وضع منهجية أمثلية لإدارة الصيانة الطرقية في سورية باستخدام قواعد المعطيات [1]

المهندس معلا الخضر[2] الدكتور المهندس حسان الخيمي[3]

الملخص

إن أنظمة إدارة صيانة شبكات الطرق (Pavement Maintenance Management Systems) هي أنظمة مطوره للعمل على رصد المعلومات الكافية عن شبكة الطرق واستخدام هذه المعلومات للتنبؤ بأداء تلك الطرق في المستقبل، والعناصر الرئيسية التي تكون مثل هذه الأنظمة هي التخطيط، والتنفيذ، والصيانة الوقائية والصيانة العلاجية وترتيب (أولويات) أعمال الصيانة.

وخلال السنوات الماضية مرت شبكة الطرق السورية بمراحل تطور سريعة وللحفاظ على هذه الشبكة الطرقية ضمن أداء قياسي جيد وتأمين مستوى قيادة آمنة ومريحة لمستخدمي الطريق كان هدف البحث هو "وضع منهجية أمثلية لإدارة الصيانة الطرقية في سورية باستخدام قواعد البيانات و التي تساعد في اتخاذ قرار صيانة سليم.

[1] أعد هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندس معلا الخضر بإشراف الدكتور المهندس حسان الخيمي.

[2] طالب– قسم هندسة المواصلات– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

[3] قسم هندسة المواصلات- جامعة هانوفر- ألمانيا.

يعتمد النظام المدروس على وضع منهجية سليمة لجمع البيانات و إدخالها و معالجتها عن شبكة الطرق وبعد ذلك يتم استخدام البيانات لتساعد متخذي القرار في تحديد احتياجات الصيانة وفق خطوات منهجية متتابعة اتبعت لتطوير نظام إدارة الصيانة PMMS آخذة بالحسبان طبيعة شبكة الطرق وخصائصها وأهم هذه الخطوات:

- **بناء قاعدة بيانات لتخزين البيانات الطرقية و بيانات مسح حالة الطريق.**
- **اقتراح تطبيق رياضي لتحديد أولويات الصيانة و إعطاء تقارير عن أهمية صيانة مقاطع معينة من الشبكة و التي ستترجم في النهاية إلى وضع تقرير عن خطة الصيانة السنوية.**
- **ربط إدارة الصيانة بنظام المعلومات الجغرافية.**

كما أن نظام إدارة صيانة شبكة الطرق المقترح سيعالج المشكلة من خلال هذا البحث اعتماداً على النقاط الآتية:

1- المصادر المتاحة والموجودة وعلى مسح حالة الطرق بطريقة المسح البصري و سيكون قابلاً للتطوير في حالة استخدام التقانات الحديثة.

2- تطبيقه على مراحل متتالية و سيكون بسيطاً ومباشراً وسهل التطبيق.

1- مقدمـــة:

مع تزايد طول شبكات الطرق تزداد المشكلة بالحاجة للحفاظ على الشبكة بحالة سليمة وجيدة و مريحة ومن ثَمَّ فإن شبكة الطرق يجب أن تتّم صيانتها وإعادة تأهيلها بالوقت المناسب و بالطريقة المناسبة. لذلك فالصيانة و إعادة التأهيل ضرورية و غالبـاً مـا تكون مطلوبة لتحقيق مستوى خدمة جيد للطرق السريعة و خاصـة مـستوى جـودة الرصف.

2- تعريف المشكلة:

ستثمرت في الجمهورية العربية السورية خلال العقد الماضي مليارات الليرات في بناء شبكة طرق متطورة تضاهي مثيلاتها في أغلب الدول المجاورة، و واجهت الأجهـزة المختصة تحديات تشييد تلك الطرق بسبب عدم توافر الكفاءات الوطنية مـن ناحيـة وعدم توافر المقاول الوطني المختص مما اضطر الجهات المسؤولة إلى الاعتماد على الخبرة الخارجية، أما في الوقت الحاضر فإن تلك الجهات تواجـه تحـديات تفـوق تحديات التشييد ألا وهي تحديات الصيانة والمحافظة على تلك الاستثمارات الـضخمة لتعمل بشكل جيد لأجيال قادمة. فطبيعة شبكات الطرق لها تأثير مباشـر فـي نجـاح أنظمة إدارة الصيانة.

من هذا المنطلق كان التوجه لتطوير نظام إدارة صيانة الطرق لشبكة الطرق المركزية في سورية أمراً ضرورياً و ملحاً. و نظراً لأهمية قيمة الاستثمارات التي تنفق علـى تلك الصيانات بشكل سنوي، كان الاتجاه لبناء نظام لإدارة صيانة الطرق في سـورية بحيث يساعد في عملية اتخاذ قرارات الصيانة بشكل علمي مدروس.

3- أهداف البحث:

الهدف الأساسي والرئيسي لهذه الدراسة هو تطوير أو وضع منهجيـة أمثليـة لإدارة الصيانة الطرقية في سورية باستخدام قواعد المعطيات التي تساعد في بناء نظام إدارة

صيانة شبكة الطرق. وهذا الهدف يمكن إنجازه وتنفيذه من خلال المهام والخطـــوات الآتية:

1- بناء نظام لتحديد الشبكة الطرقية و ترميزها في سورية و بناء نظام الترقيم.
2- تطوير نظام جمع و جدولة معلومات إدارة الصيانة.
3- تطوير و بناء قاعدة بيانات لعناصر الطرق المحيطة.
4- بناء قاعدة بيانات لمسح حالة الطرق الراهنة.
5- دراسة الوضع الراهن لحالة الطرق.
6- تقدير احتياجات الصيانة.
7- وضع أولويات الصيانة.
8- بناء و برمجة تطبيق رياضي لتحديد أولويات الصيانة و إعطاء تقارير عن أهمية صيانة مقاطع معينة من الشبكة و التي ستترجم في النهاية إلى وضع تقرير عن خطة الصيانة السنوية.

4- تحديد شبكة الطرق وترميزها وترقيم المقاطع (القطاعات)

تحديد شبكة الطرق وترميزها هو الوسيلة التي من خلالها يتم تحديد ومعرفة أي قطاع في الطرق الرئيسية أو الطرق الثانوية في شبكة طرق لأي بلد تربط بين مدنه شـــبكة طرق مهما كانت معقدة وضخمة (1). حيث نظام الترقيم المعتمد يجب أن لا يتـــضمن تكرار أرقام الشوارع وأن يكون عملياً وبسيط الاستخدام. لذلك تـــم اعتمـــاد تـــرقيم الطرقات بحيث يكون ترقيم الطرقات الرئيسية أو السريعة ترقيماً مختلفاً عـــن تـــرقيم الطرقات الثانوية أو الدرجة الثانية، و كذلك تم تحديد كل مقطـــع أو وصـــلة (Link) بتلك الوصلة التي تصل بين تقاطعين رئيسيين مع ذلك الطريق (أي تقـــاطع الطـــرق المركزية مع بعضها).

وفي فصل نظام الترقيم و الترميز المقترح كنظام مرجعية لـــربط عناصـــر الـــشبكة الطرقية مع قواعد البيانات (Data Bank) لشبكة الطرق السورية تم اعتمـــاد نظـــام

الوصلة/العقدة، والتي تعني أن الطريق يقسم إلى وصلات (Link) يتم الفصل فيما بينها بالعقد الطرقية (Nodes). و في هذا الفصل سيتم شرح مبادئ اختيار واقتراح تسميات الطرق والعقد والوصلات بين العقد. و بعض المبادئ الخاصة بجمع عناصر البيانات و سماتها تم شرحها لتوضيح طريقة جمع البيانات و تخزينها بالشكل الصحيح. لأنَّ نظام الوصلة / العقدة يمكّن من تحديد مكان أي وصلة (مقطع) من الطريق على الشبكة الطرقية بسهولة و سرعة و دقة.

4-1- تحديدات و تعاريف:

المنطقة (District): وتحدد بالتقسيم الإداري لمحافظات القطر العربي السوري و يتألف من 13 منطقة كما هي محددة بالجدول رقم (4-1).

الطريق (Road): وهو الطريق الذي يتم تحديده برقم يدل على ذلك الطريق مع الأخذ بالحسبان ترقيم الطرق التي وردت في اتفاقية الطرق الدولية لدول غرب آسية و التي تعدُّ طرقاً دولية تربط القطر بالدول المجاورة، (تعدُّ سورية إحدى الدول التي صادقت على الاتفاق و بدأت بتنفيذها بدءاً من عام 2003).

الوصلة (Link): هو ذلك الجزء من الطريق بطول محدد و الذي يمتد بين تقاطعين رئيسيين ويأخذ رقماً متتالياً على ذلك الطريق بدءاً من بداية الطريق و حتى نهايته في الاتجاه نفسه.

العقدة (Node)**:** وهي عادة تقاطع طريق مركزي مع طريق مركزي آخر، وهو عادة تقاطع على مستوى واحد أو عقدة طرقية. والطريق المركزي هو كل طريق تشرف عليه أو تقوم بإنشائه أو صيانته وزارة النقل (المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية) .

4-2- ترميز المحافظات أو المناطق وترقمها (Districts):

قسمت الشبكة الطرقية في الجمهورية العربية السورية التابعة لوزارة النقل، إدارياً إلى عدة محافظات أو مناطق وذلك لسهولة إدارة أعمال إنشاء الطرق والصيانة فيها. وفي

كل منطقة توجد مديرية طرق مركزية تكون مسؤولة عن متابعة أعمال الصيانة على الشبكة ضمن نطاق المنطقة التابعة لها تلك المديرية. وفيما يأتي نحدد المناطق وأرقامها التي يجب أن تؤخذ بالحسبان في أثناء ترقيم الشبكة الطرقية كما هي موضحة بالجدول رقم (4-1). وقد تم اعتماد ترقيم مؤلف من خانتين لكل منطقة أو محافظة، وتم اعتماد المحافظات و ذلك تماشياً مع رؤية الوزارة في إنشاء مديرية طرق في كل محافظة.

إذ إنَّ ترقيم المنطقة سيستخدم في تحديد العقد وترقيمها، بحيث إنَّ رقم كل عقدة على الطريق يأخذ بداية رقم المنطقة التي تقع فيها تلك العقدة (أو رقم المنطقة الذي يدل على المديرية المسؤولة عن الصيانة والإشراف على تلك العقدة).

