

إنتاج موديل لإيجاد النقاط المثلى لتوضع أبراج مراقبة حرائق الغابات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

روز حويجة*
يحيى غصون**

(تاريخ الإيداع 15 / 10 / 2012. قُبِلَ للنشر في 13 / 12 / 2012)

▽ ملخص ▽

يعرض هذا البحث كيفية تصميم موديل من أجل تحديد النقاط المثلى لبناء أبراج مراقبة حرائق الغابات الممتدة على مساحة الجمهورية العربية السورية بهدف التقصي والإنذار المبكر عن حرائق الغابات، وهذا يساعد في سرعة عملية إخماد الحرائق عند نشوبها وبالتالي حماية غاباتها من حرائق تلتهم سنوياً آلاف الهكتارات. وقد تم تصميم هذا الموديل باستخدام أدوات التحليل المكاني (Spatial Analysis) المتاحة في برامج نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System – GIS) لتقييم أداء أبراج مراقبة حرائق الغابات في منطقة معينة اتخذت منطقة دراسة، واقتراح مواقع جديدة لبعض أبراج المراقبة في هذه المنطقة بهدف زيادة الرؤية، وبالتالي حساب المساحات المرئية التي تغطيها أبراج المراقبة المقترحة. ثم قمنا بتخصيص بارامترات إدخال للموديل لكي يتم تطبيقه على مساحات مختلفة باستخدام بيانات إدخال مختلفة، ليتمكن مستخدموا الموديل ببساطة من إدخال البارامترات الخاصة بهم في منطقتهم دون الحاجة إلى معرفة كثير من المعلومات حول واقع عمل الموديل.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية- أبراج المراقبة، الموديل- خطوط النار- النموذج الارتفاعي.

* قائم بالأعمال - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
** مهندس - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

A Model Design To Determine The Appropriate Points To Build Fire Towers.

Rose Hawaigeh *

Yahya Ghassoun **

(Received 15 / 10 / 2012. Accepted 13 / 12 / 2012)

▽ ABSTRACT ▽

Abstract This paper presents the methods of designing a model to determine the appropriate points to build fire towers extended on an area of Syrian Arab Republic, in order to monitor and early warning the forest fire. This helps the authorities' process of extinguishing the fire as it arises and thereby protect our forest from fire that destroys thousands of hectares every year.

The model has been designed using the tools of Spatial Analysis available in ArcGIS program. These tools have been applied to evaluate the performance of the fire towers in the studied area, and to suggest new sites for fire towers in this region in order to increase the vision of the area. We calculate the area of visible areas covered by the suggested fire towers. We finally customize the parameters of the model to be applied for different areas using different input data, so the users of the model simply can enter the parameters of their own area and apply the model.

Key words: Geographic Information System, Fire towers, model, Fire road, DEM (Digital Elevation Model)

مقدمة:

* Academic Assistant, Faculty for Civil Engineering, Tishreen University Syria

** Engineer, department for topography, Faculty for Civil Engineering, Tishreen University Syria

تعدُّ الحرائق العامل الرئيس المدمر للغابات في أنحاء عديدة من العالم بما في ذلك سورية، كما تسبب أضراراً اقتصادية وبيئية فادحة على المجتمعات المحلية، وعلى الدولة أيضاً، فالغابات تعدُّ عنصراً حيوياً في الإدارة المستدامة لموارد المياه والتربة والتوازن البيئي ولما تشكله من مورد اقتصادي، إضافة لكونها مورداً سياحياً وبيئياً مهماً. لذلك فقد أوضحت الحكومة حاجتها الجادة إلى تحديث أنظمة الكشف المبكر والإنذار المبكر عن حرائق الغابات، ويتم ذلك بطرق عدة منها أبراج المراقبة، دوريات حراس الغابات، الطيران وبعض الأجهزة الالكترونية الحديثة، إذ إن الكشف المبكر عن الحريق هو الخطوة الأولى في السيطرة عليه، ولذلك كلما تم ذلك بسرعة كانت النتائج أفضل. ومن هنا جاءت فكرة هذا البحث في تعزيز دور أبراج المراقبة من خلال بناء موديل [4] لإيجاد المواقع المناسبة لأبراج مراقبة حرائق الغابات باستخدام أدوات التحليل المكاني (Spatial Analysis) المتاحة في برامج نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System – GIS) [6].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى بناء موديل لإيجاد المواقع المناسبة لأبراج مراقبة حرائق الغابات. فتم اختيار منطقة الغابات في شمال محافظة اللاذقية منطقة لدراسة فعالية أبراج مراقبة حرائق الغابات فيها، وبالتالي استطعنا بواسطة هذا الموديل تقييم أداء أبراج مراقبة حرائق الغابات في المنطقة المدروسة، واقتراح مواقع جديدة لبعض أبراج المراقبة بهدف زيادة الرؤية استناداً إلى معطيات طبوغرافية للمنطقة المدروسة، ومعطيات أخرى مستنتجة بالاعتماد على إمكانيات التحليل المكاني ضمن بيئة برنامج (ARC GIS 9.2). ويشكل هذا الموديل نموذجاً يمكن تطبيقه من أجل تحديد النقاط المثلى لبناء أبراج مراقبة حرائق الغابات الممتدة على مساحة الجمهورية العربية السورية بهدف التقصي والإنذار المبكر، مما يساعد في سرعة عملية إخماد الحرائق عند نشوبها، وبالتالي حماية غاباتها من حرائق تلتهم سنوياً آلاف الهكتارات.

طرائق البحث وموادّه:

إن عملية بناء الموديل لإيجاد المواقع المناسبة لأبراج مراقبة حرائق الغابات ودراستها باستخدام إمكانيات التحليل المكاني المتاحة في برنامج (ARC GIS 9.2) قد تم وفق المراحل الآتية:

1. المرحلة التحضيرية التي تشمل:
 - تحديد منطقة الدراسة.
 - تجميع البيانات اللازمة لبناء الموديل والتابعة لهذه المنطقة.
2. بناء الموديل وتصميمه لإيجاد المناطق المرئية من الغابات في حال وجود أبراج مراقبة في المنطقة.
3. تحديد مواقع جديدة لبعض أبراج المراقبة اعتماداً على الموديل في حال عدم كفاية الأبراج الحالية.
4. حساب المساحات المرئية من أبراج المراقبة [2].
5. وضع بارامترات الموديل [4].

وسنتناول بالتفصيل كلاً من هذه المراحل، كما يلي:

1. المرحلة التحضيرية:

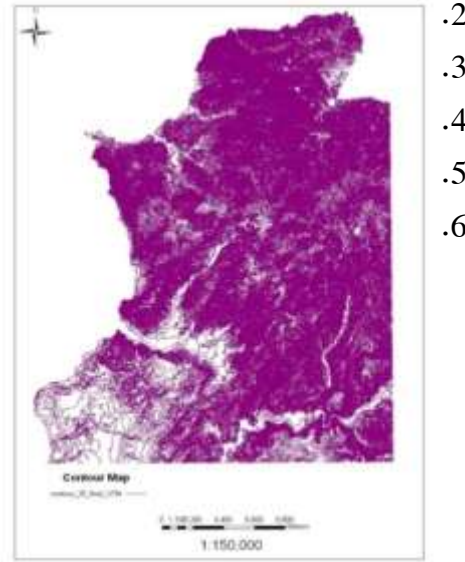
تشمل المرحلة التحضيرية:

- **تحديد منطقة الدراسة:** بناءً على أهداف البحث، والجولات الميدانية تم اختيار جزء من شمال اللاذقية ليكون منطقة الدراسة. وقد تم تمثيل هذه المنطقة بواسطة صورة فضائية من القمر الصناعي الهندي IRS لعام 2010، بدقة تمييز مكاني قدرها 5m. كما هو مبين في الشكل (1). حيث تمتد منطقة الدراسة على بين خطي الطول "35°46'3.33" و "36°03'15.74" وبين خطي العرض "35°31'04" و "35°37'32".



