الأمم المتحدة
المجلس الاقتصادي والاجتماعي

التوزيع: محدود
E/ESCWA/TCT/86/2
٢٨ نيسان/ابريل ١٩٨٦
Arabic
الاصل: بالعربية

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا

عرض سريع للملامح العامة لنموذج
" تصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها "

اعداد
د٠م٠ احمد محمد فرحات
المستشار الاقليمي للنقل
الامم المتحدة ـ الاسكوا

نيسان/ابريل ١٩٨٦

E/ESCWA/TCT/86/2

86-0604

عرض سريع للملامح العامة لنموذج
"تصميم الطرق واختيار مواصفـــات صيانتهـا"

مقدمـة

أولا - مواصفات انشاء الطرق ومواصفات صيانتها :
اشكالية البدائل المتعدد

ثانيا - الاطار التحليلي الانسب :
نموذج تصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها

١- مفهوم التكلفة الاجتماعية

٢- التطور التاريخي

٣- التوصل الى علاقات تجريبية

٤- حدود التطبيق

٥- مواصفات الصيانة

٦- التنظيم الداخلي العام

٧- السعـة

٨- التسلسل العام للعمليات

٩- نموذج الموازنة المثلى لتخطيط الانفاق على الطرق

المرفق (ا) : جداول البيانات المطلوب تجميعها

المرفق (ب) : الملامح الاساسية للنماذج الفرعية داخل النموذج الرئيسي لتصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها •

مقدمـــــة :

١ - يمثل قطاع النقل على الطرق احد الانشطة الاساسية التي لا غنى عنها بالنسبة للمجتمعات الحديثة في الدول المتقدمة او الدول النامية على حد سواء وتتكبد تلك المجتمعات بصورة اجمالية تكلفة عالية في سبيل توفير هذا النشاط وان كانت تلك التكلفة تتوزع في النهاية على اطراف متعددة داخل هذا المجتمع حسب علاقة هذه الاطراف بعملية النقل ومسئوليتهـــــا الاجتماعية تجاهها • فعلى سبيل المثال تتحمل الحكومات من جانبها تكلفة كبيرة سواء أكان ذلك في سبيل انشاء وتعبيد الطرق الجديدة او صيانة وادارة ما هو قائم منها • ويقـــــدر اجمالي ما تتحمله حكومات الدول النامية في كل من آسيا وافريقيا وامريكا الجنوبية من اجل هذا الغرض ما يقرب من العشرة الاف مليون دولار سنويا •

٢- الا ان مستخدمي الطرق road users على الجانب الاخر يتحملون جانبا اخر من التكلفة يتمثل في تكلفة تشغيل المركبات السيارة على الطريق وأقساط اهلاكها حيث يصل حجم هذا الجانب من التكلفة الى ما يقرب من ثمانية اضعاف الجانب الاول الذى تتحملـــــه الحكومات • ويضاف عادة الى العناصر السابقة عنصران اضافيان للتكلفة الاجتماعية يليـــان العناصر الاولى من حيث الحجم وان كانا لا يقلان عنهما من حيث الاهمية ؛ الاول هو التكلفة الاقتصادية للوقت الذى يقضيه مستخدمي الطريق على الطرق وهو ما يمثل اهمية كبيرة ولا سيما بالنسبة للدول التي ترتفع فيها مستويات دخول الافراد والثاني هو التكلفة الاقتصادية التـــي يتحملها المجتمع من جراء الحوادث التي تقع على الطرقات •

أولا - مواصفات انشاء الطرق ومواصفات صيانتها : اشكالية البدائل المتعددة

٣- ولما كانت الخصائص الهندسية geometric والانشائية structural التي يتم ارساؤها خلال عملية تصميم الطريق تعتبر المحدد الرئيسي الذى سوف يتوقف عليها مقدار بنود التكلفة الاجتماعية التي يتم تحملها لاحقا خلال العمر الاقتصادي للطريق فان التساؤل الذى يقفز على السطح مباشرة هو: ما هي السياسة المثلى التي ينبغي اتباعها ازاء عملية انشاء وصيانة الطرق؟ هل ينبغي البدء بانشاء طرق ذات مواصفات عالية ومن ثم تكلفة كبيرة وبالتالي توفير المبالغ التي يمكن صرفها فيما بعد على متطلبات الصيانة واصلاح سطح الطريق؟ أم البدء بمواصفات متواضعة على ان يتم تقوية وتحسين الطريق خلال العمر الاقتصادى له وفي ضوء تطورات الحركة عليه ؟

٤- ان صعوبة الاجابة على هذه التساؤلات تعود في المقام الاول الى العدد الكبير من البدائل الممكنة الذى يمكن ان يتخذه كل عنصر من العناصر ذات العلاقة بالمشكة ومن ثم التوليفات المتعددة لهذه البدائل مجتمعة • فالخصائص الهندسية للطريق يمكن ان تتخذ عدة بدائل من حيث (الازدواج ، العرض ، عدد الحارات ، الميول الافقية والميول الرأسية والانحناءات ••• وما الى ذلك) كما ان الخصائص الانشائية يمكنها ان تتخذ بدورها عددا كبيرا من البدائل المتعلقة بعدد طبقات الرصف ونوعياتها ومواصفات المواد المستخدمة فيها • والاعتبار الاهم هنا هو ضرورة دراسة هذه العوامل على مدى العمر الاقتصادى الكلي لمشروع الطريق من اجل الوصول الى السياسة المثلى في هذا الصدد وعدم الاكتفاء بالتحليل خلال فترة زمنية بعينها فقط •

ثانيا : - الاطار التحليلي الانسب: نموذج تصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها

١- مفهوم التكلفة الاجتماعية

٥- يتصدى نموذج "تصميم الطرق وتحديد مواصفات صيانتها" لحل الاشكالية السابقة وذلك عن طريق المفاضلة بين عدد كبير من البدائل المقترحة لتصميم الطريق والسياسات التي يمكن اتباعها لصيانته خلال عمره الاقتصادى وذلك على اساس التكلفة الكلية لكل بديل من هذه البدائل على مدى العمر الاقتصادى الكلي للمشروع ، وتتم هذه المفاضلة بطبيعة الحال بالاستعانة بالحاسب الالي وذلك نظرا للقدر الكبير من الحسابات التي تتطلبها حسابات هذه البدائل •

٦- ويعتبر النموذج في صورته الراهنة العناصر الثلاثة التالية من عناصر التكلفة :