الجدول رقم (4-1): يبين المناطق و أرقامها (وزارة النقل السورية).

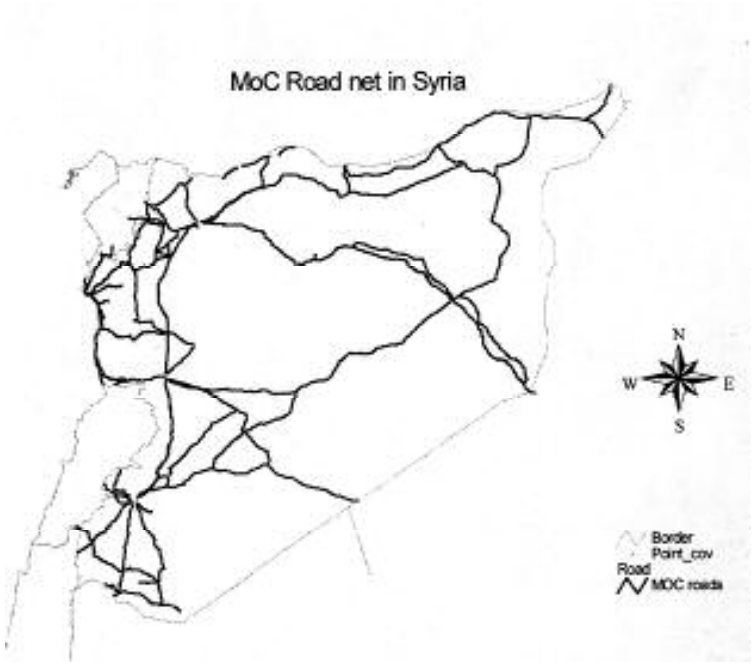
اسم المنطقة	رقم المنطقة
محافظة ريف دمشق ودمشق	1
محافظة حلب	2
محافظة حمص	3
محافظة حماه	4
محافظة اللاذقية	5
محافظة دير الزور	6
محافظة الرقة	7
محافظة إدلب	8
محافظة الحسكة	9
محافظة طرطوس	10
محافظة القنيطرة	11
محافظة السويداء	12
محافظة درعا	13

3-4- تصنيف الطرق:

من المهم والضروري لأي شبكة طرق أن يتم تصنيف الطرق فيها حسب درجة أهمية الطريق و حسب الوظيفة التي يقوم بها. هذا التصنيف ضروري من ناحية، أنه يفيد مقرري الصيانة في تحديد مستوى الصيانة اللازم تأمينه لذلك الطريق وكذلك مقدار الخدمات التي تلبي الطلب المروري عليه. هذا و نقترح التصنيف الآتي للطرق في سورية اعتماداً على كثير من الدراسات السابقة التي تناولت هذا الموضوع وأهمها منظمة الإسكوا في الأمم المتحدة (2):

- الطرق الرئيسية (درجة أولى) (Primary Roads).
- الطرق الثانوية (درجة ثانية) (Secondary Roads).
- الطرق الفرعية (درجة ثالثة) (Feeder Roads).
- الطرق المحلية (درجة رابعة) (Local Roads).

علماً أنَّ هناك اختلافاً في وزارة النقل على تسمية الطرق محلية أو فرعية، إذ الفرعية هي الطرق التي تأتي بالترتيب بعد الثانوية، و المحلية هي الطرق أو الشوارع الصغيرة التي تكون ضمن البلديات و تبعيتها لوزارة النقل. وتحاول حالياً الوزارة ضمن خططها الإستراتيجية بعد إنشاء التحويلات خارج المناطق السكنية في بعض المناطق و رفع درجة تلك الطرق وإعادة تأهيلها إلى اعتبار تلك الوصلات المحلية من الطرق المعاد تأهيلها تابعة لوزارة الإدارة المحلية.



الشكل رقم (4-1): يبين الطرق التابعة لوزارة النقل

4-4- نظام ترقيم الطرق:

من الضروري جداً أن يتم اعتماد نظام ترقيم متكامل للطرق. و قد شرعت وزارة النقل: تغيير نظام الترقيم الحالي آخذة بالحسبان نظام الترقيم المتفق عليه في اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسية (الاسكوا) و لاسيَّما الطرق الدولية الرئيسية التي تربط أقطار المشرق العربي بعضها ببعض. ويتكون نظام الترقيم لشبكة الطرق السورية و الذي يمكن تقسيمه إلى أربع مجموعات كما يأتي:

1- مجموعة الطرق الرئيسية.
2- مجموعة الطرق الثانوية.
3- مجموعة الطرق الفرعية.
4- مجموعة الطرق الزراعية أو المحلية.

4-4-1- ترقيم الطرق الرئيسية (رقم مؤلف من خانتين):

- الطرق المتجهة من الشمال إلى الجنوب الجغرافي تأخذ الأرقام الآتية: (5، 15، 25، 35، 45، 55، 65،...).
- الطرق المتجهة من الشرق إلى الغرب الجغرافي تأخذ الأرقام الآتية: (10، 20، 30، 40، 50، 60،70،...).
- ترقيم الطرق الرئيسية مستقل عن ترقيم المناطق،إذ إنَّ ترقيم المناطق يساعد في تحديد مكان العقد على الشبكة.
- يجب أن يؤخذ بالحسبان ترقيم الطرق المعتمد باتفاق الطرق الدولية لدول المشرق العربي كما يأتي:

طريق رقم 15 : حلب – البوكمال (الحدود العراقية).

طريق رقم 45 : باب الهوى (الحدود التركية) – النصيب (الحدود الأردنية).

طريق رقم 51 : كسب – الدبوسية (الحدود اللبنانية).

طريق رقم 10 : اليعربية (الحدود العراقية) – اللاذقية.

طريق رقم 20 : القامشلي – طرطوس.

طريق رقم 30 : التنف (الحدود العراقية) – يابوس (الحدود اللبنانية).

- بالنسبة للطرق الرئيسية الأخرى فقد تم استخدام الخارطة الرقمية المتوافرة لدى وزارة النقل، و تم ترقيم الطرق الرئيسية عليها.

4-4-2- ترقيم الطرق الثانوية (رقم مؤلف من ثلاث خانات):

و تكون عادة بين المدن في المناطق أو بين القرى، هذه الطرق تقع ضمن المنطقة ومتفرعة من الطرق الرئيسية وهي تربط بين المدن في المناطق و بين القرى المختلفة. و تأخذ الأرقام تزايداً من الشمال إلى الجنوب و من الشرق إلى الغرب و بشكل مؤلف من ثلاث خانات أي يبدأ من الرقم 111 إلى الرقم 999.

4-4-3- ترقيم الطرق الفرعية (رقم مؤلف من أربع خانات):

و تكون عادة طرقاً متفرعة عن الطرق الثانوية و هي تربط القرى و المناطق الزراعية بالطرق الرئيسية و الثانوية. و تأخذ الأرقام تزايداً من الشمال إلى الجنوب و من الشرق إلى الغرب و بشكل مؤلف من أربع خانات أي يبدأ من الرقم 1111 إلى الرقم 9999.

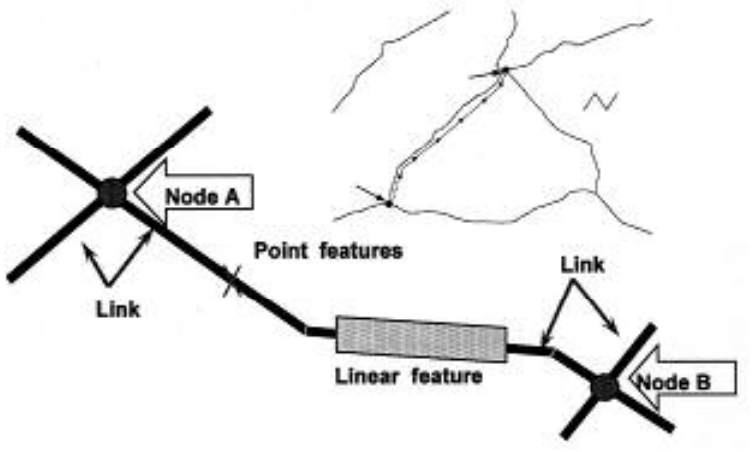
4-4-4- ترقيم الطرق المحلية (رقم مؤلف من خمس خانات):

وهي الطرق و الشوارع ضمن المناطق و المدن و التي تكون تابعة لوزارة النقل. و تأخذ الأرقام تزايداً من الشمال إلى الجنوب و من الشرق إلى الغرب و بشكل مؤلف من خمسة خانات أي يبدأ من الرقم 11111 إلى الرقم 99999.

4-5- ترقيم العقد:

وهي عادة تقاطع طريق مركزي مع طريق مركزي آخر، عادة يكون التقاطع تقاطعاً على مستوى واحد أو عقدة طرقية على مستويين كما هو مبين بالشكل رقم (4-2). و أفضل طريقة يمكن اعتمادها كنظام مرجعي لترقيم العقد (Nodes) هو أن يتألف رقم العقدة من الآتي:

رمز المنطقة التي تقع ضمنها العقدة + رقم تسلسلي غير مكرر لكامل العقد الموجودة في المنطقة. على سبيل المثال عقدة ذات الرقم (8045) تدل على العقدة رقم (45) بالمنطقة رقم (8) كما هو مبين بالشكل رقم (4-3). من المهم جداً في شبكة الطرق الكبيرة و التي يتم فيها تقسيم شبكة الطرق حسب المناطق إلى مناطق صيانة، أن يتم اعتبار الحدود الإدارية للمناطق على الطرق على أنها عقدة و تأخذ رقم عقدة.



الشكل رقم (4-2): يبين نظام ترقيم العقد والوصلات

أما بيانات العقدة فتدل هل العقدة هي تقاطع أو حدود منطقة ما، أو أي شـــيء آخـــر مماثل وثابت لا يتغير مكانه مع مرور الزمن. وفيما يأتي نذكر القواعد الأساسية لنظام وضع أرقام العقد المقترح:

- يتم تحديد رقم المنطقة أولاً.
- نبدأ بترقيم العقدة الأولى بالرقم 1 ثم نضيف 1 إلى الرقم السابق لكل عقدة جديـــدة أي أرقام متسلسلة و متزايدة غير مكررة للعقد بالتتالي.
- نعدُّ الحدود بين منطقتين أنه عقدة رقمها يبدأ برقم المنطقة الأقل.
- نعدَّ الحدود السورية مع البلدان المجاورة على أنها عقدة أيضاً.
- العقد يمكن أن تأخذ الأشكال الآتية:

T = تقاطع ثلاثي.

