

## المساهمة في وضع منهجية لتحديد بعض عوامل التثقيل اللازمة لاختيار المسار الأمثل للطريق بمساعدة GIS

الدكتور رامي حنا \*

الدكتور عباس عبد الرحمن \*\*

نورس خليل \*\*\*

(تاريخ الإيداع 26 / 11 / 2009. قُبِلَ للنشر في 16 / 2 / 2010)

### □ ملخص □

تحتاج عملية اختيار المسار الأمثل لطريق بين منطقتين إلى جهد ووقت كبيرين، نظراً لتعدد العوامل المؤثرة على تحديد كلفة الطريق، وقد أظهرت التجارب العديدة في مجال تصميم وتخطيط الطرق، أن التخطيط الضعيف يؤدي إلى تأخير تنفيذ المشروع، وهذا بدوره يؤدي غالباً إلى زيادة تكاليف، حيث أن التخطيط الصحيح والدقيق هو أمر في غاية الأهمية في المراحل الأولى من مشروع بناء الطريق.

تتضمن الدراسة المطروحة وضع منهجية لاختيار المسار الأمثل للطريق الواصلة بين مدينتي اللاذقية وصلنفة، حيث تم تقسيم سطح الأرض الطبيعية إلى شبكة من الخلايا المربعة، تغطي كامل المنطقة المدروسة، وذات أبعاد محددة بحسب عرض الكوريدور المراد دراسته، وقد تم حساب كلفة تنفيذ كل خلية من خلايا الشبكة والناجمة عن عوامل التثقيل التالية: تكاليف الاستملاك واستعمال الأرض، طبوغرافية المنطقة، جيولوجيا المنطقة، هيدرولوجيا المنطقة، الطرق المنفذة، ومكنتنا المنهجية المتبعة من اختيار المربعات الأقل كلفة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية "GIS". وضعنا نموذجاً رياضياً مكننا من إيجاد المسار الأمثل للطريق الواصلة بين أي منطقتين في سورية. كما أن الدراسة المقدمة تساعد على رفع كفاءة وأداء المؤسسات والشركات التي تعمل في مجال تخطيط الطرق وإنشائها.

**الكلمات المفتاحية:** المسار الأمثل، عوامل التثقيل، نظم المعلومات الجغرافية، نموذج رياضي، تخطيط الطرق.

\* أستاذ مساعد - قسم هندسة المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\* مدرس - قسم الهندسة المائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*\* طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Contribution in Estimating Algorithm for Some Weighting Factors for Choosing The Optimum Roads Path Using GIS

Dr. Rami Hana<sup>\*</sup>

Dr. Abbas Abd Alrahman<sup>\*\*</sup>

Naoras Khalil<sup>\*\*\*</sup>

(Received 26 / 11 / 2009. Accepted 16 / 2 / 2010)

### □ ABSTRACT □

Finding the optimum path between two points is a very complicated process and it takes a long time and enormous efforts because it is affected by a lot of factors. Long Experiments in roads planning field, approved that poor planning has resulted in unnecessary delays in project completion, which leads to additional construction costs. Right and accurate planning considered as essential issue in preliminary stages of road construction projects.

This study addressed the process of finding the optimum road path between Latakia and Sulonfa, the terrain was divided to a group of square cells with appropriate dimensions according to the scale of study area and corridor width. The construction cost was calculated for each cell according to the following factors: Land use, Topography, Hydrology, Geology and Existing roads. Applying the proposed mythology into GIS gave us the ability to determine the least cost cells.

A mathematical model for finding optimum path between two points in Syria was implemented. A set of proposals and recommendations have been suggested forward to help develop and raise the efficiency performance of companies that work in road planning field.

**Key words:** optimum path road , weighting factors, costs, Geographic Information System "GIS", model, planning roads,

---

<sup>\*</sup>Assistant Professor, Department of Traffic and Transportation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*</sup>Lecturer, Department of Water Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

<sup>\*\*\*</sup>Postgraduate Student, Department of Traffic and Transportation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

تعتمد حياة الأفراد في كل مجتمع متطور على اختصار زمن انتقاله من مكان إلى آخر، وكذلك على سرعة حصوله على متطلبات حياته اليومية ووصوله إلى أماكن عمله، وهذا بدوره مرتبط بشكل أساسي بشبكات الطرق المتوفرة، وبدرجة رقيها وتطورها وملاءمتها للغرض الذي وجدت من أجله، حيث تعتبر المواصلات بشكل عام والطرق بشكل خاص الشريان الأساسي والحيوي لكل المجتمعات.

سنوضح في هذا البحث المراحل المتبعة لوضع نموذج رياضي يساعد في إيجاد المسار الأمثل للطريق الذي يصل بين مدينتي اللاذقية وصلنفة، وذلك من خلال حساب الكلف الأكثر تأثيراً في عملية تخطيط الطريق وإنشائه وكذلك الاستفادة من التكاليف التي تم الحصول عليها من خلال مشروع طريق اللاذقية - أريحا (تكاليف الإنشاء والمنشآت الهندسية)، ومن ثم استنتاج عوامل التنقل (التوزين) المختلفة الخاصة بكل عامل، ومن ثم الاستفادة من الإمكانيات التي يقدمها نظام المعلومات الجغرافية GIS وأدواته المختلفة في تحليل وتصنيف هذه الكلف، وفي إنتاج معطيات رقمية جديدة تساعد بدورها في عملية إيجاد المسار الأمثل للطريق المطلوب.

**أهمية البحث وأهدافه:**

أثبتت التجارب السابقة في ميدان تخطيط وإنشاء الطرق أن التخطيط الضعيف وغير المتكامل قد أدى إلى حدوث تأخيرات في عملية إنجاز المشروع، والذي ينتج عنه في الغالب تكاليف إضافية وعمليات تعديل على المسار المختار وغيرها من المشكلات الأخرى، وبالتالي لا بد من اعتماد وسائل جديدة تساعد في أخذ تأثير كل من العوامل السابقة بالاعتبار، وربطها ببعضها البعض. ويعدّ نظام المعلومات الجغرافية "GIS" أحد أهم هذه الوسائل، حيث يمكن أن يخدم كمخزن وكأداة تحليل للمعلومات الجغرافية المختلفة في آن واحد. وبالتالي تنطلق أهمية هذا البحث من وضع حلول دقيقة وبعيدة عن التقريب وبيناميكية عالية، حيث تم وضع نموذج رياضي يتضمن قيم التنقل الأكثر تأثيراً وأهمية في عملية إيجاد المسار الأمثل للطريق الواصلة بين أي منطقتين، ومن ثم تطبيق النموذج الناتج في إيجاد المسار الأمثل للطريق الواصلة بين مدينتي اللاذقية وصلنفة.

**حالة المعرفة:**

في المشاريع الكلاسيكية غالباً ما يتم اختيار المسار الأمثل لطريق ما عن طريق رسم عدة مسارات، يراعى أثناء دراستها مسابرة خطوط التسوية وطول المسار، ومن ثم يتم إجراء دراسة أولية لكل مسار، وبعد ذلك يتم اختيار المسار الأمثل بناءً على المنعكسات الاقتصادية والفنية والبيئية التي تنتج عن اختيار هذا المسار. وتتصف هذه الطريقة بـ (1) ضعف الدقة وبزمن الدراسة الطويل (2) بالصعوبات التي تنشأ عند الحاجة إلى إجراء التعديلات على المسار (3) صعوبة ربط كل العوامل التي تؤثر على اختيار المسار الأمثل.

طوّر Roberts, P.O (1957) نظاماً للتصميم بمعونة الحاسب، والذي جمع بين مناهج Photogrametry (عمليات المسح وتجهيز الخرائط والمخططات البيانية بالاعتماد على الصور الجوية) وتقنيات تحليل الصور الجوية مع إمكانيات استخدام الحواسيب الرقمية الصغيرة التي كانت آنذاك آخذة بالتطور السريع، وذلك من أجل حل مشكلة إيجاد المسار الأفضل للطريق [1].

