

Distr.
LIMITED

E/ESCWA/TRANS/2001/WG.2/5
11 October 2001
ORIGINAL: ARABIC

المجلس

الاقتصادي والاجتماعي



اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

اجتماع فريق خبراء/حلقة دراسية بشأن بناء
القدرات في مجال تطوير نظام لإدارة الأرض
بيروت، ١٧-١٨ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠١

تطوير إطار لتخصيص ميزانية صيانة الطرق بتطبيق نظرية الحلول المثلى للأهداف المتعددة

إعداد
محمد بشير خالد حسون

ملاحظة: طبعت هذه الوثيقة بالشكل الذي قدمت به ودون تحرير رسمي. والآراء الواردة فيها هي آراء المؤلف ولا تمثل بالضرورة آراء الإسكوا.

مما لا شك فيه أن صيانة شبكة الطرق هي إحدى أهم التحديات التي تواجه مسؤولي الطرق حيث أن المصادر المتاحة محدودة ومن الضروري والمفيد أن تصرف ميزانيات الصيانة بما يحقق أكبر عائد تنموي. لذلك فإن الوعي يزداد بالنسبة للحاجة الماسة إلى صيانة سليمة للطرق مع تطبيق نظام فعال لإدارة أعمال صيانة الطرق بما يسمح بوضع خطة محددة للوصول بشبكة الطرق إلى حالة تفي بجميع الأهداف المطلوبة حسب الأولويات والسياسات المختلفة للصيانة للحصول على أكبر وفر في التكاليف والتي تحقق جميع الأهداف المطلوبة.

من هذا المنطلق يقدم هذا البحث منهاج وأسلوب استخدام أكثر من سياسة لصيانة الطرق وتحقيق أكثر من هدف (حالة الرصف، مستوى الخدمة، الأمان، التلوث البيئي) والحصول على الوضع الأمثل للمشروعات التي تحتاج إلى صيانة في حدود الميزانيات المتاحة لذلك . وقد تم استخدام إحدى أساليب بحوث العمليات المعروفة بالبرمجة الهدفية والتي من خلالها يمكن تحديد الحل الأمثل ممثل في أفضل وسائل الصيانة على أجزاء الشبكة المختلفة والذي يحقق عدة أهداف مثل تحقيق أفضل حالة للسطح وأفضل مستوى خدمة وأفضل مستوى للأمان وأقل نسبة تلوث في الجو صادرة عن عوادم المركبات.

كما روعي أن تشمل الدراسة على الأخذ في الاعتبار التأثير البيئي لقرارات الصيانة وذلك نظراً إلى أهمية التأثير البيئي المحيط بالإنسان مما يجعل الحد من تلوث البيئة هدفاً استراتيجياً على مستوى كل الهيئات والمؤسسات بمختلف أنشطتها. وبما أن العادم الذي تنبثه المركبات يعد من أهم العوامل المؤثرة في تلوث الجو بالعنصر CO فإن المحاولة لاختيار نوع صيانة يساعد على تخفيض كمية الملوثات الناتجة عن المركبات يعد هدفاً مهماً في برامج الصيانة. ذلك بسبب أن كل الدول تصرف أموال هائلة للحفاظ على صحة الإنسان من آثار التلوث البيئي.

لذلك يعد وضع الأولويات للمشروعات المختلفة وبالتالي تحديد البرامج والميزانيات خطوة مهمة ضمن خطوات نظام إدارة صيانة الطرق، ويتم ذلك عن طريق وضع برامج تحديد الأولويات أو برامج لاختيار الحل الأمثل.

١. تمهيد:

تعتمد نظم إدارة صيانة الرصف على المعرفة المحلية لشبكة الطرق أو الإلمام التام بالمعلومات الخاصة بشبكة الطرق المحلية وعلى حالة الشبكة الراهنة.