الاول: هو تكلفة انشاء الطريق وهذه تتوقف بدورها على العوامل التالية :

التضاريس terrain ، التربة ، الامطار ، التصميم الهندسي للطريق geometric design ، تصميم الرصف pavement design ، تكلفة الوحدة الواحدة للعناصر الداخلة في عملية الانشاء •

الثاني: هو تكلفة صيانة الطريق وهي ما تتوقف على العوامل التالية :

تدهور سطح الطريق road deterioration (وهو ما يتوقف بدوره على عوامل اخرى مثل تصميم الرصف ، المناخ ، الزمن ، الحركة traffic) ، والمواصفات المتبعة في عملية الصيانة ، ثم تكلفة الوحدة الواحدة من هذه العوامل •

الثالث: هو تكلفة مستخدمي الطريق وتتوقف على:

التصميم الهندسي ، حالة سطح الطريق ، سرعة المركبات ، انواع المركبات ، تكلفة الوحدة الواحدة من هذه العوامل •

٢- التطور التاريخي:

٧- ولقد حاولت سلسلة الابحاث التي بدأت في عام ١٩٦٩ بصورة منسقة بين بعض المعاهد العلمية الرائدة في العالم المهتمة بالابحاث الخاصة بانشاءات الطرق ، حاولت صياغة وتحديد العلاقات الرياضية التي تربط العناصر الثلاثة السابقة من عناصر التكلفة مع المتغيرات المسببة لها • ولقد أدت هذه الابحاث الى الصورة الراهنة من النموذج المعروفة بال HDM-III والتي تكونت عبر اصدارات او "أجيال" ثلاثة للنموذج • وتمت تلك الصياغات الرياضية لعناصر التكلفة عبر ابحاث ميدانية تجريبية في انحاء متفرقة من العالم وسط ظروف بيئية ومناخية واقتصادية متنوعة •

٨- ومن بين العناصر الثلاثة السابقة للتكلفة ، كانت تكلفة انشاء الطريق اكثر العناصر قابلية للتحديد الدقيق عبر علاقات هندسية engineering مستقرة ثبتت فاعليتها وتجربتها تحت ظروف مختلفة اعتمادا على نتائج ميدانية تم جمعها من اكثر من ٥٢ مشروعا من مشروعات الطرق في ٢٨ قطرا مختلفا في آسيا وافريقيا وامريكا الوسطى والجنوبية ، ولقد تم الخروج في النهاية بصورة منقحة لهذه العلاقات قابلة للتطبيق بصورة عامة في مختلف مشروعات الطرق بدرجة كافية من الثقة ، ولقد تم تضمين هذه العلاقات في أجزاء النموذج المختصة بحسابات تكلفة الانشاءات •

٩- وقبل عام ١٩٦٩ لم تكن تتوافر لدى المهمتين بشئون الطرق على مستوى العالم اى قدر من المعلومات التي تتصف بصفة الشمولية والتي يمكن اللجوء اليها لاستخلاص صياغات وعلاقات رياضية عامة تمكن المخططين من تقدير عناصر التكلفة الخاصة بصيانة الطريق وعناصر تكلفة مستخدمي الطريق بقدر كاف من الثقة على النحو الذى كان يمكن استخلاصه بالنسبة لتكاليف الانشاءات • وبناء على ذلك كانت هذه العقبة هي التحدى الاساسي الذي تصدت له سلسلة الابحاث المتتابعة والمنسقة في انحاء متفرقة من العالم والتي ادت في النهاية الى تطوير النموذج في وضعه وصورته الحالية ولقد تمت هذه الابحاث بصورة مستقلة ومتفرقة في كل من كينيا ومنطقة البحر الكاريبي والبرازيل ثم الهند ، ويبين الجدول رقم (١) مقارنة عامة لبحوث تدهور اسطح الطرق وتكلفة مستخدمي الطريق التي تمت في المناطق الجغرافية المختلفة من العالم •

جدول (١): مقارنة عامة لبحوث تدهور اسطح الطرق وتكلفة مستخدمي
الطريق في المناطق الجغرافية المختلفة من العالم

ميادين البحث / طبيعة البحث	معهد أبحاث في الينوى	البرازيل	كينيا	منطقة الكاريبي	الهند
بحوث تدهور أسطح الطرق Road User's Cost	- تمت في أعوام ١٩٦٠-١٩٦١ وفي أجواء تصل الى درجة التجمد. - استهدفت تطوير وسائل مناسبة لتصميم الرصف والمساعدة في سن التشريعات المطلوبة لفرض رسوم استخدام الطريق وفرض قيود على احجام وأوزان المركبات على الطرق. - اسفرت عن تعريف الرقم القياسي لخدمة الرصف (PSI) وهو ما يختزل كافة العوامل التي يتضمنها التقدير الشخصي للمهندس عن تدهور الطريق لخشونة السطح، عمق الحفر ، مساحة منطقة الشروخ ... الخ.	- تمت في الفترة من ١٩٧٧-١٩٨٢ - تمت هاتين الدراستين في أجواء لا تصل لدرجة التجمد. - تم ايضا لأول مرة دراسة تدهور الطرق الغير معبدة unpaved وبذلك امكن دراسة أثر تحسين upgrading الطرق من ترابي الى حصوي ومن حصوي الى معبد. - تمت هاتين الدراستين تحت ظروف فعلية وليس تحت ظروف معملية كما كان الحال في دراسة AASHO. - المؤشر الاساسي لقوة الرصف هو نفس المؤشر المستخدم في دراسة AASHO أي structural No. (SN) - تم التوصل الى ان خشونة الطريق هي المحدد الاساسي لتكلفة مستخدمي الطريق وبذلك ظهرت الحاجة الى مقياس معياري موحد للخشونة standard reference scale. - اجريت عام ١٩٨٢ تجربة IRRE للتوصل للمقياس السابق وتم الآن توصيف الخشونة في معامل واحد هو IRI.	- تمت في الفترة من ١٩٧١-١٩٧٤	لم تتم بحوث لتدهور اسطح الطرق في هذه المنطقة.	لم تتم بحوث لتدهور اسطح الطرق في هذه المنطقة.
بحوث تكلفة مستخدمي الطريق Road Deterioration Research		- تمت في الفترة من ١٩٧٥-١٩٨٤ - كانت هذه اكبر الدراسات الاربعة لتكلفة مستخدمي الطرق. - قام بها فريق من خبراء البرازيل و ٩ دول أخرى وسخرت لها موارد كبيرة. - تم خلالها تحقيق تقدم كبير سواء في صياغة العلاقات الرياضية او في تقدير ثوابتها بالطرق الاحصائية. - قدمت الدراسة لأول مرة نموذج احتمالي للتنبؤ بسرعة المركبات واستهلاك الوقود وبهذا امكن توفير نتائج واقعية وليست نظرية.	- قام بها فريق من TRRL والبنك الدولي ووزارة الاشغال الكينية. - معظم العلاقات الرياضية التي تم افتراضها هي علاقات خطية. - مجال تطبيق هذه العلاقات محدود نظرا لظروف كينيا على سبيل المثال تنطبق على التضاريس المنحدرة rolling terrain فقط. - استخدمت في البحثية وقام تقريبا.	- قام بها فريق من - تمت بعد دراسة كينيا وقصد بها توسيع مجال العلاقات التي تم التوصل اليها في كينيا لتشمل التضاريس الجبلية والتلالية Hilly & mountaineous terrain - لم تتضمن الدراسة الباصات. الدراستين نفس الطرق بها نفس فريق البحث	- قام بها أحد معاهد البحوث الهندية برعاية البنك الدولي. - تضمنت نتائج الدراسة بعض العلاقات فيما يتعلق بأثر الازدحام على تكاليف التشغيل كما تضمنت تقديرا لتكلفة الحوادث وتكلفة وقت المستخدمين. - تم تطوير نموذج محاكاة يبشر بالتفاؤل. - المركبات في الهند تسير عادة بسرعات بطيئة للغاية نتيجة لارتفاع نسبة القدرة/ الوزن لهذه المركبات.