في عام 1964، اقترح Gladding, D.F الجمع بين عملية تقدير الأعمال الترابية مع تقنيات إيجاد المسار الأقصر، وقام بتطوير نظام خوارزمية سطح الأرض الطبيعية (TAS) Terrain Algorithm System.

ونموذجه هذا عبارة عن امتداد لنموذج الكلفة الخاص بـ (Roberts (1957)، ماعدا التكاليف المدخلة لحساب مسار الطريق عند كل نقطة من سطح الأرض الطبيعية التي كانت تركز على كل من الكلفة والاتجاه [1].

كما طُوّر (Turner, A.K (1968) نموذج (Generalized Computer Aided Route Selection) لتوليد سلسلة من البدائل المرئية باستخدام تقنيات تحليل المسار الأقصر تتضمن ثلاثة إجراءات رئيسية:

1- تحضير البيانات 2- البحث عن المسارات البديلة 3- اختيار المسار الأفضل ذي الكلفة الأقل.

تم اختيار المسارات البديلة بالاعتماد على التقييدات الفيزيائية والاجتماعية (بتحويلها إلى عوامل اقتصادية)، والتي تدعى عوامل الموقع للطريق. وكانت هناك مجموعتان من العوامل:

- عوامل مستقلة عن المسار (route-independent factors) (طبوغرافية - جيولوجية - تربة - استخدام الأرض...).

- عوامل متعلقة بالمسار (route-dependent factors) (تكاليف المستخدم - اعتبارات اجتماعية - عوامل فنية....) [1].

وفي عام 1969 اقترح "O'Brien, W.T and Bennett, D.W" نظام تحديد المسار الأمثل لطريق ريفي - خارج المدينة (Optimal Rural Highway Location system) باستخدام البرمجة الديناميكية (الفعالة) dynamic programming مع البحث ثلاثي الأبعاد في الشبكة المربعة 3D search grid لحل مسألة تخفيض كلفة الإنشاء والصيانة وتكاليف المستخدم، بالاستناد إلى تقييدات محددة بما فيها الميول [1].

في عام 1974 اقترح Nicholson, A.J تحسين للنموذج السابق من خلال تطوير برنامجين حاسوبيين يبحثان في وقت واحد عن المسار الأفقي والطولي الأمثلين.

البرنامج الأول وهو EFMORL: استخدم البرمجة الفعالة لتحديد حزمة من المسارات الأفقية الأكثر أهمية ضمن المنطقة المحددة. وحالما يتم تحديد نظام الإحداثيات ونقاط النهاية للطريق، فإنه يتم تقسيم الطريق إلى N مرحلة.

البرنامج الثاني وهو VCMORL: استخدم هذا البرنامج لإيجاد المسار الأمثل.

في عام 1996 قام الباحثان "RAO, K.M.L and SEKHAR, G.C" بإيجاد المسار الأمثل لطريق باستخدام كل من نظرية تنقل الجاذبية Gravitational pull theory، حيث تم اعتبار التجمعات السكنية كعقد أساسية جاذبة، أما المسافة الإقليدية فقد تم اعتبارها كعامل إعاقة [2].

وفي عام 2001 وجد JHA, M.K أنه يمكن الحصول على المعطيات الجغرافية من GIS وحساب الكلف من أدوات التحليل المكاني، ومن ثم توحيد وجمع هذه الكلف باستخدام الطرق الرياضية وذلك على اعتبار أن مسار الطريق يعتمد على المعلومات المكانية التي يتم الحصول عليها من خلال المساحين، وأن العديد من الكلف تتعلق بشكل مباشر بالميول والمناسيب والصفات المكانية الأخرى [3].

اعتمد "B. Srirama K , Mukti Advani , S.K.Pathan" (2003) على أداة التحليل المكاني لـ ArcGIS version 8.1، التي تتيح الاستفادة من مفهوم الممانعة Resistance concept (المساحات ذات الممانعة الأقل - الكلفة الأقل - هي الأنسب لمرور الطريق من خلالها)، حيث تمت دراسة تأثير عدد من أهم العوامل المؤثرة في عملية اختيار المسار الأمثل مثل: Water Bodies - Landuse - Soil - Roads، حيث قام باستنتاج قيم التنقل (الأوزان) لكل منها بناءً على ذلك [2].

في هذه الدراسة تم إعطاء قيم الممانعة المتعلقة بقيمة الانحدار ضمن مجال من 1-50%، أما شريحة التربة فقد تراوحت قيم التثقل بحسب نوع التربة بين 10-50%، وتم إعطاء قيمة ممانعة ثابتة للطرق المنفذة (الموجودة سابقاً) تعادل 10%.

## طرائق البحث ومواده:

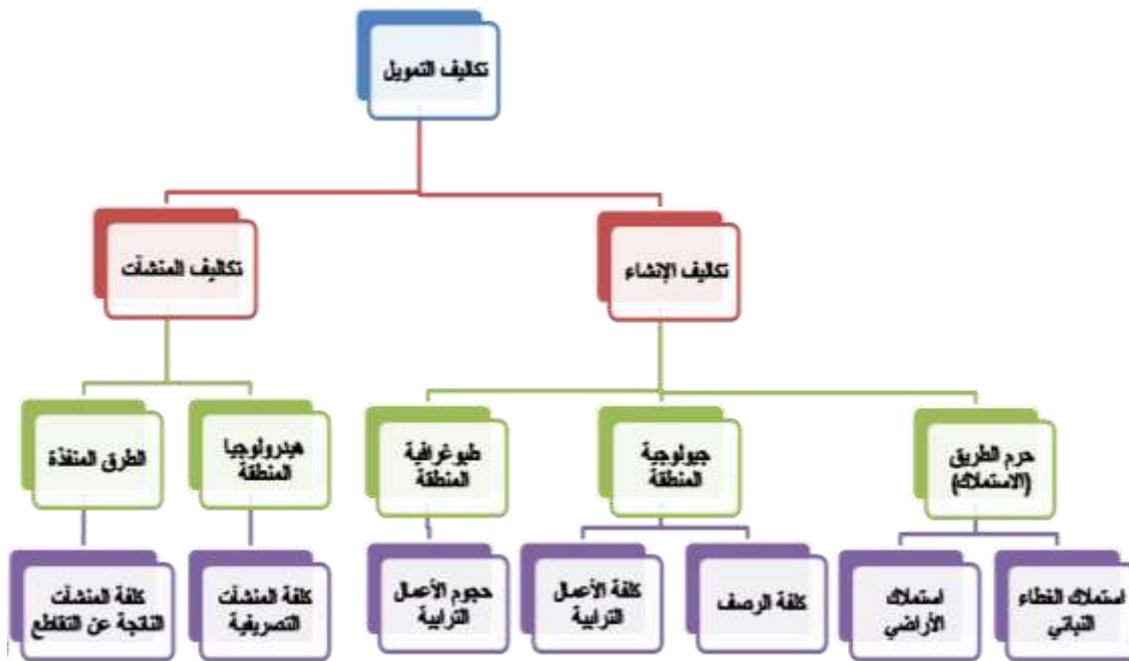
### 1- التصنيف المعتمد لدراسة تكاليف الطريق

استناداً للتصنيف التي تم الاطلاع عليها، مثل تصنيف

OECD, 1973[4]; Winfrey, 1968[1]; Moavenzadeh et al., 1973[1]; Watanatada et al, 1987[1]; Jong, 1998[5]; Jha, 2000[6]

وبحسب الإمكانيات المتاحة، تم اعتماد التصنيف الخاص بهذا البحث والذي يوضحه الشكل (1)، والذي يعتمد