إن أهم أهداف نظم إدارة الرصف هو تحقيق الأولويات وتوزيع الميزانية بشكل مبرمج و صحيح لنحصل على أفضل استخدام للميزانية. والسؤال أصبح ما هو التوزيع الأمثل لميزانية الصيانة لنحصل على أعلى كفاءة لتشغيل الشبكة.

ليس كافياً أن تحدد الصيانة وأين نحن بحاجة إلى الصيانة ؛ فمن الضروري أن نقرر أي الطرق أو الوصلات بحاجة أكثر من غيرها إلى الصيانة لكي تعطى الأولوية لها. وذلك عن طريق اتخاذ أولوية نسبية لكافة الوصلات بجانب تقييم حالة كل طريق.

إن الأهمية النسبية هي درجة تعطى للطريق وذلك بدلالة رقم أهمية معين لتوضيح الأولويات بين احتياجات الصيانة المختلفة وأطوال الوصلات آخذين بالحسبان التدفق المروري وتقدير حالة الرصف. وأولويات صيانة الطرق يمكن أن تأخذ عدة أشكال منها طريقة الترتيب و طريقة الحل الأمثل لاختيار المشاريع التي بحاجة إلى صيانة. وبالتالي هدف هذا البحث يتمحور بالأمور التالية:

(١) إيجاد وتطوير نموذج لاختيار الحل الأمثل لتوزيع الميزانية المتاحة لصيانة الطرق على أنواع الصيانة المقترحة لشبكة الطرق بحيث تحقق أقصى كفاءة لأهداف النظام ضمن مجموعة من القيود والمحددات باستخدام مبدأ البرمجة الهدفية للحل الأمثل.

(٢) عمل نموذج للوصول إلى الحل الأمثل لاختيار وصلات الطرق التي تحقق أقصى كفاءة لاستخدام الميزانية المتاحة لكل نوع صيانة باستخدام البرمجة الخطية.

(٣) عمل وتطوير النموذجين السابق الإشارة إليهما في برنامج بسيط الاستعمال (AIP) وبنوافذ بسيطة تتيح للمستخدم إدخال وتعديل كافة المعطيات مثل قيمة الميزانية والأطوال وقيمة الحد الأدنى المطلوب وإدخال قيمة الأطوال المطلوبة للصيانة ، ثم يتم الحصول على النتائج بشكل مبسط وسهل يحدد فيه الحل الأمثل لكميات أنواع الصيانة وتحديد وصلات الطرق ضمن كل نوع صيانة.

٢. أولويات صيانة الطرق:

أغلب هيئات الطرق تستخدم طرق بحوث العمليات الرياضية لتدعم طريقة اتخاذ القرار. ومن هذه الطرق نذكر طريقة الحل الأمثل و التي هي بمثابة طريقة لدعم ومساعدة متخذي القرار وليست أداة لصنع لقرار. وتأخذ عدة أشكال ومناهج منها الخطية وغير الخطية وتأخذ بعين الاعتبار هدف واحد يمكن تحقيقه لمتخذ القرار. وفي هذا البحث تم استخدام طريقة الحل الأمثل لتحقيق أربعة أهداف بآن واحد وهي ما تسمى بطريقة الحلول المثلى للأهداف المتعددة.

٣. منهج البحث وطريقة عمل البرنامج:

بما أن احتياجات الصيانة لشبكة الطرق تزداد بشكل واضح وكبير والموارد و الميزانية المتاحة تصبح قليلة و غير كافية لتحقيق المعايير المطلوبة و الأهداف المتعددة فإنه ل 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 هذا البحث إلى مرحلتين أساسيتين:

المرحلة الأولى ونستخدم فيها طريقة الحل الأمثل للبرمجة الهدفية لتوزيع الميزانية المتاحة على احتياجات الصيانة المطلوبة. وفيها يتم معالجة عدة أهداف نريد تحقيقها بآن واحد ضمن توزيع أمثل للميزانية. **المرحلة الثانية** ونستخدم فيها طريقة البرمجة الخطية لتحديد المقاطع أو الوصلات التي هي بحاجة إلى صيانة أكثر من غيرها ضمن كل نوع صيانة تم اختياره في المرحلة الأولى. و الشكل رقم (١) يعرض مخطط تفصيلي لمراحل العمل.