٣- التوصل الى علاقات رياضية تجريبية :

١٠- وبصورة عامة يمكن القول ان النموذج في وضعه الراهن قد خطى خطوات واسعة نحو التوصل الى علاقات وصياغات رياضية تحدد بصورة كمية وبطريقة تجريبية اثر المتغيرات الفيزيائية والاقتصادية المختلفة على عناصر التكلفة الرئيسية السابق الاشارة اليها الا وهي تكلفة مستخدمي الطريق وتكلفة صيانة الطرق بحيث تكون هذه الصياغات اقرب ما تكون الى تمثيل الواقع الفعلي في الميدان • وعلى ذلك اصبح الان في مقدور المشتغلين بامور تخطيط قطاع ومشروعات الطرق اللجوء الى استخدام هذه العلاقات بدرجة اكبر من الثقة في النتائج التي يمكن ان تتمخض عنها • ونظرا لاتساع قاعدة البيانات المستخدمة في دراسة البرازيل ومن ثم المعالجات الاحصائية التي صاحبتها فقد تم اعتماد نتائج هذه الدراسة باعتبارها المرجع الاول في النموذج الذى يلجأ اليه في حسابات تكلفة مستخدمي الطريق وتقدير مقدار التدهور الحاصل على سطحه خلال سني عمره الاقتصادى •

١١- الا أن المجال ما زال مفتوحا امام البحث العلمي من اجل تحسين ورفع درجة دقة العلاقات الرياضية التي تم التوصل اليها وتوسيع نطاق تطبيقها بحيث تشمل احوال الازدحام على الطرق وبحيث تتسع للتطبيق عند قيم اخرى للظروف البيئية الاقتصادية او الفيزيائية • ان صياغات النموذج الفرعي الخاص بتكاليف تشغيل المركبات يمكن ان نحكم عليها بانها قد جاءت على قدر اكبر من الدقة اكثر من مثيلاتها الخاصة بالتنبوء بتدهور الطريق ومتطلبات الصيانة عليه • ان تأثير خصائص الطريق على تكاليف تشغيل المركبات عند سرعات الانسياب الحر free-flowing تعتبر الان على قدر كبير من الاستقرار • كما ان النماذج المتاحة للتنبوء بتدهور الطريق تعطي نتائج مرضية في احوال الطرق ذات الاسطح الاسفلتية الخرسانية او الطبقات البيتومينية وكذلك الطرق الغير معبدة unpaved •

١٢- واذا ما طرحت للمناقشة قضية صلاحية العلاقات الرياضية التي يتضمنها النموذج للتطبيق في ظروف اخرى فيجب التفرقة بوضوح ما بين شكل هذه العلاقات والقيم التي تأخذها ثوابت هذه العلاقات او معلماتها parameters• فاذا كان الامر يتعلق فقط بشكل العلاقة فمن المعتقد ان هذه الاشكال forms من العلاقات يمكن اعتمادها عند التطبيق في ظروف اخرى • اما فيما يتعلق بالمعلمات فالامر قد يختلف بعض الشيء حيث قد يستدعي الامر القيام ببعض المعايرات calibrations المحلية •

٤- حدود التطبيق:

١٣- وفي صورته الراهنة والتي تمثل خلاصة الابحاث التي تمت عبر السنوات الستة عشرا لماضية فان النموذج ما زالت تكتنفه بعض اوجه القصور التي يجب ان يكون اي مستخدم للنموذج على بينه منها وهذه الاوجه هي:

١- عدم ملائمة القسم من النموذج الذى يعالج موضوع حساب تكاليف تشغيل المركبات للاحوال التي تتميز بوجود ازدحام congestion على الطريق •

٢- عدم ملائمة القسم من النموذج الذى يعالج موضوع تدهور وصيانة الطريق للاحوال التي تصل فيها درجات الحرارة الى درجة التجمد freezing conditions

٣- عدم ملائمة القسم المذكور في البند ٢ لمشروعات الطرق التي يتبع فيها انواع الرصف الجسىء rigid pavements

٤- ان النموذج لا يعالج موضوع التقييم الاقتصادي لأثر مشروعات الطرق على معدلات الحوادث على الطريق •

٥- ان النموذج المتاح لا يعالج موضوع التقييم الاقتصادى لبعض الاثار البيئية التي يتسبب فيها مشروع الطريق كالضوضاءوالتلوث •

وهو بصورة عامة يصلح النموذج للاستخدامات التخطيطية للجوانب الاقتصادية والهندسية لمشروعات الطرق ولكنه قد يكون ذات فائدة محدودة بالنسبة للاستخدامات التصميمية التفصيلية لتلك المشروعات •

٥- مواصفات الصيانة Maintenance standards:

١٤- يقصد بتعبير مواصفات الصيانة على النحو المعمول به في النموذج مجموعة السياسات البديلة التي يتم اتباعها خلال عمليات صيانة الطريق • والتي يتوقف كل بند فيها على نوعية سطح الطريق وحجم حركة النقل عليه • ويتكون كل بند من بنود المواصفات السابقة من مجموعة

من العمليات الفنية الاساسية basic operations التي يصاحب كل منها مجموعة من القواعد المتبعة في تنفيذها ، وعلى ذلك يجب ان يتضمن كل بند من بنود مواصفات الصيانة المعلومات التالية :

- نوعية سطح الطريق التي ينطبق عليها هذا البند
- الحد الادنى والاقصى لحجم الحركة الذى يصلح له هذا البند
- مجموعة العمليات الاساسية التي تتضمنها هذه المواصفة
- مجموعة القواعد او الشروط المصاحبة لكل عملية من العمليات السابقة والتي تنفذ هذه العملية في ظلها •

١٥- وقد تتكرر في المواصفة الواحدة احدى العمليات الاساسية التي تنفذ في كل مرة وفق مجموعة مختلفة من الشروط او القواعد المصاحبة • فعملية الترقيع patching مثلا يمكن ان تتم في أي من الاحوال او على أي من الاشكال التالية :

١- كمساحة محددة مقررة سلفا لكل كم من الطريق

٢- كنسبة محددة ومقررة سلفا من المساحات من سطح الطريق

٣- لسد النقر potholes فقط التي تتكون على سطح الطريق بصرف النظر عن المساحات المتضررة الاخرى •

١٦- ويمكن في الحالتين الاخيرتين تحديد الحجم الاقصى لعمليات الترقيع التي تتم ، كما يمكن في الاحوال الثلاثة السابقة تحديد ايضا الحد الاقصى لوعورة الطريق الذى تتم هذه العملية في نطاقه بحيث اذا ارتفعت الوعورة عن هذا الحد يصبح من المطلوب تطبيق عملية اخرى اكثر موائمة • ويصبح توفر أى شرط من الشروط السابقة كفيلا باحداث (أي تمثيل simulation) عملية ترقيع patching بواسطة البرنامج وحساب كافة النفقات التي تترتب على ذلك بناء على تكلفة الوحدة الواحدة التي تقاس بها هذه العمليات وهي التكلفة التي يجب ان يحددها مستخدم النموذج ضمن المعطيات او المدخلات اللازمة للتطبيق •

٦- التنظيم الداخلي العام:

١٧- ويمر تشغيل كل جولة run من الحسابات على النموذج باستخدام الحاسب الالي بمراحل ثلاثة على النحو التالي:

أ- ادخال البيانات والمعطيات المطلوبة للحسابات data input وعمل الاختبارات اللازمة للتأكد من صحتها واعطاء الرسائل diagnostics الدالة على وجود اى خطأ فيها في احوال تواجد هذه الاخطاء •

ب- بدء مرحلة محاكاة simulation لتدفق المركبات على الطرق والاثار المترتبة على ذلك من حيث تدهور الطريق مرورا باعمال الصيانة السنوية المحددة له أو تحسين upgrading خصائصه وتتم هذه المحاكاة عدة مرات حسب البدائل المحددة في الحسابات •

ج - مرحلة التحليل المالي والاقتصادي للبدائل موضع الدراسة والمفاضلة بينها •

١٨- فاذا ما انتهت هذه المرحال الثلاثة السابقة ، فيمكن الانتقال الى نموذج تالي مصاحب هو نموذج موازنة الانفاق Expenditure Budgeting Model (EBM) حيث يتم اختيار انسب توليفة من بين البدائل المتاحة لسياسات الانشاء والصيانة تحت القيود المالية Budgetary constraints الموجودة •

٧- السعة:

١٩- يتسع النموذج لاختبار وتحليل عدة طرق يمثل كل منها وصلة link قائمة بذاتها على شبكة الطرق او جزءا رئيسيا من طريق طويل ، وهكذا يتسع النموذج لتحليل اما مشروع طريق واحد او تحليل شبكة طرق دفعة واحدة • ويسمح النموذج باختبار عدة بدائل على الوصلة الواحدة بحيث لا يزيد عدد الوصلات عن ٢٠ وصلة ولا يزيد عدد البدائل على جميع الوصلات مجتمعة عن ٥٠ (بديل•وصلة) كما هو مبين في الشكل (١) • ويمثل البديل الاول لكل وصلة حالة الوصلة بدون تنفيذ المشروع base line or without the project case • ويتم تحليل واختبار كل بديل من البدائل الداخلة في النموذج على مدى زمني يشمل سنوات العمر الاقتصادى لكل بديل بدءا من سنوات الانشاء ومرورا بسنوات التشغيل والصيانة حتى انتهاء العمر الاقتصادى للطريق •

شكل (١) الشكل العام لوصلات النموذج وبدائلها مع
سنوات العمر الاقتصادي للطريـــــــق

الطريق (أو الوصلة Link)	البدائـــــل Alternatives	سنوات العمر الاقتصادي للطريـــق		
		السنة (١) السنة (٢)	السنة (ز)	.....
الطريق ١	البديل (١) على الطريق (١) ***\ البديل (٢) على الطريق البديل (٣) على الطريق ... وهكذا			
الطريق ٢	البديل (١) على الطريق (٢) ***\ البديل (٢) على الطريق (٢) ... وهكذا			
	البديل (س) على الطريق (ص)			

* العدد الاقصى للطرق أو الموصلات Links التي يسعها النموذج هو ٢٠ طريق

** العدد الاقصى لجميع البدائل على كافة الطرق التي يسعها النموذج هو ٥٠ (بديل طريق)

*** البديل الاول على كل طريق يمثل حالة الطريق بدون تنفيذ المشروع without the project or streamline case

٨- التسلسل العام للعمليات:

٣٠- وبناء على ما تقدم فان النموذج العام لـ "تصميم الطرق وتحديد مواصفات صيانتها -الاصدار الثالث" HDM-III يتكون اساسا من نموذجين رئيسيين هما :

١- نموذج "تصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها"
٢- نموذج "وضع موازنات الانفاق" لمشروعات الطرق •

٣٤- ويتكون النموذج الاول من اربعة نماذج فرعية submodels بخلاف الاقسام الاخرى المتعلقة بحسابات التقييم الاقتصادى ، وهذه النماذج الفرعية هي:

أ- نموذج فرعي للتنبوء بحركة النقل Traffic submodel

ب- نموذج فرعي لتقدير نفقات الانشاء Construction submodel

جـ - نموذج فرعي للتنبوء بمقدار التدهور على سطح الطريق ومتطلبات الصيانة Road Deterioration submodel

د - نموذج فرعي لتقدير نفقات تشغيل المركبات على الطريق ونفقات مستخدمي الطريق الاخرى

٣١- هذا ويوضح المرفق (و) الملامح الاساسية للنماذج الفرعية السابقة ، كما يوضح شكل (٢) الاطار العام لتسلسل العمليات flow chart داخل النموذج العام ، هذا التسلسل الذى يتم وفق الخطوات والنماذج التالية :

١- تحديد الوصلات والبدائل المطلوب تحليلها (شكل ١) وادخال البيانات اللازمة لهذا التحليل واختبارها من حيث اتساقها الداخلي وملائمتها لمجال تطبيق النموذج •

٢- تمثيل او محاكاةsimulation عمليات الانشاء وصيانة الطريق وحركة المركبات عليه وذلك لكل بديل تحت الاختبار على كل وصلة من وصلات الشبكة او المشروع ولكل سنة من سنوات العمر الاقتصادى من خـــلال الخطوات التالية :

١٠٢- حساب حجم حركة النقل لكل بديل وصلة ولكل سنة •

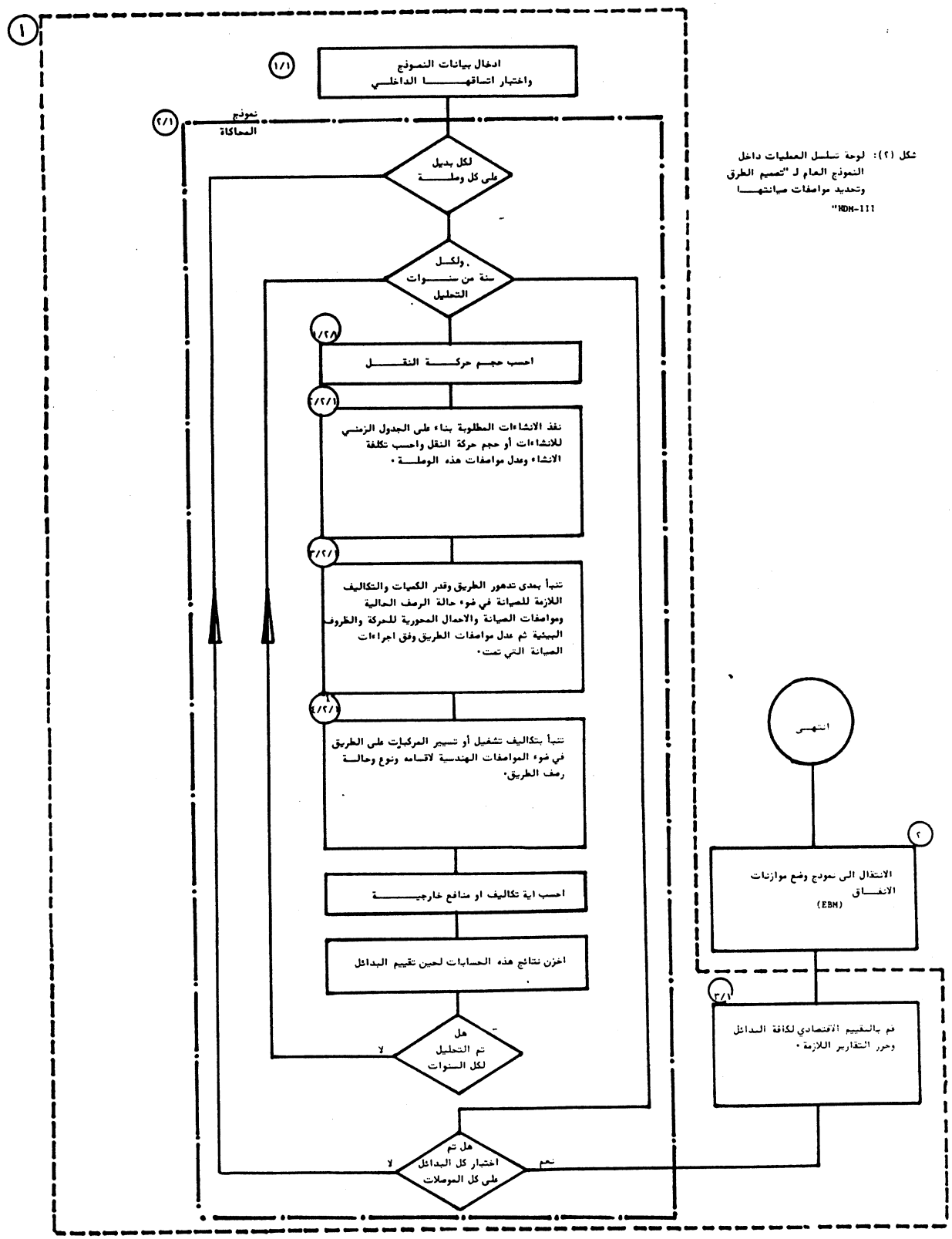
٢٠٢- تنفيذ الانشاءات المطلوبة بناء على الجدول الزمني للانشاءات او عند وصول حجم الحركة الى حد معين مع حساب تكلفة هذه الانشاءات ثم تعديل مواصفات الوصلة بناء على ما تم مـــــن اعمال انشائية •

٣٠٢- التنبوء بمقدار تدهور سطح الطريق وتقدير الكميات والتكاليف اللازمة للصيانة في ضوء حالة الرصف الحالية ومواصفات الصيانة المتبعة والاحمال المحورية التي تسببها حركة النقل والظروف البيئية المحيطة • ثم تعديل حالة الوصلة بناء علىما تم من اعمال صيانة •

٤٠٢- التنبوء بمقدار تكاليف تشغيل المركبات على كل قسم section من اقسام الوصلة في ضوء المواصفات الهندسيةgeometric لهذا القسم ونوع وحالة الرصف عليه •

٣- بعد الانتهاء من مرحلة المحاكاة وتحصيل كافة المعلومات اللازمة للتحليل الاقتصادى لكافة البدائل على كل الوصلات ينتقل النموذج الى مرحلة القيام بالتحليل الاقتصادى المطلوب • وعقد المقارنات بين كافة البدائل ثم تحرير التقارير التي تحمل نتائج هذا التحليل •