X = تقاطع رباعي أو أكثر.

I = تقاطع علوي (جسر علوي).

SB = عقدة على الحدود السورية.

DB = عقدة بين حدود المناطق.

RS = بداية الطريق ولكنها بالأصل ليست عقدة أو حدوداً ولكن نعدّها عقدة.

RE = نهاية الطريق ولكنها بالأصل ليست عقدة أو حدوداً ولكن نعدّها عقدة.

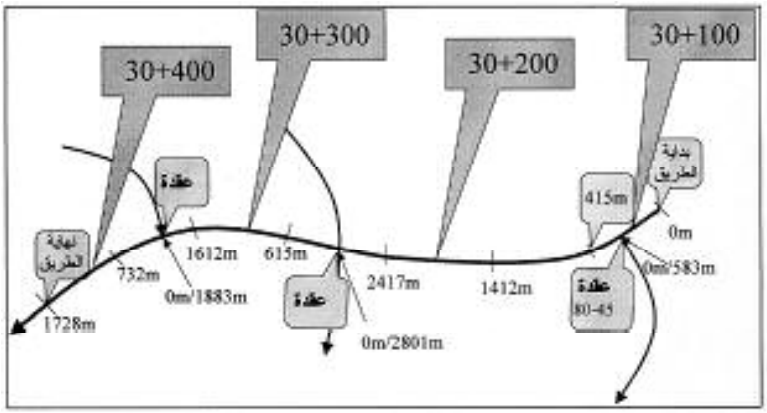
4-6- ترقيم الوصلات (Link Numbers):

الوصلة هي ذلك الجزء من الطرق (الذي تم ترقيمها سابقاً) و الذي يصل بين عقدتين متتاليتين.

رقم الوصلة يتألف من رقم الطريق الأساسي + رقم تسلسلي غير مكرر مؤلفاً من أربع خانات بالإضافة إلى رقم الطريق أي أصبح رقم الوصلة مؤلف من ست خانات للطرق الرئيسية وهكذا بالنسبة للطرق الأخرى الثانوية بسبع خانات و كذلك للفرعية. مثلاً وصلة رقم (30+200) تدل على الوصلة رقم 200 من الطريق الرئيسي رقم 30.

و ترقيم تلك الوصلات من ذلك الطريق يتبع الأساسيات الآتية:

- الرقم المتسلسل يبدأ بالرقم 100 في بداية الطريق.
- الرقم المتسلسل يزاد 100 بالتتالي لكل وصلة في الطريق، وذلك لكي تسمح بترقيم الوصلات في حال إعادة تأهيل الشبكة وإنشاء وصلات جديدة على الطريق نفسه كما في الشكل رقم (4-3).



الشكل رقم (4-3): يبين نظام ترقيم الوصلات على الطريق وبداية الطريق ونهايتها

4-7- ترقيم المقاطع أو القطاعات الكيلو مترية (Section Numbers):

المقطع أو القطاع الكيلو متري يحدد على الوصلة بأن تقسم إلى نقاط كيلو مترية يتم تحديدها على الشبكة بحجر كيلو متري أو بعلامات كيلو مترية في اتجاه واحد، ومن ثَمَّ يحدد المقطع برقم متسلسل يدل على طول الوصلة.

4-8- بنية قاعدة البيانات (Data Model):

إن توصيف شبكة الطرق و نظام المرجعية لعناصر الشبكة هما الخطوتان الأوليان في تطوير نظام معلومات الطرق و يجب إقامتهما قبل أن تبدأ أية برمجة و أي جمع للبيانات الطرقية.

يمكن لمهمة تكنولوجيا المعلومات أن تكون جهداً متواصلاً، إلا أن التنظيم و البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات يمكن أن تتم على مراحل إلى أن يتم الانتهاء من إصدار النسخة الأولى لنظام معلومات الطرق.

ولتحقيق ذلك نقترح أن تكون قاعدة البيانات مؤلفة من النظام الآتي حتى يتم ربط البيانات مع العناصر الطرقية بنظام مرجعي كما تم اقتراحه في البداية، والشكل رقم (4-4) يبين طريقة ربط جداول البيانات ببعضها و التي ينصح بتطويرها في الدراسات القادمة:

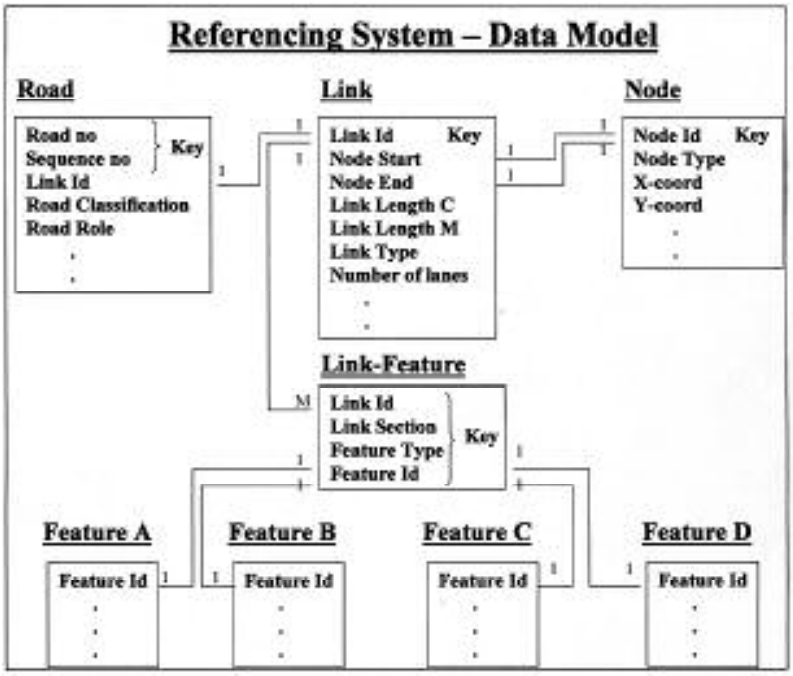
عنصر البيانات (Feature): وهو اسم حقل البيانات المرتبط بالطريق مثل، الوصلة، وحواجز الأمان، والجسور الخ.

قيمة البيانات (Attribute): القياسات أو القراءات الخاصة بكلّ عنصر من البيانات مثل، الطول، والعرض، والنوع، الخ.

نظام مرجعية الطرق (Road Referencing System): وهي الطريقة التي يتم بها ربط عنصر البيانات بالموقع الخاص به على الطريق من الشبكة.

توصيف شبكة الطرق (Road Network Description): مجموعة بناء الوصلات و العقد التي تمثل شبكة الطرق بكاملها.

دليل البيانات (Data Diction art): تحديد عناصر البيانات و تعريفها و القيم التابعة لها.



الشكل رقم (4-4): نموذج جداول البيانات وطريقة الربط فيما بينها

4-9- جرد عناصر نظام مرجعية الشبكة وجمع بياناتها:

4-9-1- ترقيم الشبكة (الطرق، والعقد، والوصلات):

1- فعالية أي نظام إدارة صيانة (PMMS) تعتمد على دقة البيانات وموثوقيتها (1). والاهتمام الأول كان في النظام المنجز هو تطوير وتصميم قاعدة بيانات لعناصر مواصفات الرصف، حالة سطح الرصف وصيانة الرصف المنفذة سابقاً (تاريخ الصيانة). وقد تم جمع البيانات اعتماداً على المقاطع للطرق التي يجب ربطها بمرجعية ثابتة وصحيحة وذلك حسب المنهجية السابقة.

ويبين الشكل (4-3) منهجية ترقيم الطرق و العقد و الوصلات للطرق المذكورة سابقاً.

4-9-2- البيانات التي تم جمعها:

تم القيام بجمع البيانات اللازمة للشبكة حتى تكون المرجعية صحيحة وهي:

1- أنواع التقاطعات.

2- أنواع المصارف المائية (العبارات).

3- أنواع الجسور.

وقد تم اختيار الطرق في المنطقة الجنوبية لجمع تلك البيانات وذلك بتحديد نوع عنصر البيانات السابقة الذكر حسب توصيف محدد، ويتم تحديد موقع ذلك العنصر بتسجيل المسافة التي يبعدها عن بداية الوصلة.

تم استخدام قائس مسافات بعد معايرته لقياس بعد العناصر عن بداية الوصلات و قياس أطوال الوصلات بالكامل.

4-9-3- تحديد ترميز بيانات ترقيم الشبكة وتوصيفها (Data Description):

و حتى تقوم فرق الجرد و المسح بمهامها لابَّد من وضع آلية تسهل قيامها بهذه المهام، وهذا بالطبع يساعد في تخزين تلك البيانات وتحليلها ولاسيّما أن قواعد البيانات لابد أن تكون رقمية حتى يتم تحليلها والاستفادة منها بالشكل المطلوب. ومن ثَمَّ هذا يستدعي وضع رمز أو كود لكل عنصر من عناصر البيانات يوصفها ويدل عليها. ثُمَّ وضع دليل أو كتالوج لتلك البيانات.

4-9-4- وضع كتالوج عناصر بيانات الترقيم:

وحتى يقوم فريق جمع البيانات بالمهمة لا بد من تحضير استمارات خاصة معدة لجمع البيانات الخاصة هذه، ومنها ما تم جمعه من الطريق ومنها ما تم الحصول عليه من الوثائق المكتبية.

