثانية المربعة		
m^3/s	متر مكعب في الثانية		
cm/min	سنتيمتر في الدقيقة		
mm^2/s	مليمتر مربع لكل ثانية		
Hz	هرتز		
kHz	كيلو هرتز		
MHz	ميجا هرتز		
GHz	جيجا هرتز		
dB	ديسيبل		
kJ	كيلوجول		
J	جول		
V	فولت		
W	واط		
C	كولوم		
Ω	أوم		
Ω·m	أوم . متر		
h/º	درجة لكل ساعة		
lm	لومن		
lx	لوكس		
cd	كانديلا		
cd/m^2	كانديلا لكل متر مربع		
$mcd/m^2/lx$	مللي كانديلا لكل متر مربع لكل لكس		
nit	نيت (كانديلا لكل متر مربع)		
l/m^2	لتر لكل متر مربع		

kg/m^2	كيلو جرام لكل متر مربع		
gr/m^2	جرام لكل متر مربع		
t·km	طن. كيلو متر		
ميجاباسكال	ملي باسكال ثانية		
Pa·s	باسكال ثانية		
cPs	سنتي بواز		
cST	سنتي ستوك		
Kg/ha	كيلوجرام لكل هكتار		
KPa/m	كيلوباسكال في المتر		
mg/l	ملليجرام/ لتر		
kg/m^3	كيلو جرام لكل متر مكعب	pci	رطل لكل بوصة مكعبة
		pcf	رطل لكل قدم مكعب
t/m^3	طن لكل متر مكعب		
kN/m	كيلو نيوتن لكل متر		
kg·cm	كيلو جرام - سم		
l/min	لتر في الدقيقة		
MPa/m	ميجا باسكال/ متر		
Pa·s	باسكال ثانية		
$kN-m/m^3$	كيلو نيوتن متر لكل متر مكعب	$ft-lbf/ft^3$	قدم- رطل لكل قدم مكعب
m/km	متر /كيلومتر	ft/mi	قدم لكل ميل
		in/mi	بوصة لكل ميل
mm/km	ميلليمتر/ كيلومتر		
mm/m	ميلليمتر/ متر		
rad/s	راديان في الثانية		

kg/cm^2	كيلو جرام لكل سنتيمتر مربع		
με	ميكروسترين		
		in/in/ºF	بوصة لكل بوصة لكل درجة فهرنهايت

غير ذلك	
pass/trip	عدد الركاب لكل رحلة
PC	سيارة ركاب
pc/hr	سيارات ركاب في الساعة
pc/h/ln	مركبات ركاب في الساعة لكل مسار
pc/km	مركبة ركاب لكل كيلومتر
pc/km/ln	مركبات ركاب لكل كيلومتر لكل مسار
pc/pm/pl	مركبات الركاب في الميل لكل مسار
pcu/h	سيارات ركاب في الساعة
ped	المشاة
s/veh	الثواني لكل مركبة
veh	المركبة
veh/d	مركبة لكل يوم
veh/km	مركبة لكل كيلومتر
veh/km/ln	مركبة لكل كيلومتر لكل مسار
veh/h	مركبة لكل ساعة
veh/h/ln	مركبة في الساعة لكل مسار
veh/ln/cycle	مركبة في المسار لكل دورة
veh- km	مركبة كيلو متر
vpmpl	مركبة في الساعة لكل مسار
rpm	دورة في الدقيقة
ppm	أجزاء في المليون
pphm	جزء لكل مائة مليون
dpi	نقطة لكل بوصة
SAR	ريال سعودي
SAR/veh-km	ريال سعودي لكل مركبة - كيلومتر

SAR/VKT	ريال سعودي لكل مركبة لكل كيلومتر تقطعها
SAR/h	ريال سعودي في الساعة
mmhos/cm	ملليموزلكل سم



كـــود الطـرق السعودي

نظم صيانة الطرق والجسور والأنفاق وإدارتها
كود الطرق السعودي ٥٠١ - نظم إدارة صيانة الرصف

٢٠٢٣
الإصدار الأول