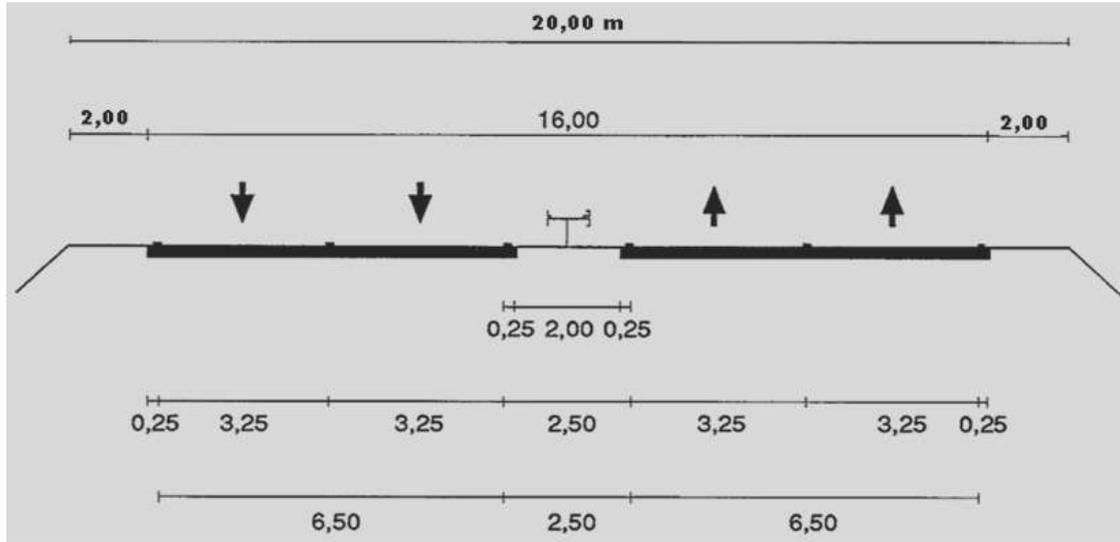
على العناصر ذات التأثير الكبير على كلفة بناء الطريق فقط.



الشكل (1) التصنيف المعتمد في البحث للكلف المؤثرة في إنشاء الطريق المدروسة

ووفقاً للدراسات التي تقوم بها المؤسسات الوطنية المستندة إلى مواصفات فنية تتلاءم وطبيعة المرور في بلدنا،

فقد تم افتراض المقطع العرضي للطريق المدروسة، كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2) مقطع عرضي في الطريق المراد تنفيذه

## 2- اختيار أبعاد خلايا الشبكة المربعة - دقة البكسل:

تم تحديد أبعاد الخلية (Pixel) للكواريور المدروس بحيث تحقق هذه الأبعاد المتطلبات التصميمية للعناصر الأفقية للطريق المدروسة (أنصاف الأقطار الأصغرية المسموحة للمنعطفات الأفقية والطول الأصغري المسموح للاستقامة بين منعطفين متوالين).

في بحثنا، تم اعتماد أبعاد للخلية المدروسة 400\*400m، وهي الخلية التي سيتم ضمنها حساب مختلف أنواع الكلف المؤثرة في عملية اختيار المسار الأمثل للطريق بين منطقتين، وقد تم هذا الاختيار بناءً على عرض الكواريور المراد استنتاجه، والذي سيحوي المسار الأمثل للطريق المراد إنشاؤه، وقد تم اختيار هذا العرض بحيث يراعي عملية اختيار العناصر التصميمية وفقاً للمواصفات الفنية الملائمة، ومن دون أن نضطر للخروج عن العرض المستخدم أثناء عملية تصميم المنعطفات الأفقية.

## 3- مقياس تصنيف الكلف (مقياس الممانعة) reclassifying scale

تم اعتماد مقياس واحد لتصنيف كل الكلف المدروسة، وهو [1-100]، حيث تمثل القيمة 1 الكلفة الأقل من بين كل الكلف المدروسة، وهي بالتالي تبدي ممانعة أقل لمرور مسار الطرق من خلالها، أما القيمة 100 فتتمثل أعلى قيمة من بين كل الكلف المدروسة، وبالتالي فهي تبدي ممانعة كبيرة لمرور الطريق من خلالها، أما الخلايا (Pixels) التي تعرّف كخلايا بدون معطيات (No Data)، فهي الخلايا التي تمنع مرور الطريق من خلالها منعاً باتاً.

## 4- الدراسة التحليلية المرتكزة على أنظمة المعلومات الجغرافية GIS:

بعد الانتهاء من عملية الرقمنة وجمع البيانات، تمت عملية استخراج البيانات الجديدة منها Derive Datasets، ومن ثم إعادة تصنيفها Reclassify Datasets، وبعد كل ذلك تم تزويد الخرائط الرقمية الجديدة بقيم التثقيل المستنتجة من الكلف الخاصة بكل عنصر من العناصر المؤثرة في عملية إيجاد المسار الأمثل للطريق، وفي النهاية تم جمع القيم المختلفة للتثقيل من أجل الحصول على شريحة مجموع الكلف التراكمية Weight and Combine Datasets، والتي تتم عليها العمليات التحليلية المختلفة مثل تقنية مسافة - الكلفة Cost- Distance وتطبيقاتها المختلفة (مسافة الخط المستقيم Straight Line Distance، تقسيم (توزيع) الخط

المستقيم (Straight Line Allocation)، اتجاه الخط المستقيم (Straight Line Direction) اللازمة من أجل إيجاد المسار الأمثل للطريق المدروس.

### النتائج والمناقشة:

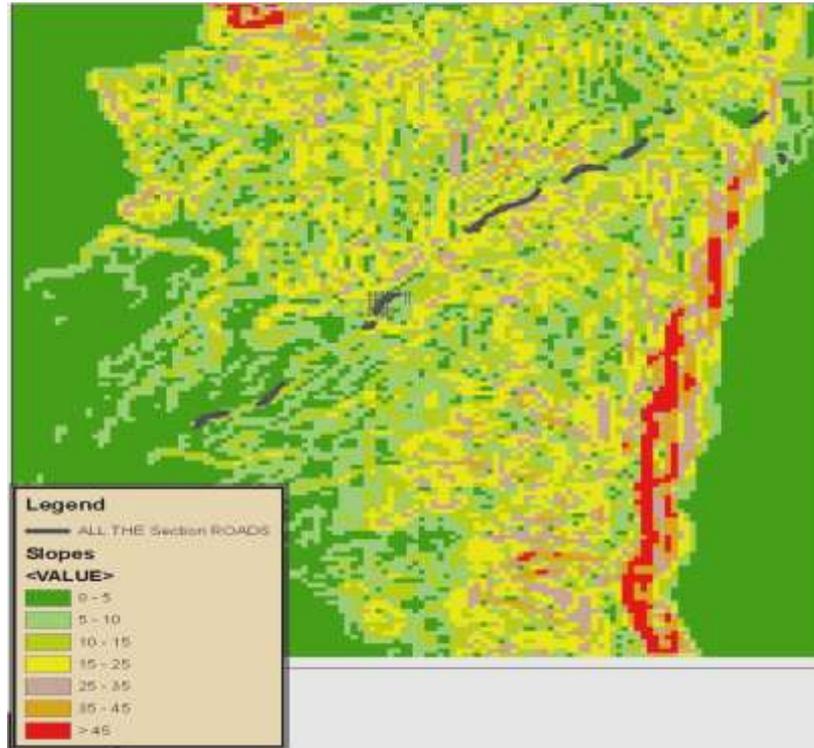
نظراً لتعدد وتنوع عوامل التنقيط التي تؤثر على عملية اختيار المسار الأمثل للطريق، فقد تم اختيار المجموعة الأكثر تأثيراً على عملية اختيار المسار الأمثل والتي مكنتنا من وضع النموذج الرياضي الصحيح، وفيما يلي نورد أهمها:

#### 1- طبقة طبوغرافية المنطقة:

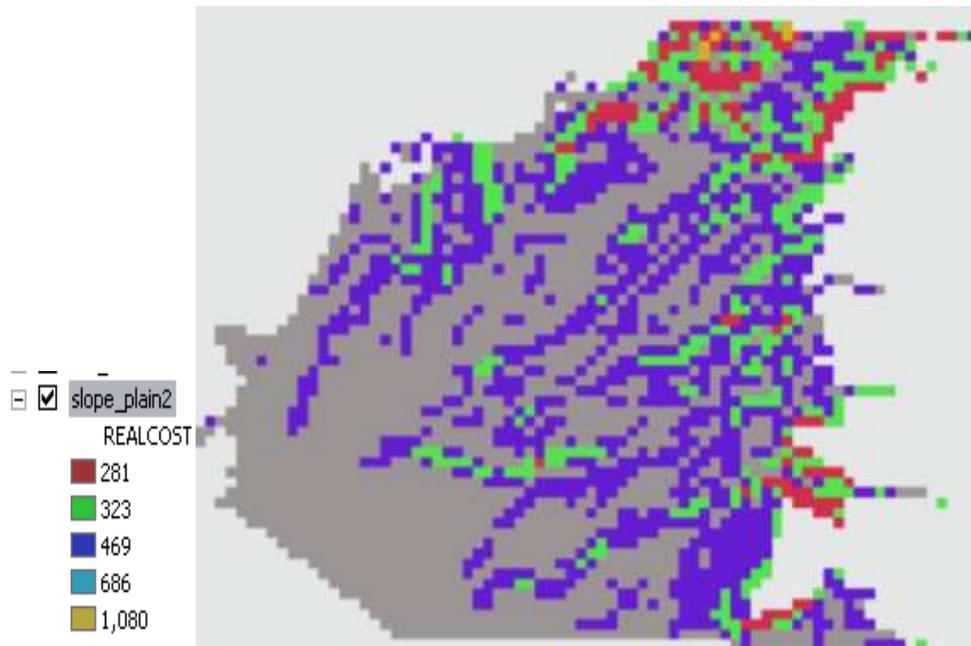
تم اعتماد النموذج الارتفاعي DEM المعد من قبل الهيئة العامة للمساحة والمستنتج من خرائط مقياس 1:50000 بنظام إسقاط ميركاتور كخريطة أساس لجميع العمليات اللاحقة، وذلك بمساعدة الأدوات المزودة ضمن نظام المعلومات الجغرافية GIS. تمثل الإجراء الأول باستخراج خريطة الميول لمنطقة الدراسة بين مدينتي اللاذقية وصلنفة، حيث تم تحديد الميل الطولي لكل خلية بتقسيم فرق الارتفاع بين طرفيها على طولها بمساعدة الأداة SLOPE في برنامج GIS. وبعد ذلك تم تصنيف الميول ضمن مجالات عدة بما يتناسب مع تأثيرها على حجوم الأعمال الترابية، كما هو موضح في الشكل (3)، وبالتالي على كلفة المشروع التجريبي، ومن ثم تم تشكيل المصفوفة التي سيتم تزويدها بقيم التنقيط المكافئة للكلف التي تؤثر بها الميول على كلفة تخطيط الطرق وإنشائها، حيث تم استنتاج قيم التنقيط هذه من خلال الاستفادة من دراسة تكاليف طريق اللاذقية - أريحا الذي يتم تنفيذه حالياً وذلك من خلال إجراء مقارنة بين ميول الأرض الطبيعية وحجوم الأعمال الترابية المقابلة لها، ويوضح الجدول (1) قيم التنقيط اللازمة لشريحة الميول، بينما يوضح الشكلان (4-a) و (4-b) مصفوفة الميول للمنطقة السهلية والمنطقة الجبلية بعد تزويده بقيم التنقيط (الأوزان).

الجدول (1) قيم التنقيط اللازمة لشريحة الميول

الطبقة	DISCR-L1	DISCR-L2	الكلفة ل.س	قيم التنقيط
الانحدار (الميول)	سهلية 0-400m	0-5 %	281250	0.8
		5-10%	322500	0.9
		10-15%	468750	1.3
		15-25%	686250	1.9
	جبلية > 400m	0-5 %	442500	1.2
		5-10%	506250	1.4
		10-15%	585000	1.6
		15-25%	637500	1.8
		25-35%	1080000	3
		35-45%	1102500	3.1
	> 45%	-	No data	

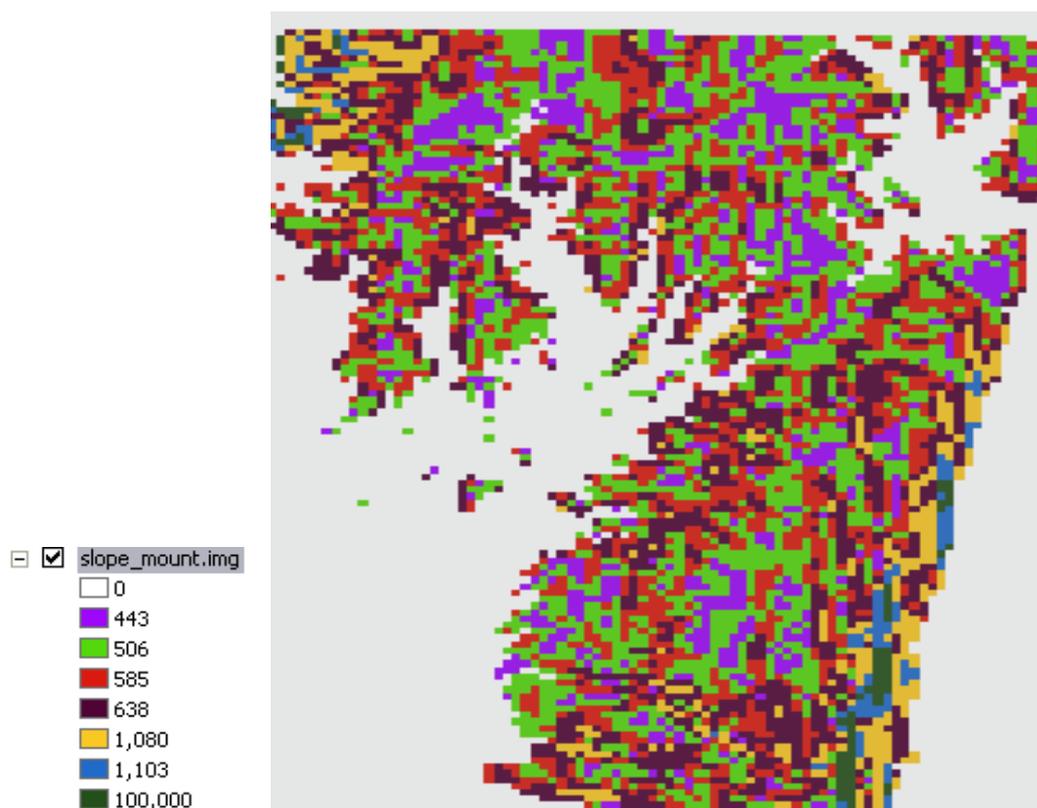


الشكل (3) تصنيف الميول ضمن مجالات عدة بما يتناسب مع تأثيرها على أحجام الأعمال الترابية



الشكل (4-a) مصفوفة الميول للمنطقة السهلية ومجالات تصنيفها

ملاحظة: الكلف بالليرة السورية، وقد تم تقسيمها على 1000.