وحتى تقوم عناصر فرق المسح و الجرد بجمع البيانات لا بد من تحضير كتالوج لتلك البيانات يحتوي على توصيف عناصر البيانات السابق ذكره وكذلك على أسماء الطرق

وأرقامها، والبيانات اللازمة في تصميم قواعد البيانات في الحاسب الآلي، وهي كما يأتي في الجدول رقم (4-2):

الجدول رقم (4-2): يبين البيانات اللازمة في تصميم قواعد البيانات في الحاسب الآلي

اسم عنصر البيانات	اسم حقل البيانات في الحاسب	القيمة (الرمز)	الوصف
أنواع التقاطعات	Inters_ty	1	تقاطعات ثلاثية (T)
		2	تقاطعات رباعية (X)
		3	تقاطع علوي
		4	دوار
		99	أخرى
		999	غير معروف

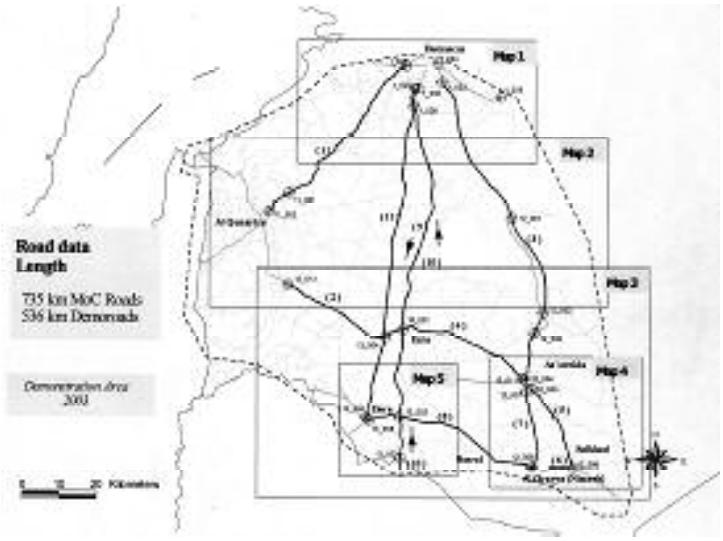
بعد ذلك تم جمع البيانات المذكورة وتم تخزينها في صيغة جداول اكسل.

هذه البيانات مفيدة إِذْ يمكن في دراسات قادمة الاستفادة منها بربطها مع نظم المعلومات الجغرافية(GIS) لتمثيل تلك البيانات على الخريطة الجغرافية ومن ثَمَّ عرضها بشكل مرئي يسهل استعراضها والتعامل معها، وقد تم استخدام برنامج Arc View لإنتاج الخرائط الجغرافية. والجدول الآتي رقم (4-3) يبين نموذجاً ومثالاً لتلك البيانات. والشكل رقم (4-5) يبين الطرق التي تم جمع بياناتها بوصفها عينة دراسية مع استخدام أرقام رمزية لطرق المنطقة الجنوبية من رقم (1) إلى رقم (12)، يمكن استبدالها بالأرقام حسب المنهجية المتبعة حين الانتهاء من ترقيم كامل الشبكة، إذ إنَّ

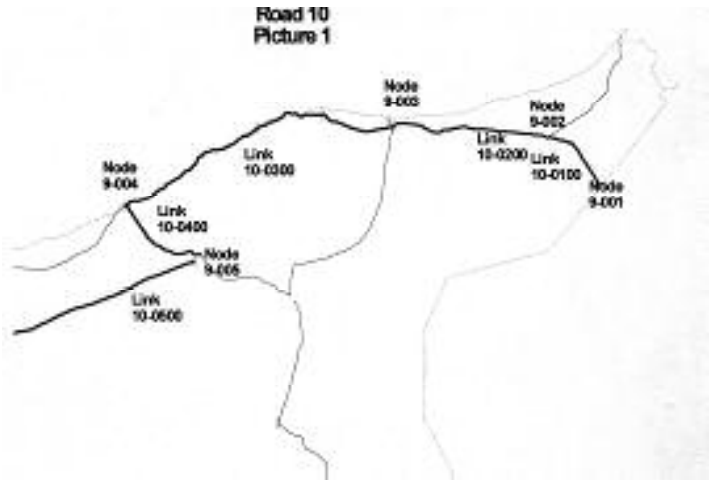
هذا العمل يحتاج لمجهود كبير و أكبر من مجال بحثنا هذا، و الذي اقتصرنا به علـــى وضع المنهجية و الأسس للترقيم و دراسة حالة تطبيقية لعينة من الشبكة على المنطقة الجنوبية وبعض الطرق الرئيسية.

الجدول رقم (4-3): يبين البيانات التي تم جمعها لعناصر التقاطعات والجسور و العبارات (وزارة النقل)

Road number			**4**			
Road name			**Ezra - As Sweida**			
Node number	**Link_id**	**Distance**	**Road length**	**Intersection type**	**Culvert type**	**Bridge type**
13_001		**0**	**0**			
		11673	**11673**		**1**	
		15389	**15389**			**99**
		19005	**19005**	**1**		
		20253	**20253**	**1**		
		22505	**22505**	**1**		
		26887	**26887**	**1**		
		27494	**27494**	**1**		
		29116	**29116**		**1**	
		29731	**29731**	**1**		
		31916	**31916**		**1**	
		32881	**32881**			**5**
		36919	**36919**			
12_011		**38189**	**38189**			



الشكل رقم (4- 5أ): يبين عينة الدراسة للمنطقة الجنوبية (وزارة النقل)



الشكل رقم (4–5 ب): يبين ترقيم الطريق رقم (10)

5- جمع البيانات وتطوير قاعدة البيانات

تعدُّ البيانات بحد ذاتها عديمة الفائدة، ولكن من خلال تحليلها وتطبيقها يمكن تحقيق فوائد أنظمة إدارة صيانة الرصف. في حين يمثل جمع البيانات أحد الأنشطة الأساسية التي لا غنى عنها لأنظمة إدارة الصيانة، إلا أن مجرد الحصول على البيانات ليس كافياً. إن الوصول إلى البيانات هو المفتاح للإدارة الفعالة لصيانة الرصف (1).

5-1- اعتبارات قاعدة البيانات:

يعدُّ التعريف المكاني و الزماني للبيانات أحد أهم الاعتبارات عند تطوير إدارة قاعدة البيانات. ويقتضي التعريف المكاني المقدرة على الربط المادي (الفيزيائي) بين البيانات والموقع على شبكة الرصف. ويتم التعريف المكاني (المرجعية المكانية) من خلال عملية تعريف القطاع (1).

5-2- أنواع قواعد البيانات:

نظراً لحاجة إدارة صيانة الرصف الفعالة إلى بيانات كثيرة و متعددة فإن كثيراً من الإدارات تحتفظ بالبيانات في ملفات منفصلة، ولكنها ذات صلة ببعضها، فهي تحتفظ عادة بملفات منفصلة لكل من (3):

1- بيانات وصفية للطريق (مرجعية مكانية – وتوصيف هندسي لمقطع الطريق).
2- بيانات عن تاريخ إنشاء الطريق و المعالجات التي حصلت منذ تاريخ الإنشاء.
3- بيانات عن مواد إنشاء الطريق.
4- بيانات عن المعالجات التي حصلت للطريق منذ تاريخ إنشائها.
5- بيانات عن حركة المرور.
6- بيانات عن الحالة الراهنة لشبكة الطرق (عيوب سطح الطريق).
7- بيانات عن وسائل السلامة المرورية و حالتها.
8- بيانات عن طبيعة الأرض المحيطة بالطريق وطريقة استخداماتها.

هذا ولابد أن تحتوي قاعدة بيانات إدارة صيانة الطرق على معلومات عن تعريف الطريق ومستوى المرور ومعدل النمو وتكاليف الصيانة وبيانات حالة الرصف. وتشتمل بيانات حالة الرصف على التشققات و الوعورة وغيرها من العيوب الأخرى. وتحفظ قياسات حالة الرصف لكل سنة تم فيها جمع المعلومات (3). وبذلك يتمكن المهندسون من مراجعة البيانات عبر الزمن عند النظر في إمكانية إعادة تأهيل الرصف، وقد جمعت البيانات على أساس المقطع الكيلومتري أي بمعدل سجل لكل كيلومتر واحد. بكل اتجاه. ومن ثَمَّ تحتوي قاعدة البيانات على سجل لكل طريق نفذ من قبل وزارة النقل ممثلة بالمؤسسة العامة للمواصلات الطرقية. ويعرف موقع كل طريق برقم وذلك حسب نظم ترقيم و ترميز الشبكة الذي تم شرحه في الباب السابق، وكذلك بداية الطريق ونهايتها، و بداية كل مقطع لذلك الطريق ونهايته و الذي أخذ بطول 1كم على طول الشبكة.

لابد من تنسيق تلك الملفات من حيث علاقتها بالموقع المكاني للبيانات، وذلك لسهولة الرجوع لها و التحليل بشكل يضمن استخدامها بالشكل المناسب و السليم.

5-3- مجال الدراسة وحقلها:

تعتمد الدراسة على البيانات وصحتها ومدى الدقة في تجميعها. العمل الأساسي في هذه الدراسة و البحث هو تطوير قاعدة بيانات من خلال جمع البيانات اللازمة و استخدامها لوضع هيكلية لإدارة صيانة الطرق. تم تجميع البيانات لعينة من شبكة الطرق السورية و التي تمثل عينة نموذجية تضم جميع أنواع وأصناف الطرق التي تتألف من طرق درجة أولى وثانية، وطرق تمر بجميع المناطق المختلفة مناخياً. تم الاهتمام بالبيانات التي يحتاجها البحث فقط للسهولة وهي كافية لكي تضع منهجية عامة يؤخذ بها فيما بعد لتشكيل قاعدة بيانات شاملة تضم البيانات المطلوبة لكل حالة من الحالات التي يتطلبها العمل.

اهتم البحث ببيانات جرد عناصر الطرق وأبعادها وتصنيفها وبيانات السلامة المرورية، وكذلك بيانات حالة السطح والتي تضم عيوب الرصف جميعها.

5-4- تحديد عناصر البيانات التي تم جمعها وتعريفها (Data Feature):

لتشكيل قواعد البيانات فإن الخطوة الأولى هي تحديد عناصر البيانات، إذْ تم جمع البيانات لمقاطع من الطرق وكل مقطع بطول 1كم، وتم تخزين البيانات في قاعدة البيانات بحيث كل سجل يحتوي على بيانات ذلك المقطع ومرجعيته من الطريق وشبكة الطرق. والبيانات تتألف من العناصر الآتية:

5-4-1- بيانات وصفية لأبعاد المقطع العرضي للطريق:

تم جمع بيانات:

- نوع الطريق و تصنيفه (درجة أولى، أو درجة ثانية).
- عناصر قارعة الطريق (عدد الحارات، وعرض حارة المرور، ونوع الرصف، وعرض الطريق).
- عناصر أكتاف الطريق (عرض الأكتاف، ونوع رصف الأكتاف).
- عناصر الجزيرة الوسطي (نوع الجيرة الوسطية و عرض الجزيرة).
- عناصر المصارف الجانبية (نوع المصارف وحالة تلك المصارف).