٢٢- يلي العمليات السابقة الانتقال الى نموذج وضع موازنات الانفاق حيث يتم اختيار انسب توليفة من البدائل لكافة الوصلات في ظل القيود المالية على الميزانية المخصصة لبرنامج انشاءات وصيانة هذه الوصلات على النحو الذى سيتم تبيانه في القسم الثاني •



شكل (٢): لوحة تسلسل العمليات داخل النموذج العام لـ "تصميم الطرق وتحديد مواصفات صيانتهـــا "HDM-III

٩- نموذج "الموازنة المثلى لتخطيط الانفاق على الطرق"
Expenditure Budgeting Model (EBM)

٢٣- يعتبر نموذج "الموازنة المثلى للانفاق على الطرق" احد الاضافات الهامة التي ادخلت على "الجيل الثالث" من نموذج "تصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها" في وضعه الراهن • وبالرجوع الى شكل (١) الذى يوضح الصياغة العامة للوصلات والبدائل التي يتم التعامل معها في هذه النماذج ، يمكن القول بأن الهدف العام لنموذج "تصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها" هو "توليد generation " التوزيع العام لتدفقات كلا من عناصر التكلفة والعائد المصاحبة لكلبديل من البدائل المطروحة للبحث على المدى الزمني الذى يغطي العمر الاقتصادي الكامل لكل بديل واجراء الحسابات التقليدية التي تتم في مثل هذه الاحوال كحسابات معدل العائد الداخلي على الاستثمار (IRR) والقيمة الحالية لكل بديل(NPV) net present value ونسبة التكاليف الى المنفعة C/B ratio ومنفعة السنة الاولىfirst year benefit ••• وما الى ذلك • فاذا ما أتم النموذج هذه المهمة بنجاح ، يكون في مقدوره الان التوصية بالبديل الاحسن لكل وصلة على حده من بين البدائل المحتملة لهذه الوصلة •

٢٤- الا أن هذه "المجموعة من احسن البدائل" لا يشترط ان تكون بالضرورة هـــــي "أحسن مجموعة من البدائل" ولا سيما في ظل القيود المعتادة على ميزانيات قطاع الطرق • وبعبارة اخرى فان عدة تساؤلات تطرح نفسها بقوة في هذا الصدد وتتخذ الاشكال والتنويعات التالية :

- كيف يمكن توزيع المخصصات المتاحة في موازنات هيئة الطرق ما بين الاعمال المختلفة كتشييد طرق جديدة او اعادة تشييد او تقوية او صيانة الطرق القائمة او توزيعها ما بين الانواع المتاحة من الطرق بحيث تعطى هذه المخصصات اكبر عائد على الاستثمار في ظل المحددات المعتادة على الموازنات ما بين سنة واخرى؟ أو

- كيف يمكن جدولة برنامج اعادة تأهيل rehabilitation شبكة الطرق في القطر المعني بحيث تظل التكاليف السنوية لهذا البرنامج داخل قيود الميزانية في نفس الوقت الذى لا تتأثر معه متطلبات صيانـــة وخدمة الطرق الاخرى؟

٢٥- هذه هي بعض التساؤلات التي يتصدى لها نموذج "الموازنة المثلى للانفاق على الطرق "الذى يصاحب نموذج" تصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها" ويتم تطبيقه في مرحلة لاحقة على النتائج التي يفرزها هذا النموذج الاول وهي مشكلة "امثلية "optimization في صورتها التقليدية ، ويعالجها النموذج باستخدام اساليب البرمجة الديناميكية dynamic programming احد اساليب بحوث العمليات التي تهدف الى تعظيم maximization دالة هدف معينة objective function[1] في ظل قيود constraints محددة من خلال سلسلة متعاقبة من اتخاذ القرارات على فترات زمنية متتالية • واذا كان النموذج في وضعه الحالي يعتبر فقط قيود الموازنة على كلا من الانفاق الجارى والمصاريف الرأسمالية فانه من حيث المضمون يمكن ان يتسع في المستقبل لاية قيود اخرى على التحليل •

---

(١) دالة الهدف = مجموع القيم الحالية الصافية للبدائل المختلفة •

المرفـــق (٤)

جداول البيانات المطلوب تجميعها ميدانيـــــــــــا

جدول (١): وصلات البرنامج [١] .

Programme Links

رقم مسلسل	اسم الطريق (أو الوصلـــة)
١	
٢	
٣	
٤	
٥	
٦	
٧	
٨	
٩	
١٠	
١١	
١٢	
١٣	
١٤	
١٥	
١٦	
١٧	
١٨	
١٩	
الحد الاقصى ٢٠	
لعدد الوصلات = ٢٠	

[١] الوصلة هي طريق يتكون من عدة أقسام ويتميز بانتظام حركة النقل الاعتيادية على كافة أقسامه وهي الوحدة الابتدائية التي يتم عليها اختبار البدائل المتاحة للتشييد أو لسياسات الصيانة .

جدول (٢): أقسام الوصلات [١]
Link Sections

اسم الوصلة :
Link Description

عدد الاقسام عليها
No. of Sections

رقم مسلسل	اسم القسم Section Description	طول القسم بالكم Section Length (km)	ملاحظات
١			
٢			
٣			
٤			
٥			
٦			
٧			
٨			
٩			
الحد الاقصى ١٠ = ١			

[١] القسم يمثل جزء من الوصلة متجانس من حيث التضاريس والمناخ والمواصفات الهندسية .

ملحوظة : يعبأ هذا الجدول لكل وصلة من الوصلات المذكورة في الجدول (٢).