الشكل (1). صورة قمر صناعي IRS لمحافظة اللاذقية، مبيناً عليها حدود منطقة الدراسة.

- **تجميع البيانات اللازمة لبناء الموديل والتابعة لهذه المنطقة:**
من أجل بناء الموديل الرياضي نحتاج إلى البيانات التالية:
1. شريحة توضح ارتفاعات المنطقة المدروسة: وتتمثل هذه الشريحة بخطوط التسوية الرقمية بتباعد رأسي $h=10m$. كما هو موضح في الشكل رقم (2).



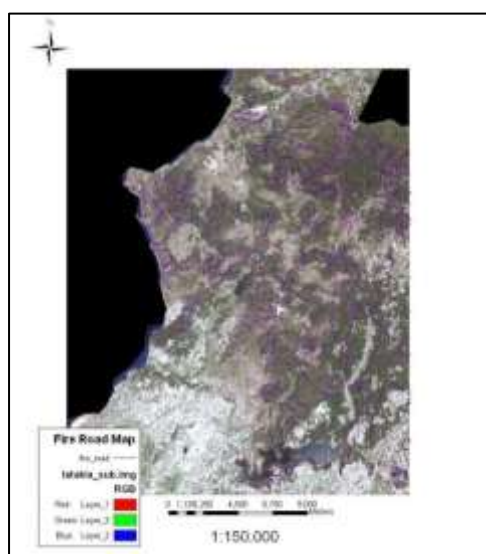
الشكل (2). شريحة خطوط التسوية الرقمية بتباعد رأسي $h=10m$.

2. شريحة تبين توضع أبراج المراقبة الحالية: يوضح الجدول (1) أبراج المراقبة الحالية في المنطقة المدروسة والتي تبين أن عددها تسعة أبراج، وتم تحديد مواقع هذه الأبراج وإحداثياتها باستخدام جهاز الـ GPS.

الجدول (1). إحداثيات أبراج مراقبة حرائق الغابات الحالية في المنطقة المدروسة.

البرج	X (m)	Y (m)
الزيتونة	219972.74	3964513.69
القواميع	226640.89	3971150.55
النبعين	225625.08	3977010.95
الروضة	232352.54	3966564.13
زاهية	230547.62	3971486.91
التفاحية	227658.17	3964286.33
سولاس	226534.47	3953938.53
بيت عوين	226891.80	3960213.02
السكرية	231399.68	3959268.7

3. شريحة توضح خطوط النار في المنطقة المدروسة: خطوط النار هي الطرق الحراجية في الجبال والتي تفيد بوصفها خطوط عزل تمنع من إمتداد الحريق بين قطاعات الغابة، كما أنها تسهم في تسهيل وصول وسائل الإطفاء إلى منطقة الحريق. الشكل رقم (3)



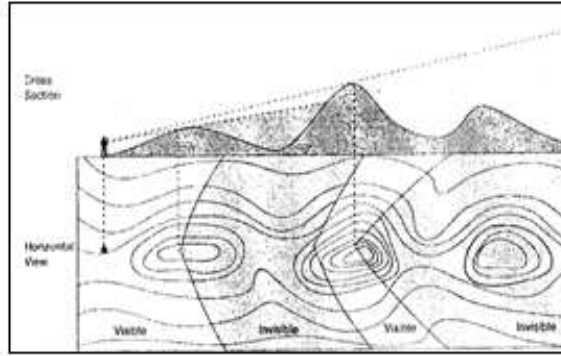
الشكل (3). شريحة خطوط النار للمنطقة المدروسة.