٣-١- منهج المرحلة الأولى: الحل الأمثل لتوزيع الميزانية على احتياجات الصيانة:

طريقة الحل تعتمد على استخدام برمجة الأهداف الخطية وفيما يلي تحديد و تعريف للعناصر الأساسية المستخدمة في طريقة البحث :

- **تصنيف الطرق:** تم استخدام نوعين من الطرق، أي أن البرنامج قابل لاستخدام نوعين مختلفين من الطرق مثلاً طرق سريعة وطرق درجة أولى أو طرق درجة ألى وطرق درجة ثانية.

- **بدائل الصيانة:** تم اعتماد سبعة أنواع من الصيانة :

(i) إعادة الإنشاء ، (ii) تعريض ، (iii) طبقة تغطية إسفلتية ، (iv) معالجة سطحية ،

(v) صيانة جارية ، (vi) صيانة البانكيت ، (vii) صيانة روتينية.

- **أهداف النظام المطلوبة:** وتتمثل في: حالة سطح الرصف ، مستوى الخدمة ، الأمان ، التأثير البيئي .

- **تأثير نوع الصيانة على سلوك الأهداف المطلوبة:** وتتمثل في مصفوفة تؤخذ بالاستقراء و الاستقصاء من خبراء الطرق وهي عدد من ١٠٠ يدل على مدى تأثير اختيار نوع الصيانة على تحقيق و تحسين الأهداف السابقة. إذ أن حالة

السطح وظهور العيوب تؤثر على دليل حالة سطح الرصف ، ومستوى الخدمة يؤثر على درجة الازدحام و متوسط السرعة ، ودرجة الأمان تؤثر على عرض الحارات وعرض البانكيت ، والتلوث البيئي يتأثر بنوع الصيانة التي يتم إقامتها على سطح الطريق فكلما كانت الصيانة جيدة ومن نوع خاص يكون التلوث أقل وهكذا...

٢-٣- منهج المرحلة الثانية: الاختيار الأمثل للوصلات من المرحلة الأولى:

ويعتمد على تقسيم الوصلات إلى خمسة عشر مجموعة أو عائلة و كل مجموعة متجانسة بالصفات من حيث المرور ومن حيث دليل حالة الرصف وذلك ضمن كل نوع صيانة. ويتم 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) و الذي يدل على العمر المتبقي للطريق، وبالتالي لمنهج هو أن نزيد أ، نصعد من عمر الطريق.

٤. المنهج الرياضي لأسلوب البحث:

٤-١- المنهج الرياضي للمرحلة الأولى: برمجة أهداف الحل الأمثل لتوزيع الميزانية:

١. الكلفة وتقدير الميزانية: حيث يتم فرض وحدة كلفة الصيانة و الميزانية المقترحة للصيانة.
٢. قيمة التحسين للهدف الذي نريده: ويقدر بين المجال (٠-١٠٠) ويؤخذ من مصفوفة تأثير الصيانة على أهداف النظام.
٣. المتغير المطلوب تحديده: هو طول الجزء من الشبكة المطلوب تحديده لكل نوع صيانة من كل درجة طريق (X_{ih}) والذي عليه يتم تطبيق نوع الصيانة المحدد.
٤. الأهداف: وهي الأهداف التي نريد تحقيقها لمستوى معين من التحسين في حالة سطح لرصف و درجة الأمان ومستوى الخدمة ومقدار التلوث البيئي، ويعبر عنها في الموديل الرياضي كما يلي:

$$\frac{1}{L_h} \sum_{i=1}^7 P_{ki} (X_{ih}) \geq T_{kh} \quad \text{..... (1)}$$

حيث: P_{ki} = مصفوفة تأثير الصيانة على الأهداف.

T_{kh} = قيمة التحسين للهدف التي نريدها.