الشكل (4-b) مصفوفة الميول للمنطقة الجبلية ومجالات تصنيفها

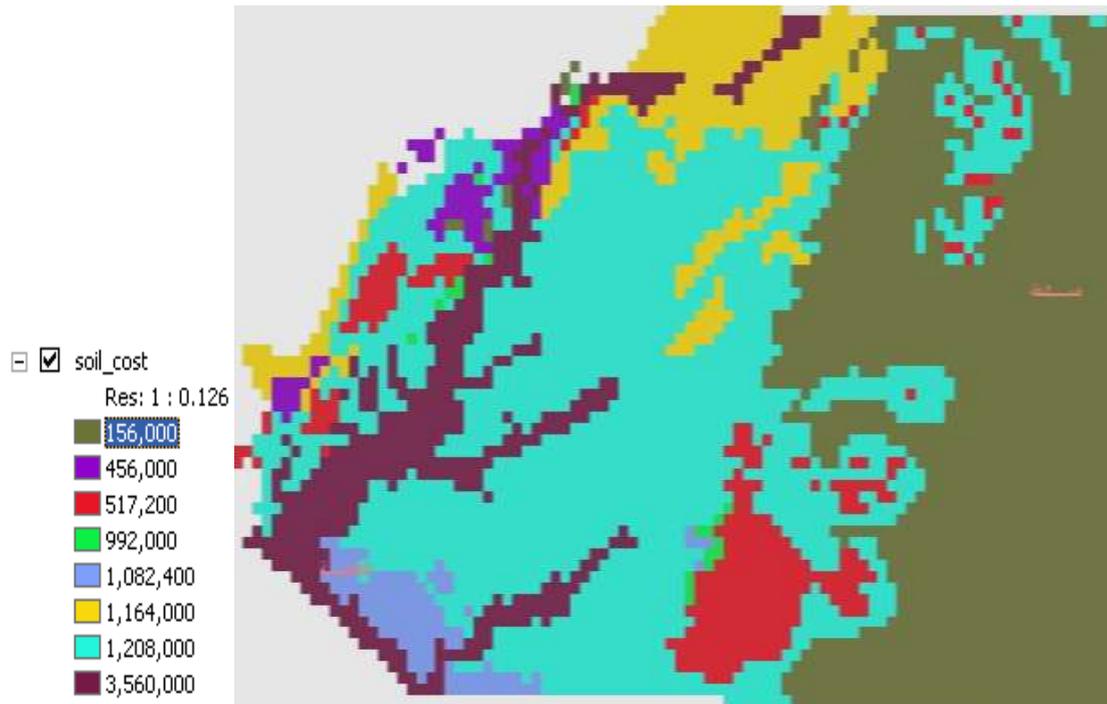
## 2- طبقة جيولوجية المنطقة:

بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية المعدة من قبل المؤسسة العامة للجيولوجيا بمقياس 1:50000 تمت عملية رقمنة لكامل المنطقة المدروسة، وبالاعتماد على نتائج التجارب الحقلية لتقدير قيمة CBR في مواقع متعددة في المنطقة، قمنا بإسقاط هذه القياسات على الخريطة الجيولوجية لتقدير قيمة CBR للطبقات الجيولوجية المختلفة، ومن ثم تحويل الخرائط الشعاعية إلى مصفوفة مؤلفة من خلايا 400X400 وإعطاء كل خلية قيمة CBR الخاصة بها. وبعد ذلك تم استنتاج المصفوفة التي تمثل طبقة ترب المنطقة، والتي سيتم تزويدها بقيم التنقل المكافئة لكلف إنشاء طبقات الرصف أو كلف استبدال التربة ذات قدرة التحمل الضعيفة ( $CBR < 7$ )، والتي تؤثر من خلالها هذه التربة على كلفة تخطيط وإنشاء الطرق، ويوضح الجدول (2) قيم التنقل اللازمة لشريحة ترب المنطقة، ويوضح الشكل (5) مصفوفة شريحة الترب بعد تزويده بقيم التنقل (الأوزان).

الجدول (2) قيم التنقل اللازمة لشريحة ترب المنطقة

الطبقة الجيولوجية	الوصف	CBR %	الكلفة ل.س	قيم التنقل Resistance
mN2	غضار - مارل (كلس) - صخور رملية - حجارة مسامية بركانية	9	1208000	3.4

1Pg1-Pg2-	صخور كلسية تحتوي على الغضار - مارل			
N1-3	غضار - جبس			
Cr2d	مارل - صخور كلسية تحتوي على الغضار			
Cr2m-b	صخور كلسية تحتوي على الغضار			
N1h-t	صخور جيرية - حجارة رملية - غضار - مارل (كلس)	10	1164000	3.3
N1t	مارل (كلس) - حجارة رملية - غضار - كتل من مصادر مختلفة			
Cr2m	صخور كلسية تحتوي على الغضار - مارل (كلس)	7	1208000	3.4
J3	صخور كلسية - مارل (كلس)			
Cr1ab-a1	صخور كلسية - غضار - دولوميت	100	156000	0.4
Cr2Cm-t	صخور جيرية - دولوميت			
Q4	طفال رملي - طفال - حصي	3	3560000	10
Q1-2	طفال - غضار - صخور كلسية	13	1082400	3
N1aKV	صخور كلسية تحتوي على الغضار			
Q1	صخور كلسية - صخور رملية - حصي - كتل من مصادر مختلفة	15	992000	2.8
Pg2-2	صخور كلسية تحتوي على الغضار	30	517200	1.5
T3-J?	حجارة طينية - صخور كلسية - حجارة مسامية بركانية	40	456000	1.3
N1b	مارل (كلس) - حجارة رملية - صخور كلسية	12	1082400	3



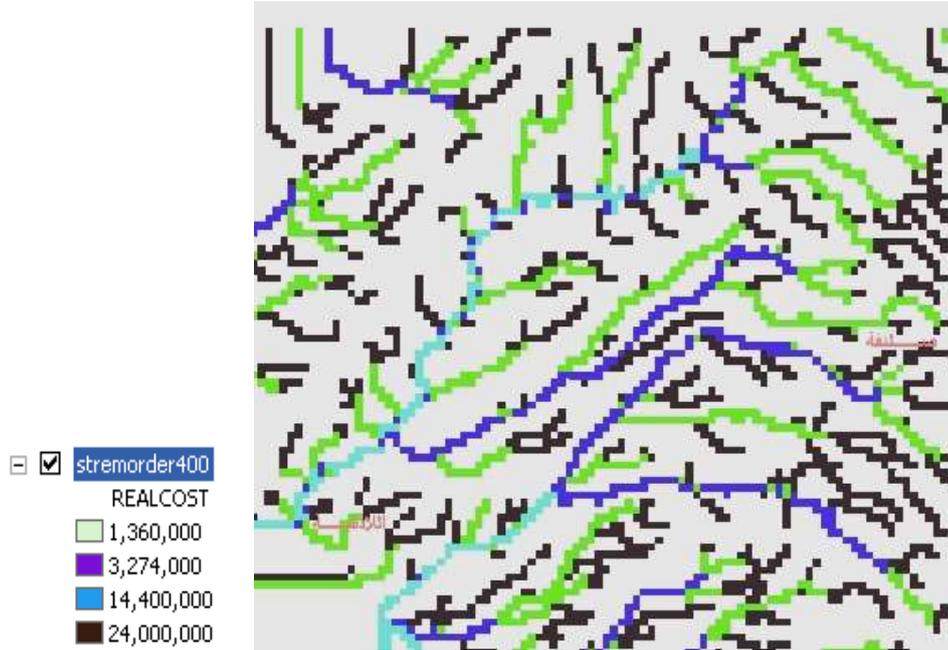
الشكل (5) مصفوفة شريحة التربة بعد تزويده بقيم التثقيل (الأوزان)

### 3- طبقة هيدرولوجيا المنطقة:

انطلاقاً من النموذج الإرتفاعي DEM وباستخدام برنامج Archydro ضمن بيئة نظام المعلومات الجغرافية GIS قمنا بإجراء عدة عمليات متعاقبة بدءاً بطبقة اتجاهات الجريان، ومن ثم استنتاج طبقة المسيلات المائية لكامل المنطقة وبعد ذلك تم تصنيف هذه المسيلات وفقاً لمرتبته النهرية، حيث افترضنا أنه مع ازدياد مرتبة المسيل يزداد حجم المنشأة المائية اللازمة لاجتياز هذا المسيل، وبالتالي تزداد كلفة عبور هذا المسيل وفق الجدول (3). وبعد ذلك تم استنتاج المصفوفة التي تمثل طبقة هيدرولوجيا المنطقة، والتي سيتم تزويدها بقيم التثقيل المكافئة لكلف المنشآت الهندسية التصريفية (الجسور والعبارات)، والتي تؤثر من خلالها الخصائص الهيدرولوجية للمنطقة على كلفة تخطيط وإنشاء الطرق، ويوضح الجدول (3) قيم التثقيل اللازمة لشريحة هيدرولوجيا المنطقة، ويوضح الشكل (6) مصفوفة شريحة هيدرولوجيا المنطقة (المسيلات المائية) بعد تزويده بقيم التثقيل (الأوزان).