1. بناء الموديل وتصميمه لإيجاد المناطق المرئية من الغابات في حال وجود أبراج مراقبة في المنطقة: بداية لا بد من التعرض ولو بشكل مختصر إلى الخوارزمية المستخدمة في تحديد مجال الرؤية من مركز مراقبة بناءً على النموذج الرقمي للارتفاع.

1.2. تحديد مجال الرؤية من مركز المراقبة بتطبيق التحليل المكاني (Viewshed) ببرنامج الـ ArcGIS

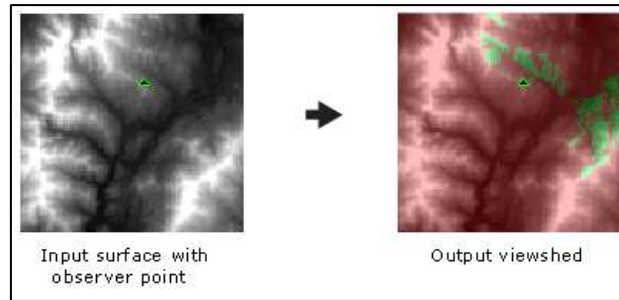
بناءً على النموذج الرقمي للارتفاع:

إن النماذج الارتفاعية الرقمية (DIGITAL ELEVATION MODEL-DEM) ذات أهمية كبيرة في أنظمة المعلومات الجغرافية. فهي تشكل القاعدة التي يعتمد عليها لاستنتاج الخواص المتعلقة بطبوغرافية المنطقة واستقراء المعلومات عن تضاريسها. وأبسط خوارزمية لتحليل الرؤية لنموذج ارتفاعي رقمي ذي بنية شبكية منتظمة (Tingrid-rectangular grid) هي تلك التي تحدد مدى ظهور أو التضاريس الممثلة بالنموذج أو اختفائها بدءاً من نقطة معينة [3]. ومبدأ هذه الخوارزمية مبين بالشكل (4) وهي تعتمد على الزاوية الشاقولية لخط النظر أو خط الرؤية استناداً إلى المسافات وفروق الارتفاعات بين نقاط النموذج [1].



الشكل (4). خوارزمية تحليل الرؤية لنموذج ارتفاعي رقمي ذي بنية شبكية منتظمة.

وبعد تحديد مناطق الرؤية، يمكن إظهار مخطط يبين المناطق المرئية وغير المرئية من نقطة معينة. فالشكل (5) يبين المناطق المرئية باللون الزهري وغير المرئية باللون الأخضر. ويكون ناتج هذه العملية عبارة عن طبقة من الخلايا ويحدد ضمن جدول تابع لها عدد الخلايا المرئية وغير المرئية بالنسبة للمراقب المفروض. وتأخذ الخلايا المرئية القيمة (1) وغير المرئية القيمة (0) في الجدول. ويمكن تحليل الرؤية التبادلية لعدد من النقاط لبيان المنطقة أو المناطق من النموذج الذي ترى من هذه النقاط أو من عدد من هذه النقاط [5].

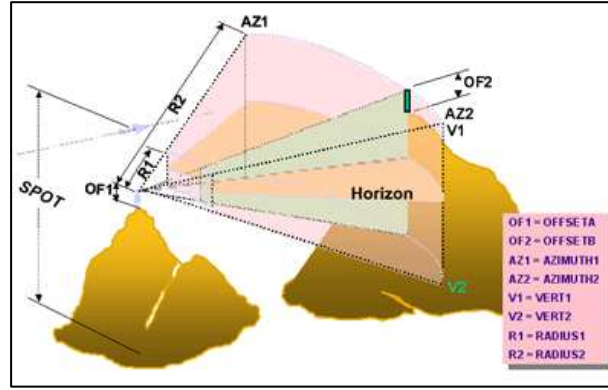


الشكل (5). مخطط يبين المناطق المرئية وغير المرئية من نقطة معينة.