وهذه الأهداف في الموديل الرياضي يتم كتابتها بواسطة استخدام الانحراف الموجب d_{kh}^+ و السالب d_{kh}^- والذي يدل على نسبة تحقيق الهدف كما يلي:

$$\frac{1}{L_h} \sum_{i=1}^7 P_{ki} (X_{ih}) + d_{kh}^- - d_{kh}^+ = T_{kh} \quad \text{..... (2)}$$

٥. القيود المالية: قيود الميزانية يمكن أن نعبر عنها كما يلي :

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{h=1}^2 C_{ih} (X_{ih}) \leq B_1 \quad \text{..... (3)}$$

$$\sum_{i=4}^7 \sum_{h=1}^2 C_{ih} (X_{ih}) \leq B_2 \quad \text{..... (4)}$$

حيث: C_{ih} : كلفة الصيانة /كم طولي لكل نوع صيانة () حسب درجة الطريق ().

B_1 : الميزانية المتوفرة للصيانة المنفذة بالعقود.

B_2 : الميزانية المتوفرة للصيانة بالقوى الذاتية.

٦. قيود الطول: حيث يفترض أن مجموع أطوال فعاليات الصيانة المختارة لا تزيد عن الطول الكلي المطلوب صيانتها لكل نوع من أصناف الطرق:

$$\sum_{i=1}^7 X_{ihl} \leq L_{hl} \quad \dots\dots\dots (5)$$

أيضاً الطول لكل نوع صيانة لا يزيد عن الطول المطلوب صيانتها:

$$X_{ihl} \leq L_{ihl} \quad \dots\dots\dots (6)$$

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

$$X_{ihl} \geq a_{ihl} * L_{ihl} \quad \dots\dots\dots (7)$$

حيث a_{ihl} : رقم ثابت كنسبة مئوية يعكس قيمة الحد الأدنى من الطول.

٨. العلاقة الهدفية: الهدف هو أن نقل الانحرافات السالبة لقيمة الهدف ويعبر عنها كما يلي:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{kh} W_{kh} d_{kh}^- \quad \dots\dots\dots (8)$$

حيث d_{kh}^- : الانحراف السالب لقيمة الهدف k .

W_{kh} : أهمية نسبية للهدف k وتؤخذ إما ١ أو ٢ أو ٣ وقد تكون مختلفة بين درجات الطريق وبين نوع الأهداف التي نريد تحقيقها بنسبة أكبر أهمية من الأهداف الأخرى.

٤-٢- المنهج الرياضي للمرحلة الثانية: برمجة الحل الأمثل الخطي لاختيار وصلات الشبكة:

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

(٢) المتغير المطلوب تحديده: هو تحديد أي المجموعات من الخمسة عشر مجموعة ضمن كل نوع صيانة سوف يتم صيانتها بالميزانية المحددة ويعبر عنها بـ: X_{hij} حيث i يمثل نوع الصيانة المطلوبة للمجموعة i .

(٣) تحديد المجموعات: تم تجميع الوصلات ضمن كل نوع صيانة إلى خمسة عشر مجموعة و كل مجموعة تحوي على وصلات متجانسة بثلاث مستويات للمرور وخمسة مستويات لحالة الرصف .

(٤) هدف النظام و البرنامج: وهو تحديد المجموعات لكل نوع صيانة كما يلي:

$$\begin{aligned} X_{hij} &\geq 0, & h &= 1, 2 & \text{درجة الطريق.} \\ & & I &= 1, \dots, 15 & \text{رقم المجموعة.} \\ & & J &= 1, \dots, 7 & \text{نوع الصيانة.} \end{aligned}$$

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

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^{15} ((L_{hij} * T_{hij} * (100 - PCI)_{hij}) * X_{hij}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

(٦) القيود:

- مجموع أطوال المجموعات الخمسة عشر لا يزيد عن الطول الناتج من المرحلة الأولى لكل نوع صيانة:

$$\sum_{i=1}^{15} X_{hij} \leq L_{hj} \quad \dots\dots\dots (11)$$

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

$$X_{hij} \leq L_{hij} \quad \dots\dots\dots (12)$$

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

$$C_j * \sum_{i=1}^{15} X_{hij} \leq B_j \quad \dots\dots\dots (13)$$

- قيد عدم مساواة الصفر:

$$0 \geq X_{hij}$$

حيث X_{hij} : المتغير المطلوب إيجاد وهو المجموعات لكل نوع صيانة.