5-4-2- بيانات وسائل السلامة المرورية:

تم جمع بيانات:

- عناصر حواجز الأمان (نوعها، وحالتها، وطولها من بداية المقطع).
- عناصر الدهانات الطرقية (نوع الدهان، وحالة الدهان).
- عناصر الإشارات المرورية (نوع الإشارات، وعددها وحالتها).

5-4-3- بيانات طبيعة الأراضي المجاورة واستخدامها:

تم جمع بيانات:

- عناصر استخدام الأرض المجاورة للطريق (سكنية، زراعية، تجارية، صناعية).
- عناصر طبيعة تضاريس الأرض المجاورة (منبسطة، جبلية، هضبية).
- عناصر طبيعة المسار الهندسية (منعطف، استقامة).

5-4-4- بيانات عن تاريخ إنشاء الطريق و المعالجات التي حصلت منذ تاريخ الإنشاء:

1- بيانات عن إنشاء الطريق:

- تاريخ الانتهاء من إنشاء الطريق.
- نوع سطح الطريق و سماكته.
- نوع طبقة الأساس و سماكتها.
- نوع طبقة الأساس المساعد و سماكتها.

2- بيانات عن المعالجات التي حصلت للطريق منذ تاريخ إنشائها وعمر الرصف:

و تشمل بيانات عن المعالجات السطحية، أو طبقات الإسفلت المضافة أو إعادة تأهيل الطرق.

- نوع المعالجة و سماكتها.
- تاريخ تنفيذ تلك المعالجة
- عمر الرصف: بدءاً من تاريخ آخر صيانة، أو من تاريخ الإنشاء

هنا يجب أن نذكر أنه لا بد من تحديث قاعدة البيانات عند أية معالجة تتم أول بأول سواء بتغذية بيانات جديدة أو تحديث آلي للبيانات من خلال معالجتها عن طريق برامج قواعد البيانات.

5-4-5- بيانات عن حجم المرور في الطريق:

تم جمع بيانات:

- متوسط الحجم المروري اليومي.

5-4-6- بيانات عن الحالة الراهنة لشبكة الطرق (عيوب السطح):

و تشمل هذه البيانات بيانات عن عيوب الطرق المنتشرة في الشبكة و قد تم مسح شبكة الطرق المتمثلة في عينة الدراسة لكل 1كم على حدة باستمارة خاصة يتم فيها تسجيل نوع العيب وشدته ومساحة انتشاره في القطع المدروس.وتلك العيوب قسمت للمجموعات الآتية حسب طبيعتها وتأثيرها في سطح الرصف:

- العيوب الناتجة عن تشقق الرصف، وتشمل العيوب الآتية:
- العيوب الناتجة عن تشوه استواء سطح الرصف، وتشمل العيوب الآتية:
- العيوب الناتجة عن سطح رصف زلق، وتشمل العيوب الآتية:
- العيوب الناتجة عن تفتت سطح الرصف، وتشمل العيوب الآتية:

5-5- بيانات تقييم حالة سطح الرصف:

توجد في سورية شبكة من الطرق الضخمة شيدت على أحدث المواصفات لخدمة حركة النقل بين المدن وداخلها. ويكلف إنشاء الطرق مبالغ طائلة، كما أن تكلفة إبقاء الطرق في حالة جيدة تتزايد عاماً بعد عام. لذلك كان لزاماً على إدارات صيانة الطرق إتباع الوسائل الحديثة لتحديد أولويات الصيانة مع المتابعة الدقيقة لحالة الطرق.

سنعتمد في دراستنا هذه على التقييم الوظيفي لأداء الرصف والتي تتمثل بالمسح البصري لسطح الرصف لمعرفة نوعية العيوب ومدى شدتها و كمية انتشارها على سطح المقطع. ومن ثَمَّ تقييم سطح الرصف اعتماداً على كمية العيوب ومدى تأثير تلك العيوب في حالة الرصف وعدم قدرته على أداء وظيفته من ناحية القيادة المريحة.

هناك عوامل كثيرة تؤثر في أداء الطريق الوظيفي في حالة عدم القيام بالصيانة الجيدة وذلك مع مرور الزمن، يزداد تأثير تلك العوامل وتتدهور حالة الرصف ومن ثَمَّ استخدامه بهذه الحالة يهدد سلامة السيارات و المسافرين عليه (4).

للمحافظة على أداء الطرق وسلامة المرور، تعمل أنظمة الصيانة والإدارات المسؤولة في دول العالم المختلفة علـــى (5):

- تحديد العيوب التي تعاني منها الطرق.
- فهناك أساليب تعتمد على تقنية، تغطي جميع العيوب.
- وأساليب أخرى تعتمد على مبدأ التقدير.
- إيجاد أفضل الوسائل الفنية و الاقتصادية لمعالجتها.
- إعادة الطريق لأداء وظيفته.

5-6- وضع كتالوج عناصر البيانات:

حتى يقوم فريق جمع البيانات بالمهمة لا بد من تحضير استمارات خاصة معدة لذلك، الذي أعد بشكل خاص لجمع البيانات الخاصة بالبحث ومنها ما تم جمعه من الطريق ومنها ما تم الحصول عليه من الوثائق المكتبية. وحتى يقوم عناصر فرق المسح و الجرد بجمع البيانات لا بد من تحضير كتالوج لتلك البيانات يحتوي على توصيف عناصر البيانات السابق ذكره وكذلك على أسماء حقول البيانات اللازمة في تصميم قواعد البيانات في الحاسب الآلي، وهي كما يأتي (مثال عن عناصر البيانات):

اسم عنصر البيانات	اسم حقل البيانات في الحاسب	القيمة (الرمز)	الوصف
تصنيف (درجة) الطريق	Road_cl	1	طرق درجة أولى (رئيسية)
		2	طرق درجة ثانية (ثانوية)
		3	طرق فرعية
		4	طرق محلية

5-7- تصميم قاعـــدة البيانات :

بناءً على استمارات الجرد الطرقي ومسح العيوب المبينة سابقاً تم تصميم قاعدة البيانات اللازمة لعمل برامج إدارة الصيانة. و تم استخدام برنامج قواعد البيانات أكسس 2000 لتشكيل الجداول اللازمة و من ثم تصميم شاشات إدخال بواسطة برنامج (Visual Basic 5) .

نموذج رقم(1) استمارة الجرد الطرقي

اسم المحافظة: رقم الطريق: اسماء لجنة الجرد: التاريخ:

كم البداية	كم النهاية	درجة الطريق	عدد الحارات	قارعة الطريق			الباكيتات		الجزيرة الوسطية		المصارف الجانبية		حواجز الأمان		الدهان الطرقي		الإشارات المرورية		
				عرض الحارة	نوع الرصف	عرض الطريق	نوع الباكيت	عرض الباكيت	نوع الجزيرة	عرض الجزيرة	نوعها	الحالة	نوعها	طول الحاجز	نوع الدهان	الحالة	العدد	النوع	الحالة

نموذج رقم(2) مسح حالة الطريق الإسفلتي

اسم الطريق ورقمه :.....مقطع رقم.....من كم.....إلى كم.....

اسم الماسح.....التاريخ.....الطول الكلي للطريق.....حالة الجو.....

نوع الطريق : متعدد الحارات ....مفرد.....عدد الحارات .....عرض حارة المرور...

DATA BASE

م	نوع الطريق	درجة الشدة			الطول م	السطح $م^2$	الكثافة	ملاحظات
		خفيف	متوسط	شديد				
عيوب ناتجة عن تشقق الرصف								
1	التشقق التمساحية							
2	التشقق البلوكية							
3	تشقق حافات الرصف							
4	التشقق الطولانية والعرضية							
5	التشقق الانزلاقية							
عيوب ناتجة عن تشوه استواء سطح الرصف								
1	التموجات							
2	الهبوط							
3	تكوم الرصف في الاتجاه العرضي							
4	الأخاديد							
5	انتفاخ الرصف							
6	التقعر والتحدب							

شكل رقم (5-1) : يبين علاقة جداول البيانات بقاعدة البيانات

5-7-1- مكونات شاشة إدخال البيانات :

من خلال شاشة الإدخال نرى أن البيانات مقسمة إلى مجموعات نوعية و هي:

1- معلومات عن اسم الطريق و موقعه.
2- معلومات عن درجة الطريق و أبعاده.
3- معلومات عن وضع هندسة المرور: خنادق التصريف– حواجز الأمان– الدهان الطرقي– العلامات المرورية.
4- معلومات عن المحيط الخارجي للطريق.
5- معلومات عن تاريخ إنشاء الطريق و تاريخ الصيانة.
6- معلومات عن حجم المرور.

و يتم إدخال البيانات بشكل توصيفي (رموز) التي بينت سابقاً بكتالوج قواعد البيانات و ذلك للدلالة على المعلومة المرادة. و أحياناً يتم ترميز المعلومات برموز و ذلك لتسهيل إجراء تحليل البيانات من خلال البرامج الإحصائية.

5-7-2- مميزات شاشة إدخال قاعدة البيانات:

من الشكل رقم (5-1) نرى أن شاشة الإدخال التي تم تصميمها تحتوي على بيانات عناصر الطرق والتي تم تشكيلها بجداول متعددة ترتبط فيما بينها بنظام مرجعية عناصر الشبكة الذي تم شرحه في الباب السابق أيضاً كل جدول من الجداول يحتوي على سجلات و حقول تحتوي على البيانات وقيمها و التي قد تكون عادة ممثلة على الشبكة بشكل صفات أو ميزات نقطية أو ميزات مستمرة. وترتبط هذه الجداول بقاعدة البيانات ليتم تخزينها للاستفادة منها في التحليل و الحسابات اللازمة.