وللتقنية Viewshed بارامترات خاصة لتطبيقات إيجاد الأماكن المرئية. ومن هذه البارامترات التي تم اعتمادها في هذا البحث: OFFSETA هو ارتفاع برج المراقبة، و OFFSETB هو ارتفاع النقطة المرصودة، RADIUS هو

نصف قطر الدائرة التي يبدأ المراقب منها بعملية الرصد، $RADIUS2$ هو نصف القطر الذي يحدد مجال الرؤية كما هو موضح في الشكل (6) [5].

إذ افترضنا $OFFSETA=10m$, و $OFFSETB=15m$ ناتجة من الارتفاع الوسطي لتيجان الأشجار في المنطقة المدروسة مضافاً إليه ارتفاع أولي لدخان الحريق، كما اعتبرنا $RADIUS1=0$, $RADIUS2=15 KM$.



الشكل (6). مخطط يبين بارامترات التقنية Viewshed.

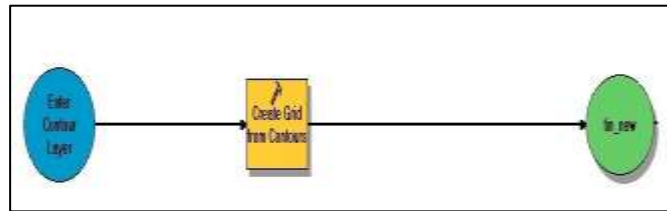
2.2 كيفية بناء الموديل وتصميمه:

بداية سوف نقوم بإضافة البيانات اللازمة في بناء الموديل إلى جدول محتويات الخريطة كطبقات في Arc Map, وسيتم بناء الموديل بربط مجموعة من أدوات التحليل المكاني معاً ضمن نافذة Model Builder التي تم إنشاؤها اعتماداً على تقنيات الـ Arc Toolbox في برنامج Arc GIS 9.2 [4].

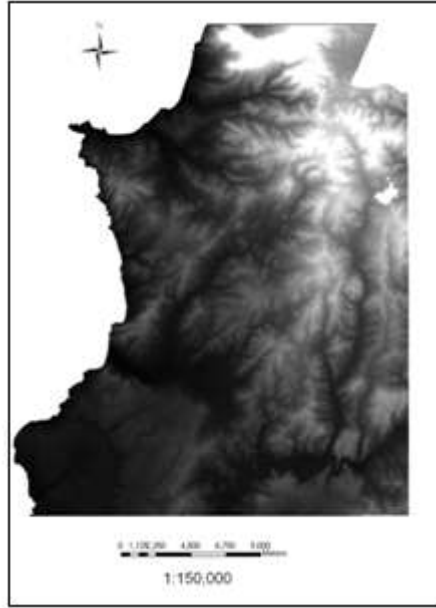
وقد تم العمل على بناء الموديل وتصميمه لإيجاد المناطق المرئية من الغابات في حال وجود أبراج مراقبة في المنطقة وفق المراحل التالية:

1.2.2 تشكيل النموذج الرقمي للارتفاع ذي البنية الشبكية المنتظمة (Tingrid) لهذه المنطقة:

في البدء تم استخلاص النموذج الرقمي للارتفاع ذي البنية الشبكية المنتظمة لهذه المنطقة من شريحة خطوط التسوية بأبعاد خلايا $5 \times 5 m^2$. والشكل رقم (7) يوضح كيفية تشكيل البنية الشبكية المنتظمة للمنطقة المدروسة بواسطة الموديل. ويبين الشكل (8) الشبكة Tingrid الناتجة للمنطقة المدروسة.



الشكل (7). تشكيل البنية الشبكية المنتظمة Tingrid للمنطقة المدروسة بواسطة الموديل.