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

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

PCI : متوسط دليل حالة الرصف للوصلات ضمن كل مجموعة.

L_{hj} : الطول الناتج من المرحلة الأولى لنوع الصيانة j .

C_j : كلفة الصيانة / كم.

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

٥. تطوير برنامج بنوافذ المستخدم (AIP):

تم تطوير برنامج بنوافذ مرنة وسهلة الاستخدام لإدخال البيانات ومعطيات الموديل الرياضي ثم التحليل و الحصول على النتائج بأسهل الطرق. هنا نذكر أن البرنامج يتيح للمستخدم بأن يجرب عدة خيارات للميزانية ووضع وتغيير أولويات الأهداف و الوزن النسبي (الأهمية النسبية لها). 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.

٦. مثال تطبيقي تحليلي: تحديد خيارات الصيانة وتوزيع الميزانية:

من خلال نوافذ المستخدم يتم إدخال البيانات التالية:

١. تحديد أنواع الصيانة و البدائل المتاحة.
٢. كلفة وحدة الصيانة / كم.
٣. مصفوفة تأثير أنواع الصيانة على سلوك الأهداف.
٤. الأهمية النسبية و أولوية الأهداف الأربعة.
٥. كميات الصيانة التي نحتاجها أو احتياج الصيانة من كل نوع بالكيلومتر.
٦. الأهداف المطلوبة و القيمة التي نريد تحقيقها.

فمثلاً الأهمية النسبية وأولويات الأهداف فيها حرية الاختيار الواسعة مما يساعد مستخدم البرنامج ومقرر الصيانة على حرية العمل. و الجدول رقم (١) يبين مختلف السياسات ومستوى الأولويات للأهداف المطلوبة.

جدول رقم (١) : يبين السياسات ومستوى الأولويات للأهداف.

الأهداف	الوزن النسبي	مستوى الأولوية		
		سياسة ١	سياسة ٢	سياسة ٣
دليل حالة الرصف (PCI)	١	١	٢	١
مستوى الخدمة (Service Le.)	١	١	٢	٢
درجة الأمان (Safety)	١	١	٢	٣
التلوث البيئي (Env. Em.)	١	١	٢	١
الميزانية (Budget)	١	--	١	--

لدينا ثلاث سياسات للصيانة في اختيار أولوية الأهداف، فالهدف ذو الأهمية العليا يأخذ الرقم ١ وكلما قلت أهمية الهدف نزيد الرقم وهكذا.

نعرض في الشكل رقم (٢) مخطط لكل الحالات الممكنة التي تصادف مقرر الصيانة، هناك ثلاث حالات نبين فيها إمكانية تحقيق ثلاثة أهداف و أربعة أهداف وهدف وحيد وكل حالة فيها ثلاثة سياسات للأولويات كما في الجدول السابق وكل سياسة فيها خيارات بحدود دنيا ومن غير حدود دنيا للأطوال وكل خيار فيه حالتين ، مرة بميزانية محددة نريد توزيعها وأخرى بميزانية غير محددة ونريد معرفة قيمة الميزانية المطلوبة و بالتالي نجد أن البرنامج يحل كل الحالات الممكنة والتي قد تصل إلى خمس وعشرون حالة لاختيار الحل الأمثل كما في الشكل رقم (٢). والأشكال التالية رقم (٣) ورقم (٤) و(٥) و(٦) تبيين نوافذ تطبيق الحالة الأولى و الثانية من السياسة الأولى في الخيار الأول.