الجدول (3) قيم التثقيل اللازمة لشريحة هيدرولوجيا المنطقة

الطبقة	DISCR-L2	نوع المنشأة	الكلفة ل.س	قيم التثقيل resistance	
هيدرولوجيا المنطقة	-1	أودية نهريّة من المرتبة -1	عبارة (1) فتحة	1360000	3.8
	-2	أودية نهريّة من المرتبة -2	عبارة (3) فتحات	3274000	9.2
	-3	أودية نهريّة من المرتبة -3	جسر (3) فتحات	14400000	40.6
	-4	أودية نهريّة من المرتبة -4	جسر (5) فتحات	24000000	67.6



الشكل (6) مصفوفة شريحة هيدرولوجيا المنطقة (المسيلات المائية) بعد تزويده بقيم التنقيط (الأوزان)

#### 4- طبقة استخدام الأرض Land Use:

إن المعلومات المتعلقة بطبيعة استخدام الأرض تمتلك أهمية كبرى في اختيار مسار الطريق، حيث أنها تحدد الأماكن التي يسمح بمرور الطريق من خلالها، والأماكن التي يحظر تماماً مروره فيها، إضافة إلى ذلك فإن طبيعة استخدام الأرض تحدد القيم اللازم دفعها لاستملاك حرم الطريق، وبالتالي يجب البحث دائماً عن الأراضي التي تُقدر قيم استملاكها أقل من غيرها مثل الأراضي الجرداء أو التي تعود ملكيتها للدولة ولا تحوي مساكن أو منشآت، مع تفضيل المرور بجانب التجمعات السكنية والغابات وليس ضمنها. وبالتالي تمت العمليات التالية على الخريطة الرقمية التي تمثل استخدامات الأرض للمنطقة المدروسة (الأراضي والغطاء النباتي والمساحات المائية والمناطق السكنية):

- تصنيف العناصر التي تتكون منها مصفوفة استخدامات الأرض بحسب طرق الري ونوع الغطاء النباتي المتواجد في منطقة الدراسة، وأماكن تواجد المساحات المائية والمناطق السكنية.

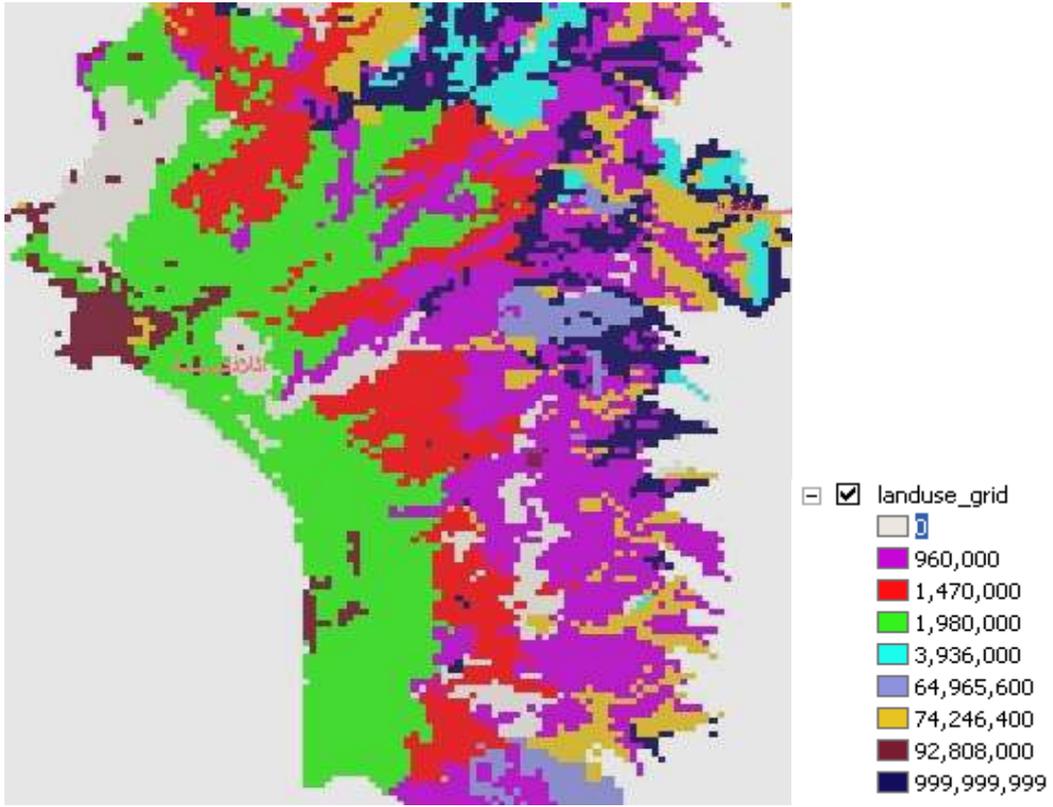
- استنتاج المصفوفة التي تمثل طبقة استخدام الأرض والمصفوفة التي تمثل طبقة استملاك الأرض، والتي تم تصنيفها بحسب طرق الري في منطقة الاستملاك (أراضي مروية وأخرى بعلية) ، والتي سيتم تزويد كل منهما بقيم التنقيط المكافئة لكلف الاستملاك للغطاء النباتي والمناطق السكنية والأراضي التي تشكل حرم الطريق المدروس، ويوضح الجدول (4) قيم التنقيط اللازمة لشريحة استخدام الأرض والجدول (5) قيم التنقيط اللازمة لشريحة استملاك الأرض، ويوضح الشكل (7) مصفوفة استخدام الأرض بعد تزويدها بقيم التنقيط (الأوزان)، والشكل (8) مصفوفة استملاك الأرض بعد تزويدها بقيم التنقيط (الأوزان).