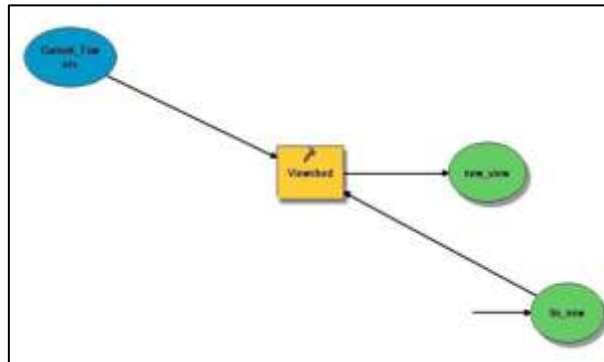
الشكل (8). البنية الشبكية المنتظمة Tingrid للمنطقة المدروسة.

2.2.2 تحديد مجال الرؤية الذي تؤمنه أبراج المراقبة الحالية في المنطقة المدروسة ودراسته اعتمادا على

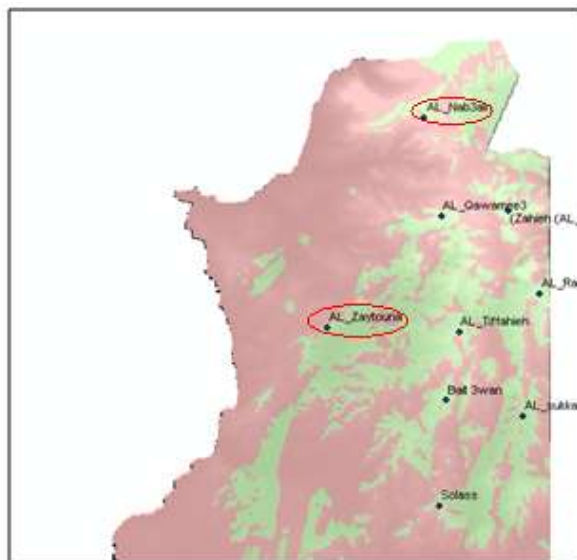
الموديل:

قمنا بتحليل الرؤية للنموذج الارتفاعي الرقمي الناتج من أبراج المراقبة الحالية الموجودة في المنطقة المدروسة. وذلك بإجراء تقنية التحليل Viewshed ضمن الموديل وفق ما يوضحه الشكل (9). وبذلك تم تشكيل الجزء الأول من الموديل الذي يختص بدراسة مجال الرؤية في حال وجود أبراج مراقبة.

وبين الشكل (10) الـ new-view الناتج الذي يوضح الخلايا المرئية وغير المرئية من أبراج المراقبة الحالية.



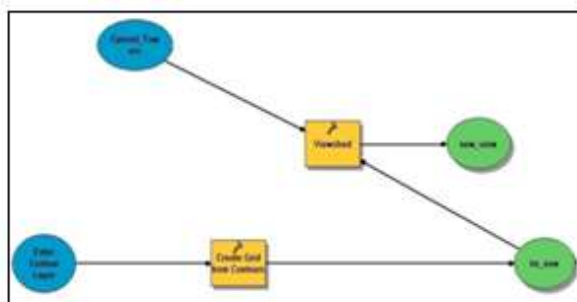
الشكل (9). كيفية إجراء تقنية التحليل Viewshed ضمن الموديل



الشكل (10). الخلايا المرئية وغير المرئية بالنسبة لأبراج المراقبة الحالية.

وبالتالي يكون النموذج الناتج لدينا والذي يفيد في إيجاد المناطق المرئية من الغابات في حال وجود أبراج مراقبة

كما في الشكل (11) التالي:



الشكل (11). الموديل الذي يفيد في إيجاد المناطق المرئية من الغابات في حال وجود أبراج مراقبة.

وبعد تطبيق التقنية Viewshed وتحديد الخلايا المرئية وغير المرئية بالنسبة لأبراج المراقبة الحالية، نلاحظ أن:

- بعض المناطق في الغابة، وبالتحديد المناطق شمال كسب، غير مرئية بشكل جيد بالنسبة لأبراج المراقبة، مما يدل على أن برج مراقبة النبعين غير كاف لرصد رؤية الغابات.
- إن المناطق المرئية من الغابات بالنسبة لبرج مراقبة الزيتون يمكن تغطيتها من أبراج المراقبة المحيطة به، مما يفقد فعالية هذا البرج في أداء المطلوب منه.