صفحة ١
من ٣

جدول (٣): خصائص قسم معبد
characteristics of a Paved Section

اسم القسم :
Section Description

اسم الوصلة الموجد عليها هذا القسم :
Link

البند		الوحدات	المقدار
(أولا) البيئة :	Environment		
- متوسط سقوط الامطار شهريا	rainfall	متر/شهر	
- الارتفاع عن سطح البحر	altitude	متر	
(ثانيا) الخصائص الهندسية :	Geometry		
- الارتفاعات والمنخفضات	rise & fall	متر/كم	
- الانحناء الافقي	horizontal curvature	درجة/كم	
- عرض المضمار	width of carriageway	متر	
- الميل العرضي	superlevation		
- عرض الاكتاف (كتف واحد)	shoulder width	متر	
- عدد المسارات	number of lanes		
(ثالثا) السطح :	surface		
- نوع السطح	type		
- عدد طبقات الرصف القديمة			
- سمك الطبقة		مم	
- عدد طبقات الرصف الحديثة			
- سمك الطبقة		مم	
(رابعا) الاساس :	Base/subgrade		
- نوع طبقة الاساس			
- معامل ال	resilience modulus		

صفحة ٢
من ٣

تابع جدول (٣): خصائص قسم معبـــد

البنـــــد		الوحدات	المقـــدار
- عدد طبقات الاساس			
- سمك طبقات الاساس		مم	
- نسبة الدك	relative compaction	%	
- معامل كاليفورنيا للتحميل	California bearing ratio	%	
(خامسا) معلمات القوة:	strength parameters		
- الرقم الانشائي	structural number		
- اختبار بنكلمان	Benkelman beam deflection		
(سادسا) معاملات التدهور:	Deterioration factor		
- معامل بدء التشقق	cracking initiation factor		
- معامل امتداد الشقوق	cracking progression factor		
- معامل بدء التآكل	Ravelling initiation factor		
- معامل عمر الوعورة	roughness-age term factor		
- معامل امتداد النقر	pothole progression factor		
- معامل ازدياد عمق الانبعاج	Rut depth progression factor		
- معامل ازدياد الوعورة	roughness progression factor		
(سابعا) حالة القسم:	section condition		
- نسبة المساحات الكلية المتشققة الى مساحة سطح القسم		%	
- نسبة المساحات ذات الشقوق العريضة الى مساحة سطح القسم		%	
- نسبة مساحة المناطق المتآكلة الى مساحة سطح القسم		%	
- نسبة مساحة المناطق ذات النقر الى مساحة سطح القسم		%	
- متوسط عمق الانبعاجات		مم	
- الانحراف المعياري لعمق الانبعاجات		مم	
- درجة الوعورة	roughness		
	construction fault code		

تابع جدول (٣): خصائص قسم معبد

البنـــــــــــد		الوحدات	المقـــدار
(ثامنا) تاريخ القسم:	history		
عمر آخر صيانة وقائية		سنـــة	
عمر آخر طبقة رصف		سنـــة	
عمر الانشـــاء		سنـــة	
وقت تأخر الشقوق	cracking retardation time	سنـــة	
معامل تأخر تأكل سطح الطريق	ravelling retardation factor	%	
نسبة آخر مساحة شقوق تمت صيانتها		%	
نسبة آخر مساحة شقوق عريضة تمت صيانتها		%	

جدول (٤): خصائص قسم غير معبد

Unpaved section characteristics

البند		الوحدات	المقدار
(أولا) حالة القسم:	Section Condition		
سمك الحصى	Gravel thickness	مم	
(ثانيا) السطح:	Surface		
أقل وعوره	Mimimum roughness		
أكبر حجم للحصى		مم	
نسبة المادة التي تمر من منخل ٢ مم		%	
نسبة المادة التي تمر من منخل ٤٢٥رمم		%	
نسبة المادة التي تمر من منخل ٠٧٥رمم		%	
معامل التعجن	Plasticity index		
(ثالثا) الاساس:			
أقل وعورة			
أكبر حجم للحصى		مم	
نسبة المادة التي تمر من منخل ٢ مم		%	
نسبة المادة التي تمر من منخل ٤٢٥رمم		%	
نسبة المادة التي تمر من منخل ٠٧٥رمم		%	
معامل التعجن			
أكبر وعورة			
(رابعا) تاريخ القسم:			
عمر الحصى		سنة	

سنة الاساس ١٩

جدول (٥): متوسط حجم المرور اليومي ADT للمركبات المختلفة على الوصلات في سنة الاساس.

رقم مسلسل	اسم الوصلة	طراز المركبة Vehicle Type									ملاحظات
		(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	
١											
٢											
٣											
٤											
٥											
٦											
٧											
٨											
٩											
١٠											
١١											
١٢											
١٣											
١٤											
١٥											
١٦											
١٧											
١٨											
١٩											
٢٠											

المرفـــق (ب)

الملامح الاساسية للنماذج الفرعية sub-models
داخل النموذج الرئيسي لتصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها

الملامح الاساسية للنماذج الفرعية sub-models
داخل النموذج الرئيسي لتصميم الطرق واختيار مواصفات صيانتها

أولا- النموذج الفرعي لتقدير احجام حركة النقل Traffic submodel

* يقوم النموذج بحساب وتقدير حجم حركة النقل على السنوات التفصيلية التالية :

١- لكل سنة من سنوات التحليل
٢- لكل نوعية من نوعيات المركبات
٣- لكل وصلة من وصلات الطريق

* لكل حجم يتم حسابه على المستويات التفصيلية السابقة يقوم النموذج بحساب:

١- عدد المحاور vehicle axles التي يمثلها هذا الحجم من الحركة لهذه النوعية من المركبات
٢- مكافىء العدد السابق من المحاور القياسية equivalent standard single axle

* هناك نوعين من احجام الحركة التي يتعامل معها النموذج:

١- حجم الحركة الاعتيادية normal traffic وهو حجم الحركة في الاتجاهين على الوصلة معبرا عنها بـ ADT
٢- حجم الحركة الاضافية التي تتولد او تتحول الى الوصلة من وصلات اخرى generated traffic

ثانيا- النموذج الفرعي لتقدير نفقات انشاء وصلات الطرق Construction sub-model

* بدائل الانشاءات المتاحة في النموذج:

١- تشييد وصلة جديدة Construction
٢- توسيع الوصلة الحالية Widening
٣- تعديل مسار الوصلة الحالية Realignment
٤- تحسين مواصفات الوصلة الحالية Upgrading
اى تحويل الوصلات الترابية الى وصلات حصوية
او تحويل الوصلات الحصوية الى وصلات معبدة paved ... وهكذا

* يقدم النموذج تقديرات للانواع التالية من تكاليف التشييد للطريق:

١- التكاليف المالية Financial
٢- التكاليف الاقتصادية Economic
٣- حصة النقد الاجنبي من التكلفة Foreign exchange

* تتلخص خطوات الحساب فيما يلي:

١- تقدير الكميات الطبيعية المطلوبة للتشييد من المواد والاعمال
٢- تضرب الكميات السابقة في تكلفة الوحدة من البنود السابقة

* تقدر الكميات الطبيعية للمواد والاعمال المطلوبة للتشييد:

١- اما داخليا بواسطة النموذج بمعرفة تضاريس المنطقة التي سيمر فيها الطريق وخواصه الهندسية أو ،
٢- بواسطة مستخدم النموذج .