من الأشكال رقم (5-2) و (5-3) لنوافذ إدخال قواعد البيانات نجد أنها تتمتع بالمميزات الآتية:

1- شاشة الإدخال تحتوي على جميع العناصر اللازمة لإدارة صيانة الطرق.
2- إنها سهلة و مرنة بحيث يسهل استخدامها من قبل مهندسي الطرق الذين يعملون بإدارة الصيانة.
3- قابلة للتطوير مع تطور احتياجات برامج إدارة الصيانة لبيانات إضافية.

6- تقييم الحالة الراهنة لحالة الرصف:

تم اعتماد طريقة دليل حالة الرصف (PCI) لتحديد وتقدير حالة الرصف، وهي طريقة تقديرية تعتمد على تقدير المساحين بصرياً لنوعية العيوب و كمياتها و شداتها في المقطع المدروس. هذه الطريق تعتمد على التقدير (0- 100) حيث 100 للطريق الذي تم فتحه للاستثمار ولا تظهر فيه عيوب و (صفر) للطريق المنهار (6).

يتم تحديد العيوب التي تظهر في المقطع المدروس و كذلك مساحة تلك العيوب كنسبة من مساحة المقطع الكلية بالإضافة إلى مقدار شدة كل عيب هل هو ذو شدة خفيفة أم متوسطة أو شدة عالية. و من خلال منحنيات خاصة بذلك يتم استنتاج مقدار نقاط الحسم و التي تمثل مقدار تأثير كل عيب في حالة السطح، ثم يتم تجميع تلك النقاط و يتم خصمها من 100 لتعطي قيمة دليل حالة الرصف.

و المعادلة الآتية تبين كيفية حساب دليل حالة الرصف:

$$PCI = 100 - \sum (Tij)$$

(Tij): نقاط الحسم حسب شدة العيب الموجودة و كثافة انتشار العيب تؤخذ من منحنيات خاصة لكل عيب.

يتم تقويم حالة الرصف حسب قيمة PCI، إذْ التقدير يبدأ من ممتاز عند (PCI=100) إلى ضعيف عند (PCI=0).

يتم استخدام هذا الدليل في تحديد نوعيات الصيانة المناسبة لكل مقطع ومن ثَمَّ تحديد قرارات الصيانة المناسبة و التي على أساسها أيضاً يتم تحديد مستويات التدخل المناسبة.

7- تحديد احتياجات و الصيانة قراراتها:

الهدف الأساسي من تطوير برنامج إدارة الصيانة لشبكة الطرق هو مساندة قسم الصيانة في اتخاذ القرارات السليمة والمناسبة و الفعالة لصيانة شبكة الطرق بشكل تؤمن مستوى خدمة جيداً للمستخدمين. و لدينا في قسم الصيانة عدة خيارات لأعمال الصيانة. كذلك هناك حاجة كبيرة لأعمال الصيانة للطرق والتي يجب أن تخدم

المستخدمين. ولذلك يجب تحديد الوسيلة المناسبة التي على أساسها يتم تحديد المكان و الوقت المناسب لإجراء الصيانة الفعالة (7).

بعد أن يتم تجميع بيانات حالة الرصف سيتم استخدام دليل حالة الرصف (PCI) و كثافة انتشار العيوب في تحديد فعاليات الصيانة المناسبة و منها يتم تحديد الاحتياج الكلي على مستوى الشبكة. و كذلك على مستوى المشروع نسبة لنوع ذلك العيب و شدة انتشاره في المقطع المدروس، وسيتم تحليل العيوب و كذلك وضع جدول خاص بتحديد أنواع الصيانة المناسبة.

7-1- تحديد فعاليات و خيارات الصيانة المتوافرة:

نتيجة للمراجعات السابقة للخبرات العملية من قبل إدارات الصيانة و المشاريع تبين أن خيارات و بدائل الصيانة الممكنة التطبيق و التنفيذ هي كالآتي (8):

1- إعادة إنشاء طبقات الرصف

2- طبقة تغطية 10 سم بعد الكشط

3- طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط والمعالجات الموضعية

4- طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط

5- معالجة سطحية

6- صيانة جارية (إملاء الحفر، ترقيع، سد الشقوق)

شكل رقم (5-2): يبين شاشة إدخال بيانات عناصر الطرق.

شكل رقم (5-3): يبين شاشة إدخال بيانات عيوب الطرق.

7-2- منهجية اتخاذ قرارات الصيانة:

من المعلومات التي تم مراجعتها والخطط السنوية لكميات الصيانة والمبالغ التي صرفت، يتضح أهمية وضع منهجية لاتخاذ قرارات الصيانة إذْ لابد من وضع نظام يتم به اختيار الصيانة المناسبة لتحقيق الإجابة عن (9):

- أين يجب إجراء الصيانة على الشبكة (حسب الحالة و كمية العيوب)؟
- ما نوع الصيانة المناسبة لذلك (من ضمن إجراءات الصيانة الممكنة)؟
- متى يجب إجراء تلك الصيانة؟

لذلك تم اعتماد وضع سياسة لاتخاذ قرار الصيانة اعتماداً على قيمة دليل حالة الرصف وذلك حسب الآتي:

- $PCI \geq 75$ فيتم اللجوء إلى جدول فعاليات الصيانة حسب كمية العيوب الموضعية (صيانة موضعية للعيب المخصص كما في الجدول رقم (7-1) كما هو موضح بالشكل رقم (7-1).
- $PCI \leq 75$ فيتم اللجوء إلى جدول فعاليات الصيانة رقم (7-2) الآتي حسب قيمة PCI.

جدول رقم (7-1): يبين صيانة قطاعات الرصف حسب شدة العيب و الكثافة

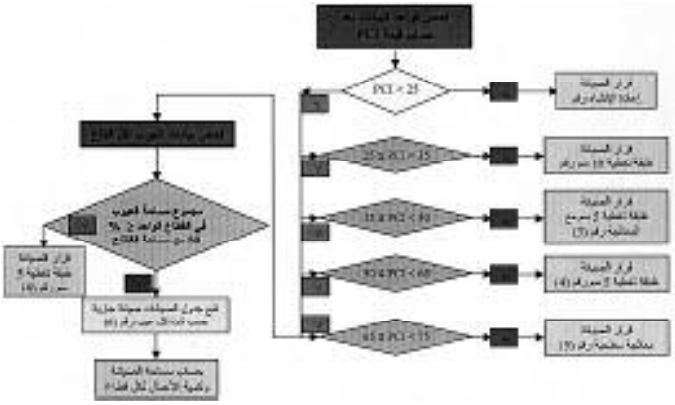
رقم العيب	اسم العيب	رقم صيانة العيب المناسبة حسب الشدة و الكثافة								
		شدة خفيفة			شدة متوسطة			شدة عالية		
		الكثافة %			الكثافة %			الكثافة %		
		≤ 5	6-20	> 20	≤ 5	6-20	> 20	≤ 5	6-20	> 20
D1	الشقوق التمساحية	1	1	1	1	3	5	3	5	5
D2	الشقوق البلوكية	1	1	1	1	3	5	3	5	5
D3	شقوق حافات الرصف	1	1	1	1	3	5	3	5	5
D4	الشقوق الطولية والعرضية	1	1	1	1	3	5	3	5	5
D5	الشقوق الانزلاقية	1	1	1	1	3	5	3	5	5
D6	التموجات	1	1	1	4	5	5	4	5	5
D7	الهبوط	1	1	1	4	5	5	4	5	5
D8	تكوم الرصف في الاتجاه العرضي	1	1	1	4	5	5	4	5	5
D9	الأخاديد	1	1	1	4	5	5	4	5	5
D10	انتفاخ الرصف	1	1	1	4	5	5	4	5	5
D11	هبوط البانكيت عن الرصف	1	1	1	6	6	6	6	6	6
D12	نضح الإسفلت	1	1	1	7	7	5	7	7	5
D13	برى الركام	1	1	4	4	5	5	5	5	5
D14	تآكل سطح الرصف وتطايره	1	1	1	1	1	5	4	5	5
D15	الحفر	2	4	5	2	4	5	2	4	5
D16	الرقع الإسفلتية	1	1	4	1	1	4	1	4	4

الصيانات المناسبة للعيوب بشكل موضعي:

1- عدم إجراء أي صيانة
2- معالجة الحفر و سدّها
3- سد التشققات
4- ترقيعات
5- طبقة سطحية
6- صيانةالأكتاف
7- طبقة من الرمل الساخن مع الدحل

جدول رقم (7-2): فعاليات الصيانة حسب قيمة الـ (PCI)

رقم الصيانة	نوع الصيانة المقترحة	قيمة دليل حالة الرصف
1	إعادة إنشاء طبقات الرصف	PCI < 25
2	طبقة تغطية 10 سم بعد الكشط	35 > PCI ≥ 25
3	طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط والمعالجات الموضعية	50 > PCI ≥ 35
4	طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط	65 > PCI ≥ 50
5	معالجة سطحية	75 > PCI ≥ 65
6	صيانة جارية (إملاء الحفر، ترقيع، سـد الـشقوق) انظـر الجدول رقم (7-1)	PCI ≥ 75



الشكل رقم (7-1): يبين شجرة قرارات الصيانة المتبعة.

8- تحديد أولويات الصيانة:

الأسلوب التقليدي في تحديد أولويات أعمال الصيانة هو أن يتم تحديد الشوارع و الطرق التي تحتاج إلى صيانة و من ثم تحديد الشارع الذي سوف تبدأ فيه أعمال الصيانة أولاً ثم الذي يأتيه ثم الذي يأتيه وهكذا إلى أن يتم ترتيب جميع الشوارع في قائمة حسب أولويتها وذلك بالاعتماد على معرفة إدارة الطرق للشبكة ومستويات التدهور في تلك الطرق وكذلك أهمية الطرق هل هي طرق رئيسية أم ثانوية؟ وهي طريقة تعتمد على مبدأ المقارنة والاجتهاد وعلى الحكمة الهندسية في ذلك. وهو أسلوب يعدُّ مقبولاً في حالة الشبكة صغيرة و الميزانية كافية لجميع أعمال الصيانة، وبشكل مطلق هذا غير مرغوب فيه عندما تكون الشبكة كبيرة جداً. هناك عدة طرق لبرمجة أولويات الصيانة منها البسيط و الذي يعتمد الترتيب و منها الطرق التي تعتمد على اختيار الحل الأفضل أو الأمثل و الذي يعتمد على الموديلات الرياضية في ذلك (10).