ونلاحظ أن الموديل يتجه باختياره للوصلات بحيث أنه يستخدم الميزانية بشكل يحقق الأهداف قدر الإمكان قريبة من القيمة المطلوبة وبالتالي يركز على الصيانة الخفيفة التي تقام على الوصلات في المراحل الأولى من ظهور العيوب وبالتالي نزيد من درجة الاستخدام العامة للشبكة هذا في حال الميزانية محدودة، أما إذا كانت الميزانية غير محدودة فنرى أن الموديل يختار الصيانة الأهم في تحقيق الأهداف كاملة وصيانة كامل الشبكة.

أما المرحلة الثانية من المنهج فيتم تطبيقها من خلال النافذة التالية شكل رقم (٧) و(٨) حيث يتم تحديد نوع الصيانة و درجة الطريق فيتم توزيع المجموعات في أسفل النافذة ثم من خلال تحديد المجموعات المختارة نجد النتائج في الشكل الأخير والذي يبين الوصلات و مكانها و صفاتها لكل نوع صيانة و درجة طريق من خلال جدول قاعدة البيانات مربوط مع البرنامج.

٧. 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 جميع الأهداف بأن واحد بأقرب ما يمكن لقيمة الهدف مبتدأ بالهدف ذو الأولوية الأولى وهكذا بالتالي لتحقيق بقية الأهداف. وبعد تحديد الميزانية لكل نوع صيانة و تحديد الطول المطلوب صيانتة 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 و المحددات .

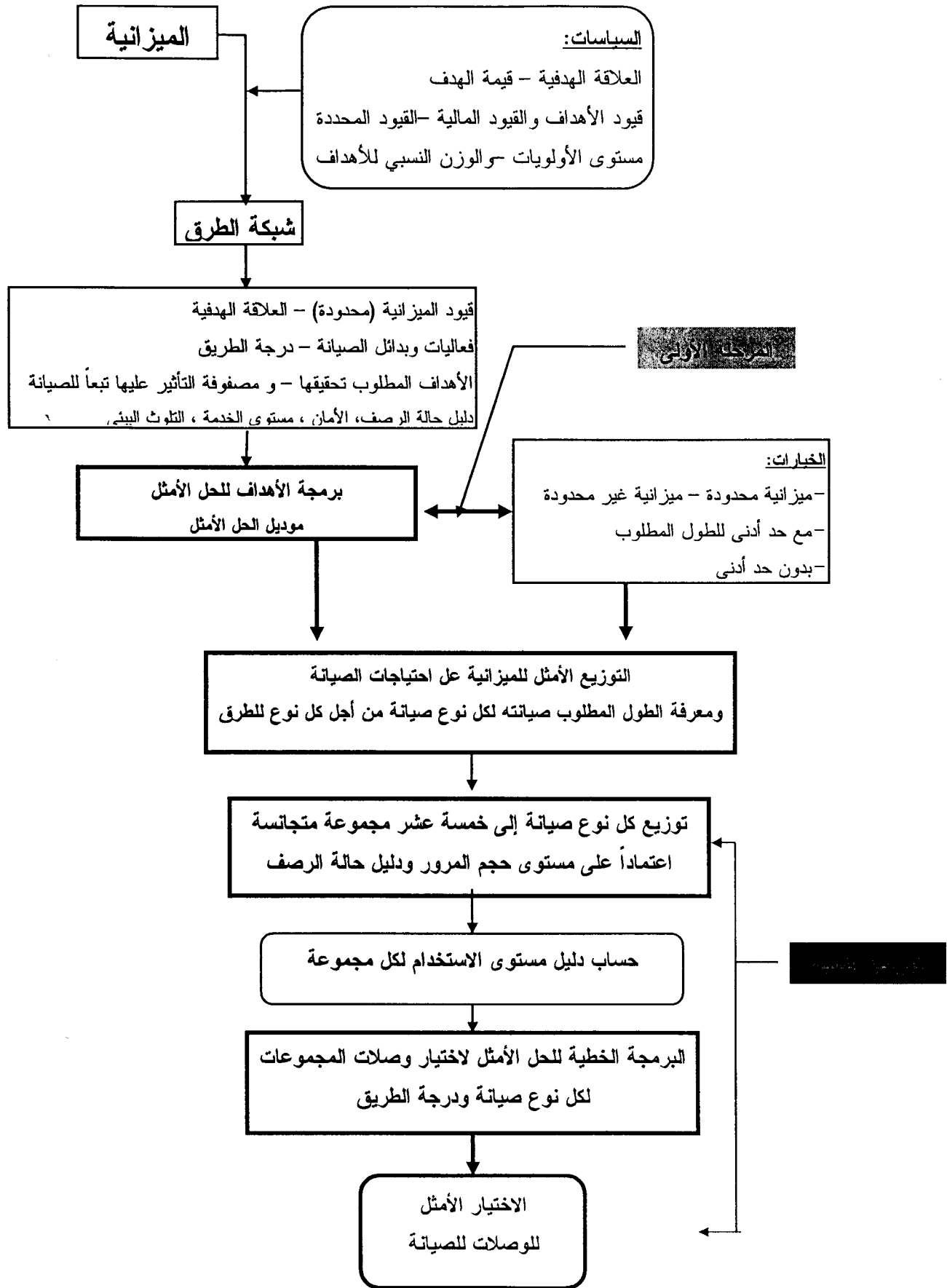
وقد تم ذلك من خلال وضع برنامج بنوافذ مرنة وسهلة الاستخدام يسمى (AIP) مستخدمين قواعد بيانات لشبكة طرق غير محددة.