ثالثا- النموذج الفرعي لتدهور الطرق وتحديد متطلبات صيانتها Road Deterioration sub-model

* يكون التدهور نتيجة :

١- لتأثير الحركة Traffic
٢- لتأثير المناخ Climate

* يأخذ التدهور الاشكال التالية :

أ- بالنسبة للطرق المرصوفة paved :

١- التشقق Cracking
٢- تآكل سطح الطريق Ravelling
٣- تكوين الحفر Pothole Formation
٤- تكوين المطبات Rut deepening

} وهذه العوامل مجتمعة ترفع من خشونة او وعورة Roughness الطريق .

ب- بالنسبة للطرق الغير مرصوفة unpaved :

١- ازدياد وعوة الطريق Roughness
٢- فقدان الحصى gravel من على السطح نتيجة لـ:
- الانحناءات الافقية horizontal formation
- التآكل نتيجة للامطار erosion

* يتوقف التدهور على العوامل التالية :

١- التصميم الابتدائي للطريق initial desing
٢- نوعية المواد الانشائية المستخدمة material type
٣- حجم الحركة traffic volume
٤- خصائص الاحمال التي تسببها الحركة load characteristics
٥- الاحوال البيئية environmental conditions
٦- عمر الرصف age of pavement
٧- سياسة الصيانة المتبعة maintenance policy pursued

* الاختيارات المتاحة options لصيانة الطريق هي:

أ- الطرق المرصوفة paved :

١- الترقيع patching
٢- المعالجة الوقائية preventive treatment
٣- سد منافذ السطح resealing
٤- وضع طبقة رصف جديدة overlaying
٥- اعادة الانشاء reconstruction

} بالاضافة الى الاعمال الروتينية الخاصة بالاكتاف shoulders والصرف rainage ... وما الى ذلك .

ب- الطر ق الغير مرصوفة unpaved :

١- تسوية سطح الطريق grading
٢- وضع الحصى في مناطق متفرقة spot gravelling
٣- تسوية الحصى gravel resurfacing

} بالاضافة الى بعض اعمال الصيانة الروتينية

* انواع طبقات الطرق المعبدة التي يتعامل معها النموذج:

أ- طبقة الرصف pavement:

٧ أنواع

ب- طبقة الاساس Base:

٣ انواع

* انواع الطرق الغير مرصوفة unpaved التي يتعامل معها النموذج:

١- طرق ترابية earth
٢- طرق حصوية gravel

رابعا- النموذج الفرعي لتقدير نفقات تشغيل المركبات (والنفقات الاخرى التي يتحملها مستخدموا الطريق) Vehicle Operating Cost Sub-model

* يقدم النموذج تقديرات للانواع التالية من نفقات مستخدمي الطريق:

١- التكاليف المالية financial
٢- التكاليف الاقتصادية economic
٣- حصة النقد الاجنبي من التكلفة foreign exchange

* بنود التكلفة التي يتضمنها النموذج هي:

أ- بالنسبة لكافة انواع المركبات:

١- استهلاك الوقود fuel
٢- استهلاك زيوت المحركات lubrication
٣- اهلاك اطارات tyre wear
٤- نفقات صيانة المركبات:
- قطع غيار parts
- اجور عمال صيانة labor

ب- تضاف البنود التالية بالنسبة للمركبات التجارية commercial

١- تكلفة وقت طاقم المركبة crew time
٢- اقساط الاهلاك وفوائد رأس المال للمركبة

ج - كما يمكن ادخال العناصرا لتالية حسب الحاجة :

١- تكلفة وقت المسافين (ولا سيما في الدول ذات الدخل المرتفع)
٢- تكلفة وقت البضائع خلال عملية النقل

* يتم حساب نفقات تشغيل المركبات على المستويات التفصيلية التالية :

١- لكل نوعية من المركبات vehicle type
٢- لكل وصلة على الطريق for each link
٣- لكل قسم على كل وصلة for each section
٤- لكل سنة من سنوات التحليل for each year

* تتلخص خطوات الحساب فيما يلي:

١- تقدير سرعة التشغيل operating speed
٢- تقدير الكميات الطبيعية المستهلكة من بنود التكلفة السابقة
٣- ضرب الكميات الطبيعية المستهلكة في تكلفة الوحدة من البنود المختلفة التي يحددها مستخدم النموذج بين المعطيات input

* تتوقف سرعة التشغيل على العوامل التالية :

١- الخواص الهندسية section geometry
٢- وعورة الطريق roughness
٣- خواص المركبات vehicle characteristics

* يتوقف استهلاك الكميات الطبيعية لبنود التكلفة على العوامل التالية :

١- حجم حركة النقل traffic volume
٢- تكوين حركة النقل traffic composition
٣- نوعية سطح الطريق surface type
٤- الخواص الهندسية لاقسام الطريق section geometry
٥- وعورة الطريق roughness

* يتم الحساب باستخدام علاقات تجريبية empirical relations تم تطويرها ميدانيا • هناك اربعة مجموعة لهذه العلاقات يمكن استخدام احداها في اية جولة run لحسابات النموذج • هذه المجموعات المتاحة هي:

١- علاقات دراسة كينيا
٢- علاقات دراسة منطقة الكاريبي
٣- علاقات دراسة الهند
٤- علاقات دراسة البرازيل

* المعطيات الاساسية المطلوبة للتطبيق:

أ- معطيات خاصة باقسام الطريق:

١- الارتفاعات والمنخفضات rise and fall
٢- الانحناءات الافقية horizontal curvature
٣- عرض المضمار carriageway wide
٤- وعورة السطح surface roughness

ب- معطيات خاصة بانواع المركبات:

١- عمر الخدمة للمركبة vehicle service life
٢- الاستخدام السنوي للمركبة annual utilization
٣- قدرة المحرك rated power
٤- وزن المركبة الاجمالي gross weight
••• وهكذا

ج - بعض العلاقات تتطلب بيانات اضافية مثل:

١- نوعية السطح surface type
٢- الارتفاع عن سطح البحر altitude
٣- بيانات اخرى •