الجدول (4) قيم التنقيط اللازمة لشريحة استخدام الأرض

الطبقة	DISCR-L1	DISCR-L2	الكلفة ل.س	قيم التثقييل resistance
الاستملاك	الغابات	غابات مغلقة وكثيفة	-	No Data
		غابات مفتوحة وغير كثيفة	-	80
		أحراج (دغل) مغلقة	-	No Data
		أحراج (دغل) مفتوحة	-	70
	الأشجار	الزيتون	960000	2.7
	الأشجار	التفاحيات	3936000	11.1
	الأشجار	الحمضيات	1980000	5.6
	الأشجار	الحمضيات & الزيتون	1470000	4.1
	الأراضي الجرداء	الأراضي الجرداء	0	0
	المزروعات	المزروعات	0	0
التجمعات المائية	بحيرات طبيعية وسدود	-	No Data	

الجدول (5) قيم التثقييل اللازمة لشريحة استملاك الأرض

الطبقة	DISCR-L1	DISCR-L2	الكلفة ل.س	قيم التثقييل resistance
الاستملاك	الأراضي المبنية	المدن - البلدات (Urban) و القرى (Rural)	92808000	264.4
	الأراضي الزراعية	مروية	5280000	14.9
		غير مروية	1440000	4.1
	الأراضي المملوكة من قبل الدولة	-	-	0



الشكل (7) مصفوفة شريحة استخدام الأرض بعد تزويده بقيم التنقيط (الأوزان)



الشكل (8) مصفوفة شريحة استهلاك الأرض بعد تزويده بقيم التنقيط (الأوزان)

5- طبقة الطرق المنفذة Existing Roads

اعتبرنا أن المعلومات المتعلقة بشبكة الطرق المنفذة في المنطقة تمتلك تأثيراً محسوساً على كلفة إنشاء أي طريق جديد، إما زيادةً أو توفيراً في الكلفة وفق اعتبارات متعددة، فمثلاً أي تقاطع للطريق المنوي دراسته مع طريق مركزي يعني ضرورة إنشاء عقدة بمستويين، وبالتالي زيادة في كلفة إنشاء الطريق وبالتحديد في مكان هذا التقاطع، في حين أن مرور المسار بجوار طريق منفذ حالياً ومن نفس المرتبة فهذا يعني توفيراً في كلفة إنشاء الطريق. في بحثنا هذا لم نعتبر أن مجاورة الطريق المنوي دراسته لطريق منفذ حالياً سينعكس توفيراً على كلفة الإنشاء نظراً لأن المقطع العرضي المقترح من قبلنا والمكون من حارتي مرور في كل اتجاه مع جزيرة وسطية لا يتوفر في أي من الطرق المنفذة حالياً في منطقة الدراسة، حيث أنها جميعاً تملك مقطعاً مؤلفاً من حارة مرور للذهاب وأخرى للإياب، وبالتالي تم إهمال شبكة الطرق المحلية والاكتفاء بدراسة التقاطعات مع الطرق المركزية المنفذة. وبالتالي تمت العمليات التالية على الخريطة الرقمية التي تمثل طبقة الطرق للمنطقة المدروسة:

- تصنيف الطرق المتواجدة والمنفذة مسبقاً في منطقة الدراسة صنفين رئيسيين (طرق مركزية وأخرى محلية).
- استنتاج شريحة مصفوفة التي تمثل طبقة الطرق المنفذة في المنطقة، والتي سيتم تزويدها بقيم التنقيط المكافئة لكلف المنشآت الهندسية المرورية (الجسور)، والتي تؤثر من خلالها التقاطعات المرورية التي تنتج عند التقاء الطريق المدروس مع طريق آخر موجود في المنطقة على كلفة تخطيط وإنشاء الطرق، ويوضح الجدول (6) قيم التنقيط اللازمة لشريحة الطرق المنفذة في المنطقة المدروسة، ويوضح الشكل (9) مصفوفة شريحة طرق المنطقة بعد تزويده بقيم التنقيط (الأوزان).

الجدول (6) قيم التنقيط اللازمة لشريحة الطرق المنفذة في المنطقة المدروسة

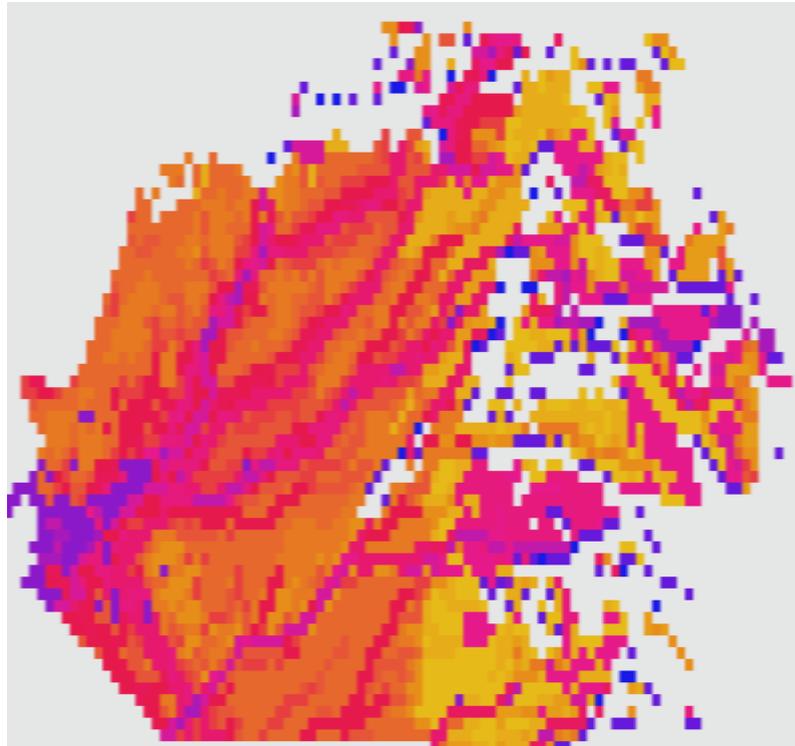
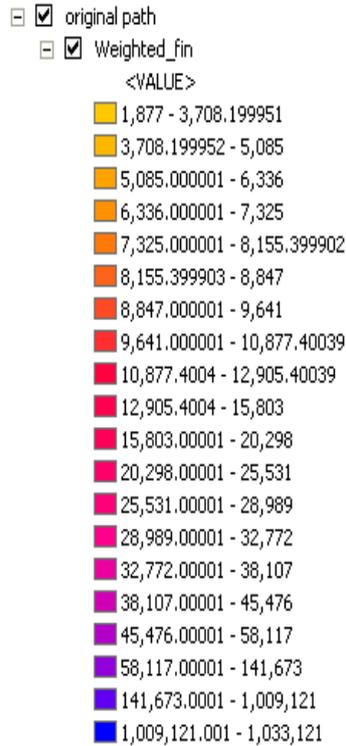
الطبقة	DISCR-L1	نوع المنشأة	الكلفة ل.س	قيم التنقيط resistance
الطرق المنفذة	طرق مركزية	تقاطع بمستويين	14400000	40.6
	شبكة الطرق المحلية (التخدمية)	-	-	0



الشكل (9) مصفوفة شريحة طرق المنطقة بعد تزويده بقيم التنقيط (الأوزان) والكلفة هي ثابتة وتعادل 14400000 ل.س.