وقد أظهرت نتائج البحث النقاط الأساسية التالية:

- ١) النموذج المستخدم حساس للأهداف المختلفة ، حيث يمكن لمتخذ القرار استعراض الحلول تحت أولويات مختلفة للأهداف السابق ذكرها.
- ٢) يمكن توفير قدر كبير من الموارد باستخدام مثل هذه الأساليب المتقدمة حيث يتم تخصيص الموارد المتاحة بطريقة نظامية تحقق أكبر قدر من الأهداف المرجوة من شبكات الطرق.
- ٣) استخدام التلوث البيئي كهدف من أهداف النظام للمساعدة في اتخاذ القرار، يساهم في تقليل كمية ليست قليلة من التلوث في البيئة المحيطة و الناتجة عن حركة المرور.
- ٤) برنامج AIP مثال لبرامج إدارة الصيانة التي يمكن تطبيقها حيث أنه سهل التطبيق وسريع العمليات ويمكن لمديري ومهندسي الطرق استخدامه بسهولة وإدخال الأولويات والقيود الخاصة بهم.

وتوصي الدراسة بالآتي:

- ١- ضرورة جمع المعلومات عن تقدير حالة الرصف بانتظام سنوياً لتزويد وتطوير قاعدة البيانات بها حتى يتسنى تصحيح مستويات التدخل المستخدمة.
- ٢- ضرورة تعديل قيمة ميزانية الصيانة ورفعها دورياً لتتماشى مع التغيرات والزيادات المطلوبة في تدهور حالة رصف الطرق المستمرة مع الزمن.
- ٣- يوصى باستخدام برنامج AIP للحصول على الحل الأمثل لتوزيع الميزانية على أنواع الصيانة وتحديد الطرق التي سوف تقام عليها الصيانة، لأنه برنامج فعال وسهل التطبيق لإدارة شبكة الطرق ويتميز بأنه:
 - يمكن استخدامه بسهولة لوضع خطط صيانة ضمن ميزانية محددة بناءً على بيانات احتياجات الصيانة.
 - يمكن استخدامه بسهولة لوضع خطط صيانة ومعرفة الميزانية المطلوبة لذلك.
 - سريع العمليات الحسابية ويمكن وضع خطط الصيانة في وقت قصير.
 - يمكن استخدامه لتحقيق الأهداف الأربعة السابقة الذكر، كما يمكن استخدامه لتحقيق عدد أقل من الأهداف (هدف واحد أو اثنين أو ثلاثة أو أربعة).