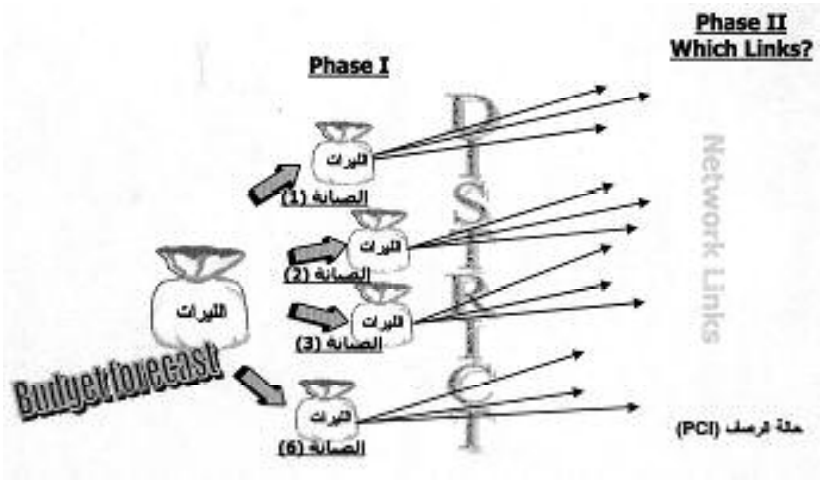
8-1- طريقة الحل الأمثل في تحديد أولويات الصيانة:

نظراً لأنَّ احتياجات الصيانة لشبكة الطرق تزداد بشكل واضح وكبير والموارد و الميزانية المتاحة تصبح قليلة و غير كافية لتحقيق المعايير المطلوبة و الأهداف المتعددة فإنه لا بد من وجود برامج الصيانة التي تستعين بالحاسب للتوصل إلى أفضل الحلول وتحقيق الأهداف المطلوبة و مقارنة البدائل المتعددة و اختيار الأنسب منها. ويمكن تقسيم العمل في تحديد الأولويات في هذا البحث إلى مرحلتين أساسيتين:

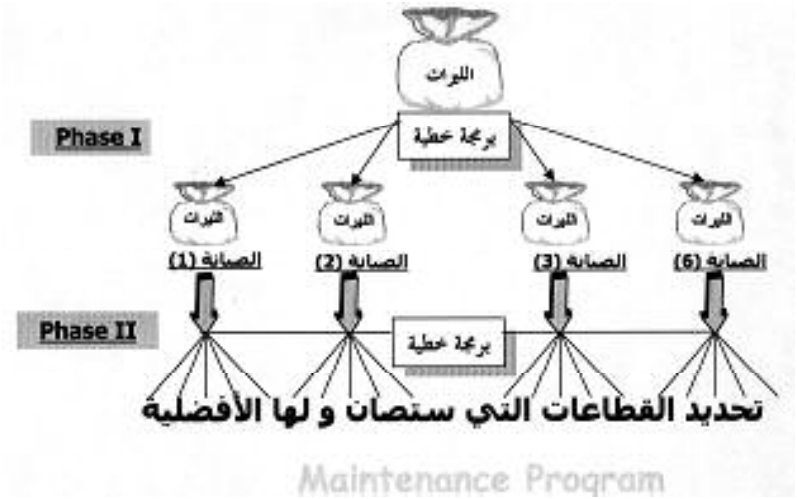
المرحلة الأولى ونستخدم فها طريقة الحل الأمثل للبرمجة الهدفية لتوزيع الميزانية المتاحة على احتياجات الصيانة المطلوبة. وفيها يتم تعظيم (Maximize) حالة الشبكة أو عامل آخر محدد يتم اعتماده حسب الحاجة له مقابل تقليل التكلفة (Minimize) أو الاستفادة من الميزانية بأعظم ما يمكن لرفع حالة الشبكة والحفاظ عليها بحالة تشغيأتية تفي بالمتطلبات للحفاظ على كفاءة الشبكة وهنا لا بد من إنشاء موديل رياضي يعرف

بموديل الحل الأمثل، ومن ثَمَّ و جود علاقة هدفية يجب تحقيقها ضمن قيود وشـــروط معينة تحقق ذلك الهدف بأقرب ما يمكن (11). ومن ثَمَّ يتم معرفة الكميـــات المثاليـــة للصيانة من كل نوع ضمن حدود الميزانية المتوافرة أو معرفة الميزانية المطلوبة، كما في الشكل رقم (8-1).

المرحلة الثانية بعد تحديد كميات الصيانة من كل نوع، يقوم البرنـــامج أو الموديـــل الرياضي بتوزيع الميزانية على فعاليات الصيانة و من ثم تحديد القطاعـــات المثلـــى للصيانة على مستوى الشبكة كما في الشكل رقم (8-2). ونستخدم فيها طريقة البرمجة الخطية لتحديد المقاطع أو الوصلات التي هي بحاجة إلى صيانة أكثـــر مـــن غيرهـــا ضمن كل نوع صيانة تم اختياره في المرحلة الأولى. و الشكل رقم (8–3) يعـــرض مخططاً تفصيلياً لمراحل العمل ومنهجيته (12).



الشكل رقم (8-1): يبين منهجية أولويات الصيانة ضمن بدائل الصيانة (المرحلة الأولى)



الشكل رقم (8-2): يبين منهجية أولويات الصيانة لتحديد قطاعات الشبكة

8-2-1- منهج المرحلة الأولى: الحل الأمثل لتوزيع الميزانية على احتياجات الصيانة: تعتمد طريقة الحل على استخدام برمجة الأهداف الخطية وفيما يأتي تعريف للعناصر الأساسية المستخدمة في البحث:

– **بدائل الصيانة (i):** تم اعتماد ستة أنواع من الصيانة:

1- إعادة إنشاء طبقات الرصف.

2- طبقة تغطية 10 سم بعد الكشط.

3- طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط والمعالجات الموضعية.

4- طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط.

5- معالجة سطحية.

6- صيانة جارية (إملاء الحفر، ترقيع، سد الشقوق).

– تأثير نوع الصيانة على حالة الرصف:

و تتمثل في مصفوفة تؤخذ بالاستقراء و الاستقصاء من خبراء الطرق وهي عدد من 100 يدل على مدى تأثير اختيار نوع الصيانة في تحقيق أو تحسين مقدار معين لحالة

الصف. إذ إنَّ حالة السطح وظهور العيوب تؤثر في دليل حالة سطح الرصف وهـذه المصفوفة في هذا البحث هي كما في الجدول رقم (8-1):

جدول رقم (8-1): يبين مصفوفة تأثير نوع الصيانة في حالة الرصف

نوع الصيانة	إعادة الإنشاء	طبقة تغطية 10 سم بعد الكشط	طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط والمعالجات الموضعية	طبقة تغطية 5 سم بعد الكشط	معالجة سطحية	صيانة جارية
مصفوفة التأثير (Pi)	90	85	80	70	40	25

8-2-2- منهج المرحلة الثانية: الاختيار الأمثل للوصلات من المرحلة الأولى:

ويعتمد على تقسيم الوصلات إلى خمس عشرة مجموعة أو عائلة و كل مجموعة متجانسة بالصفات من حيث المرور ومن حيث دليل حالة الرصف وذلك ضمن كل نوع صيانة كما في الجدول رقم (8-2). و يتم اختيار المجموعات المتجانسة ضمن كل نوع صيانة حسب دليل يسمى دليل مستوى الاستخدام للوصلة نفسها.

دليل مستوى الاستخدام يساوي حاصل ضرب طول المجموعة و مستوى المرور و(100-PCI) والذي يدل على العمر المتبقي للطريق، ومن ثَمَّ المنهج هو أن نزيد أو نصعد من عمر الطريق.

جدول رقم (8-2): يبين المجموعات المتجانسة

Pavement Condition	Traffic level		
Index Level	L	M	H
100 > PCI > 75	1	6	11
75 > PCI > 50	2	7	12
50 > PCI > 35	3	8	13
35 > PCI > 25	4	9	14
25 > PCI > 0	5	10	15

8-3- المنهج الرياضي لأسلوب أولويات الصيانة:

8-3-1- المنهج الرياضي للمرحلة الأولى: برمجة أهداف الحل الأمثل لتوزيع الميزانية (13-14-15):

1. الكلفة وتقدير الميزانية: إذْ يتم فرض وحدة كلفة الصيانة و الميزانية المقترحة للصيانة.
2. قيمة التحسين للهدف الذي نريده: ويقدر بين المجال (0-100) ويؤخذ من مصفوفة تأثير الصيانة في حالة الرصف.
3. المتغير المطلوب تحديده: هو طول الجزء من الشبكة المطلوب تحديده لكل نوع صيانة (X) والذي عليه يتم تطبيق نوع الصيانة المحدد.
4. الأهداف: وهي الأهداف التي نريد تحقيقها لمستوى معين من التحسين في حالة سطح لرصف، ويعبر عنها في الموديل الرياضي كما يأتي:

$$\frac{1}{L}\sum_{i=1}^{6} P_i(X_i) \geq T \qquad \text{..... (1)}$$

إذْ: P_i = مصفوفة تأثير الصيانة (i) في الأهداف.

T = قيمة التحسين للهدف التي نريدها (حالة الرصف).

وهذه الأهداف في الموديل الرياضي يتم كتابتها بواسطة استخدام الانحراف الموجب d^+ و السالب d^- والذي يدل على نسبة تحقيق الهدف كما يأتي:

$$\frac{1}{L}\sum_{i=1}^{6} P_i(X_i) + d^- - d^+ = T \quad \text{..... (2)}$$

5. القيود المالية: قيود الميزانية يمكن أن نعبر عنها كما يأتي:

$$\sum_{i=1}^{6} C_i(X_i) \le B \quad \text{..... (3)}$$

إذْ: C_i : كلفة الصيانة /كم طولي لكل نوع صيانة (i).

B : الميزانية المتوافرة للصيانة.