### 6- مصفوفة الكلفة التراكمية accumulative Cost raster

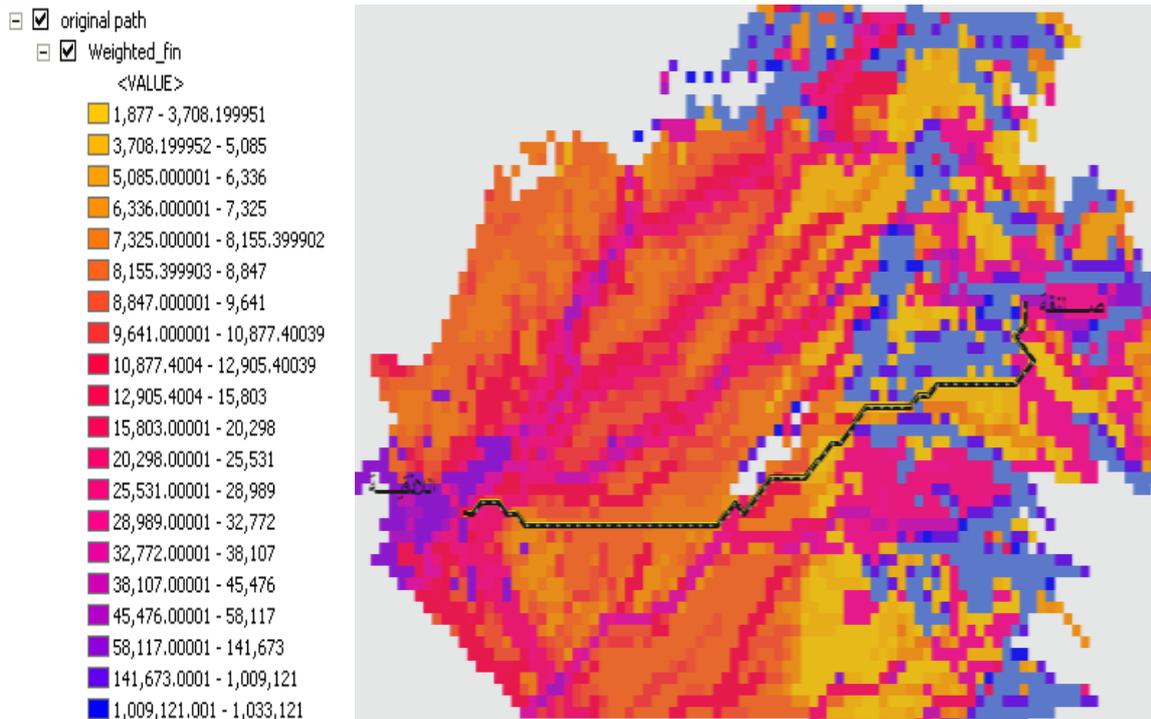
يتم جمع الكلف الواقعة ضمن كل خلية من الخلايا التابعة لمختلف المصفوفات المؤثرة في اختيار الكوريدور الذي يحوي المسار الأمثل للطريق المدروس والواقعة فوق بعضها البعض من أجل الحصول على خلايا تحوي الكلف النهائية والتي تشكل مجموعها مصفوفة الكلفة التراكمية. ويوضح الشكل (10) مصفوفة الكلفة التراكمية.



الشكل (10) مصفوفة الكلفة التراكمية

### 7- المسار الأمثل (الأقل كلفة) Least Coast Path

مكنتنا النمذجة المطبقة باستخدام GIS وفقاً لما ورد سابقاً من الوصول إلى الكوريدور الذي يحوي المسار الأمثل والواصل بين اللاذقية وصلنفة، حيث تم اختيار الخلايا التي تشكل المسار الأقل كلفة وذلك بين الخلية المصدر (اللاذقية - عقدة الحفة على أوتوستراد اللاذقية - طرطوس) والخلية الوجهة (صلنفة)، كما هو موضح في الشكل (11)، كما يوضح الشكل (12) المسار الأمثل الجديد للطريق الواصلة بين اللاذقية وصلنفة والمسار القديم.



الشكل (11) المسار الأمثل للطريق الواصلة بين اللاذقية و صلنفة



الشكل (12) المسار الأمثل الجديد للطريق الواصلة بين اللاذقية و صلنفة والمسار القديم

**الاستنتاجات والتوصيات:**

- 1- كلما زادت قيمة الميول تزداد أحجام الأعمال الترابية، وبالتالي تزداد الكلف، كما تزداد أحجام الأعمال الترابية في المنطقة الجبلية بنسبة تتراوح بين (40 - 60%) مقارنة مع نفس الميول في المنطقة السهلية.
- 2- كلف الاستملاك في المنطقة الساحلية مرتفعة، حيث تتراوح بين (60-65%) من كلفة المشروع الإجمالية.
- 3- تشكل كلف المنشآت الصناعية نسبة تتراوح بين (15-20%) من كلفة المشروع الإجمالية، وهي نسبة أقل مما هي عليه في مشروع طريق اللاذقية - أريحا والتي تعادل نسبة 34% من الكلفة الإجمالية.
- 4- لا يتجاوز تأثير طبوغرافية المنطقة (كميات الأعمال الترابية) في المسار الجديد (5-10%) من القيمة الإجمالية للمشروع، في حين أنها تشكل في مشروع طريق اللاذقية - أريحا حوالي 23% من القيمة الإجمالية للمشروع.
- 5- تشكل الكلف الناتجة عن الظروف الجيولوجية (أعمال الإنشاء لطبقات الأساس وما تحت الأساس) نسبة تتراوح بين (10-15%) من كلفة المشروع الإجمالية، في حين أنها تشكل في مشروع طريق اللاذقية - أريحا حوالي 11% من القيمة الإجمالية للمشروع.
- 6- تم وضع خريطة تمثل أنواع الترب بالاستناد إلى خريطة التكتشفات الجيولوجية للمنطقة المدروسة.
- 7- بحسب العوامل المدروسة يمكن المقارنة من حيث الكلفة بين الكوريدور الذي يحوي المسار الأمثل الجديد والطريق القديمة (الحالية)، ونلاحظ من الجدول (7) أن الطريق الناتجة (اللاذقية - صلنفة) ذات كلفة أقل بنسبة (35%) مقارنة مع كلفة الطريق القديمة، وتعود هذه النسبة الكبيرة نتيجة مرور الطريق القديمة ضمن مناطق الغابات والأحراج (ذات كلف المرور العالية بحسب التصنيف المعتمد).

الجدول (7) كلف مختلف الحلول المطروحة بالإضافة لكلفة الطريق القديم

المسارات المدروسة	اللاذقية - صلنفة	الطريق القديم (الحالي)
الكلف	600,000,000	1,565,000,000
ل.س	700,000,000	1,665,000,000

- 7- وضع منهجية خاصة باستنتاج معاملات التثقل الأكثر أهمية اللازمة لإيجاد المسار الأمثل عند تخطيط الطرق في الساحل السوري وتعميمها على سوريا.
- 8- تمكين مختلف المؤسسات والقطاعات التي تعنى بعملية تخطيط الطرق وإنشائها من الاستفادة من المنهجية المتبعة في عملية إيجاد المسار الأمثل للطريق من خلال استخدام نظام المعلومات الجغرافية، وبالتالي الاستفادة من سرعة الوصول إلى النتيجة المطلوبة وبالذقة الكافية، وكذلك تتيح هذه الطريقة لمتخذي القرار أن يختبروا عدداً كبيراً من البدائل من أجل الحصول على المسار الأمثل.
- 9- يفتح هذا البحث الباب واسعاً أمام الأبحاث اللاحقة للحصول على قاعدة بيانات متكاملة وفعالة تساعد في عملية اختيار المسار الأمثل للطريق، وللوصول إلى قيم أدق لمعاملات التثقل بما يتناسب مع كل زمان ومكان.

10- يمكن وابتناع منهجية مشابهة للمنهجية المدروسة في هذا البحث، وضع منهجيات أخرى تساعد في إيجاد الحلول للمسائل التي تتعلق بعملية إيجاد المسار للشبكات الطولية، مثل أنابيب النفط والغاز - شبكات المياه العذبة - شبكات الصرف الصحي - شبكات الري (المكشوفة والمغلقة) - مسارات خطوط السكة الحديدية للقطارات.

### المراجع:

- 1- AKAY, A.E. *Minimizing Total Cost of Construction, Maintenance, and Transportation Costs with Computer-Aided Forest Road Design*. Thesis. Forest Engineering Department, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 2003, 9-16.
- 2- PATHAN, S.K. *least Cost Highway Alignment Using GIS Technique*, A Case Study, Tata Mc-Graw Hill, New Delhi, India, 2003, 2
- 3- JHA, M. K. *Using a geographic information system for automated decision making in highway cost analysis*, Abstract, Transportation Research Record 1768, 2001, 241-249.
- 4- OECD, *Optimization of Road Alignment by the Use of Computers*. Organization of Economic Co-operation and Development, Paris, 1973, 22-36
- 5- JONG, J.C, JHA, M.K., and SCHONFELD, P. *Preliminary Highway Design with Genetic Algorithms and Geographic Information Systems*, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2000, 261-271.
- 6- JHA, M. K. *A Geographic Information Systems-Based Model for Highway Design Optimization*, Ph.D. Dissertation, University of Maryland, College Park, 2000, 260-267.