شكل رقم ١ : مخطط تفصيلي منهجي لمراحل البحث.

REFERENCES المراجع الأجنبية:

- [Cook 87] Cook, W. D., and R. L. Lytton. Recent Developments and Potential Future Directions in Ranking and Optimization Procedures for Pavement Management. *Proc., 2nd American Conference on Managing Pavements*, Vol. 2, 1987.
- [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.
- [Fernando 83] Fernando, E. G., and Hudson, W. R., "Development of a Prioritization Procedure for the Network Level Pavement Management System", *Transportation Research Record* 938, Washington, D.C., 1983.
- [Haas 94] Haas, R., Hudson, W. Ronald, and Zaniewski J., "Modern Pavement Management", Krieger Publishing Co., Malabar, Florida, 1994.
- [Haas 87] Haas, R. and Hudson, W. R. "Maintenance and Rehabilitation", Pavement Management System, McGraw-Hill Book company, 1987.
- [Haas 85] Haas, R., M. A. Karan, A. Cheetman, and S. Khalil. Pavement Rehabilitation Programming: A Range of Options. *Proc., North American Pavement Management Conference*, Vol. 2, 1985.
- [Hudson 79] Hudson, W. R., Hass, R., and Pedigo, R. D. "Pavement Management System Development", NCHRP Report No. 215, Transportation Research Board, Washington, D. C., November, 1979.
- [Kamran 90] Kamran, M., Bezhad, V., and James, C. K., JR., "Pavement Management System to Maximize Pavement Investment and Minimize Cost", *Transportation Research Record* 1272, Washington, D.C., 1990.
- [Kher 85] Kher, R. K. And Cook, W. D., "PARS, the MTC Model for Program and Financial Planning in Pavement Rehabilitation", *Proceeding of North American Pavement Management Conference*, Toronto, Vol. 2, 1985.
- [Kulkarni 80] Kulkarni, R., Golabi, K., Finn, F., and Alviti, E., "Development of a Network Optimization System", Final Report. Arizona Department of Transportation, Phoenix, May 1980.
- [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.

- [Liebman 85] Liebman, Judith S. "Optimization Tools for Pavement Management", *Proceeding of North American Pavement Management Conference*, Vol. 3, 1985.
- [Lytton 85] Lytton, R. L., "Moderator Report, from Ranking to True Optimization", *Proceeding of North American Pavement Management Conference*, Toronto, Vol. 3, 1985.
- [Ravindran 87] Ravindran & Don T. Phillips & James J. Solberg, "*Operation Research: Principles and Practice*", Second Edition, John Wiley and Sons, Inc., 1987.
- [Shahin 85] Shahin, M. Y., S. D. Kohn, R. L. Lytton, and W. F. McFarland, "Pavement M & R Budget Optimization Using the Incremental Benefit-Cost Technique", *Proc., North American Pavement Management Conference*, Vol. 2, 1985.
- [Sharaf 97] Sharaf, E. A., and Garib, A. M., "*A Framework for Consideration of the Environmental Impacts Within Highway Maintenance Decision Support Systems*", Environmental 97 Conference, Cairo, 1997.
- [Smith 76] Smith, Wayne S. And Monismith C. L., "*Optimum Overlay Maintenance Strategies for Asphalt Pavements Defined Using A Pavement Maintenance Management System*", Proc., AAPT, 1976.
- [World B.81] World Bank, "*The Road Maintenance Problem and International Assistance*", World Bank, Washington, D.C., 1981.
- [Youssef 91] Youssef, M., "*Optimal Maintenance Policies for Inter-City Roads Network In East of Delta Region*", M.Sc. Thesis, Faculty of Engineering, Zagazig University, 1991.