6. قيود الطول: إذْ يفترض أن مجموع أطوال فعاليات الصيانة المختارة لا تزيد على الطول الكلي المطلوب صيانته لكل احتياجات الصيانة:

$$\sum_{i=1}^{6} X_i \le L \quad \text{..... (4)}$$

أيضاً الطول لكل نوع صيانة لا يزيد على الطول المطلوب صيانته:

$$X_i \le L_i \quad \text{..... (5)}$$

7. قيود الحد الأدنى : أحياناً في النتيجة البرنامج سيعطي جواباً لإحدى فعاليات الصيانة بطول يساوي الصفر و الهيئة لا تريد أن تكون نتيجة أي نوع صيانة مساوية للصفر كي لا تضطر لإيقاف آلياتها والقوى العاملة عن العمل لذلك نستخدم ما يسمى قيد الحد الأدنى من الطول كما يأتي:

$$X_i \ge a_i * L_i \quad \text{..... (6)}$$

إذْ: a_i : رقم ثابت كنسبة مئوية يعكس قيمة الحد الأدنى من الطول.

8. العلاقة الهدفية: الهدف هو أن نقلل الانحرافات السالبة لقيمة الهدف ويعبر عنها كما يأتي:

$$\text{Minimize} \quad Z = \sum W \, d^{-} \qquad \ldots\ldots\ldots (7)$$

إذْ: d^{-} : الانحراف السالب لقيمة الهدف الواجب تحقيقه و هو التحسين في قيمة حالة الرصف.

8-3-2- المنهج الرياضي للمرحلة الثانية: برمجة الحل الأمثل الخطي لاختيار وصلات الشبكة (16):

ويعتمد كما ذكرنا على الاختيار الأفضل للمجموعات الخمس عشرة لكل نوع صيانة معتمدين على البرمجة الخطية، فالموديل الرياضي يقترح أي الوصلات من الشبكة سوف يتم اختيارها للصيانة من الاحتياج المطلوب بعد تحديد الطول من المرحلة الأولى:

1) المتغير المطلوب تحديده: هو تحديد أي المجموعات من الخمس عشرة مجموعة ضمن كل نوع صيانة سوف يتم صيانتها بالميزانية المحددة ويعبر عنها بـ:Xij إذْ:
j يمثل نوع الصيانة المطلوبة للمجموعة i.

2) تحديد المجموعات: تم تجميع الوصلات ضمن كل نوع صيانة إلى خمس عشرة مجموعة و كل مجموعة تحوي على وصلات متجانسة بثلاثة مستويات للمرور وخمسة مستويات لحالة الرصف.

3) هدف النظام و البرنامج: وهو تحديد المجموعات لكل نوع صيانة كما يأتي:

$$X_{ij} \geq 0, \qquad I = 1, \ldots\ldots, 15$$

رقم المجموعة.

$$J = 1, \ldots\ldots, 6$$

نوع الصيانة.

4) العلاقة الهدفية: هو أن نصعد من دليل مستوى الاستخدام لمجموعات الوصلات ضمن كل نوع صيانة:

$$Maximize \quad Z = \sum_{i=1}^{15} ((L_{ij} * T_{ij} * (100 - PCI)_{ij}) * X_{ij}) \qquad \ldots\ldots\ldots (8)$$

5) القيود:

- مجموع أطوال المجموعات الخمس عشرة لا يزيد على الطول الناتج من المرحلة الأولى لكل نوع صيانة:

$$\sum_{i=1}^{15} X_{ij} \leq L_j \qquad \text{..... (9)}$$

- طول كل مجموعة ضمن كل نوع صيانة لا يزيد على الطول الناتج من تحديد المجموعات:

$$X_{ij} \leq L_i \qquad \text{..... (10)}$$

- أيضاً الميزانية لكل نوع صيانة يجب أن تساوي المبلغ المحدد من قبل المرحلة الأولى:

$$C_j * \sum_{i=1}^{15} X_{ij} \leq B_j \qquad \text{..... (11)}$$

- قيد عدم مساواة الصفر: $\text{Xij} \geq 0$

إذْ: X_{ij} : المتغير المطلوب إيجاده وهو المجموعات لكل نوع صيانة.

L_{ij} : مجموع أطوال الوصلات لكل مجموعة ضمن كل نوع صيانة.

T_{ij} : مستوى المرور للوصلات ضمن كل مجموعة.

PCI : متوسط دليل حالة الرصف للوصلات ضمن كل مجموعة.

L_j :الطول الناتج من المرحلة الأولى لنوع الصيانة j .

C_j : كلفة الصيانة / كم.

B_j : ميزانية كل نوع صيانة j مأخوذ من المرحلة الأولى.

9- تطوير برنامج نوافذ المستخدم:

تم تطوير برنامج بنوافذ مرنة وسهلة الاستخدام لإدخال البيانات ومعطيات الموديل الرياضي ثم التحليل و الحصول على النتائج بأسهل الطرائق. هنا نذكر أن البرنامج يتيح للمستخدم بأن يجرب عدة خيارات للميزانية. ومن ثم تحديد كميات أطوال الصيانة ضمن الميزانية المتاحة، وهناك خيار آخر يمكن المستخدم من التخطيط للصيانة و معرفة قيمة الميزانية المطلوبة في السنة القادمة أو في مرحلة ما من مراحل تدهور حالة الرصف. ثم في المرحلة الأخيرة تحديد الوصلات على مستوى المشروع التي هي بحاجة إلى صيانة، كما سيتم شرحه في الفقرة القادمة من خلال مثال توضيحي.

10- الخلاصة و التوصيات:

توزيع الميزانية على صيانة الطرق أمر صعب وليس سهلاً، لذلك تم استخدام مبدأ البرمجة الهدفية للحل الأمثل لتوزيع الميزانية المتاحة لصيانة الطرق بحيث تحقق أعلى كفاءة لأهداف النظام ضمن القيود والمحددات. وهذا المبدأ يعتمد على تحقيق الهدف بأقرب ما يمكن للقيمة المطلوبة.

وبعد تحديد الميزانية لكل نوع صيانة و تحديد الطول المطلوب صيانته من الاحتياج يتم استخدام البرمجة الخطية لتجميع وصلات كل نوع صيانة إلى مجموعات متجانسة ومتشابهة وباستخدام درجة استخدام الوصلات وأهميتها تم اختيار الوصلات ذات الاستخدام الأكبر لتقام عليها الصيانة ضمن المجموعة الواحدة. وبهذا نكون قد توصلنا إلى تحديد الوصلة نفسها على الشبكة التي تكون بحاجة إلى صيانة ضمن القيود والمحددات.

وقد تم ذلك من خلال وضع برنامج بنوافذ مرنة وسهلة الاستخدام مستخدمين قواعد بيانات لشبكة طرق غير محددة.

وتوصي الدراسة بالآتي:

1- ضرورة جمع المعلومات عن تقدير حالة الرصف بانتظام سنوياً لتزويد قاعدة البيانات ومن ثَمَّ تطوير تلك القاعدة بها حتى يتسنى تصحيح مستويات التدخل المستخدمة.

2- ضرورة تعديل قيمة ميزانية الصيانة ورفعها دورياً لتتماشى مع التغيرات والزيادات المطلوبة في تدهور حالة رصف الطرق المستمرة مع الزمن.

References

1- [FHWA 90] Federal Highway Administration, " An Advanced Course in Pavement Management Systems," Course Text, 1990.

2- (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسية (إسكوا) الدورة العشرون أيار 1999–بيروت – شبكة النقل المتكاملة).

3- [Haas 91] Haas, Ralf, "Generically Based Data Needs and Priorities for Pavement Management." ASTM STP 1121,1991.

4- "تقييم حالة الرصف واحتياجات الصيانة للطرق الخلوية في سورية" رسالة ماجستير، جامعة القاهرة – القاهرة– مصر 1996، الباحث محمد بشير حسون.

5- [Zaniewski 85] Zaniewski, J. P., W. +R. Hudson, R. High, and S. W. Hudson, "Pavement Rating Procedures," Federal Highway Administration Final Report, Contract DTFH61-83-C-00153, Washington, DC,1985.

6- [Shahin 79] Shahin, M. Y., S. D. Kohn, "Development of Pavement Condition Rating Procedures for Roads, Streets and Parking Lots-Volume I Condition Rating Procedure," Technical Report M-268, Construction Engineering Research Laboratory, United States Corps of Engineers, 1979.

7- [Mouaket 85] Mouaket, I. M., "A Framework for Structuring Decision Levels and its Application to Ontario", Proceeding of North American Pavement Management Conference, Toronto, Vol. 1, 1985.

8- إدارة صيانة الطرق – وزارة النقل – دمشق سورية – 2004م.

9- [Haas 94] Haas, R., Hudson, W. Ronald, and Zaniewski J., "Modern Pavement Management", Krieger Publishing Co., Malabar, Florida, 1994.

10- سويلمي، عبد الوهاب، "إدارة صيانة رصف الطرق و المطارات" الرياض– المملكة العربية السعودية 2001م.

11- بشير حسون، تطوير إطار لتخصيص ميزانية صيانة الطرق بتطبيق نظرية الحلول المثلى للأهداف المتعددة" رسالة دكتوراه، جامعة القاهرة – القاهرة، مصر 1999.

12- [Lytton 85] Lytton, R. L., "Moderator Report, from Ranking to True Optimization", Proceeding of North American Pavement Management Conference, Toronto, Vol. 3, 1985.
13- [Frederick 89] Frederick, S. Hillier & Gerald J. Lieberman, "Introduction to Operation Research", Fourth Edition, Holden-Day, Inc, Okaland, California, 1989.
14- [Ravindran 87] Ravindran & Don T. Phillips & James J. Solberg, "Operation Research: Principles and Practice", Second Edition, John Wiley and Sons, Inc., 1987.
15- [Kumares 81] Kumares, C., Sinha, M. Mathusubramanyam, And A. Ravindran, "An Optimization Approach for Allocation of Funds for Maintenance and Preservation of the Existing Highway System", Transportation Research Record 826, TRB, Washington, D. C., 1981.
16- [Feighan 87] Feighan, K. J., Shahin, M. Y. and Sinha, K. C., "A Dynamic Programming Approach to Optimization for Pavement Management System", Proceeding of North American Pavement Management Conference, Vol. 2, 1987.

شكل رقم (8-3): مخطط تفصيلي منهجي لمراحل البحث

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق:2005/3/10.