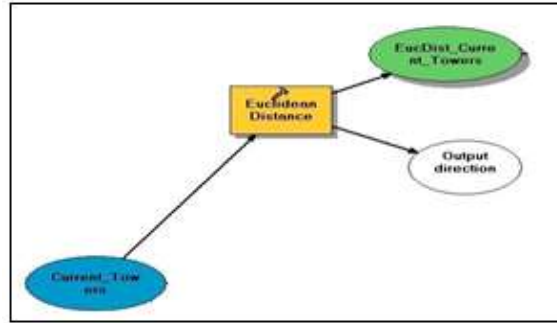
3. تحديد مواقع جديدة لبعض أبراج المراقبة اعتماداً على الموديل في حال عدم كفاية الأبراج الحالية:

تم ربط مجموعة جديدة من الأدوات ضمن نافذة Model Builder بحيث تسهم في إيجاد الموقع الأفضل لبرج المراقبة (النبعين، والزيتونة) المطلوب استبدال مكانيهما، ولذلك قمنا باشتقاق شرائح جديدة من البيانات مستخلصة من البيانات المتوافرة لهذا البحث بحيث نحقق الشروط التالية:

1. أن يقع البرج المقترح على خط النار.
2. أن يقع على الارتفاعات العالية.
3. أن يكون قريباً من برج المراقبة القديم.

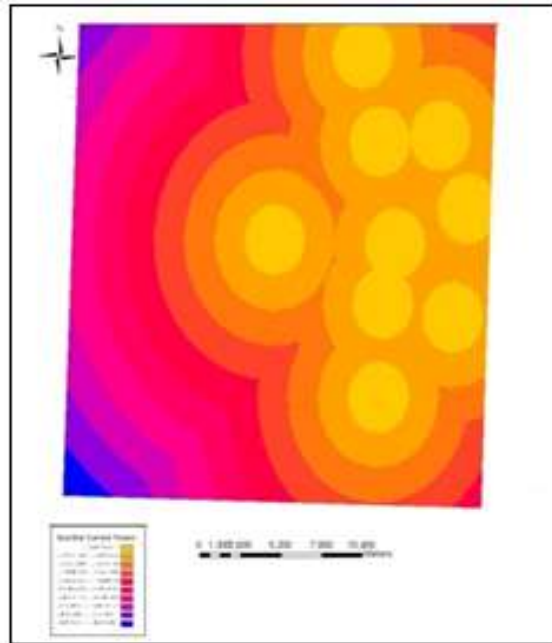
وتكون الشرائح الجديدة المستخلصة من بيانات بحثنا:

1. إنشاء شريحة البعد عن أبراج المراقبة: من أجل إيجاد المواقع المثلى والقريبة من أماكن أبراج المراقبة الواجب استبدالها قمنا بحساب المسافة الإقليدية [4] عن مواقع الأبراج الحالية. وفق ما يبينه الشكل (12).



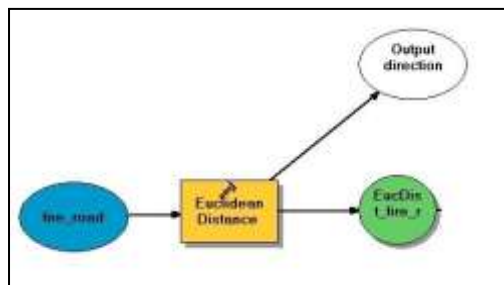
الشكل (12). تشكيل شريحة البعد عن أبراج المراقبة الحالية ضمن الموديل.

- فتنتج لدينا شريحة البعد عن أبراج المراقبة الحالية EuDist_Current_Towers التي ستظهر على واجهة الـ arcMap كما في الشكل (13).

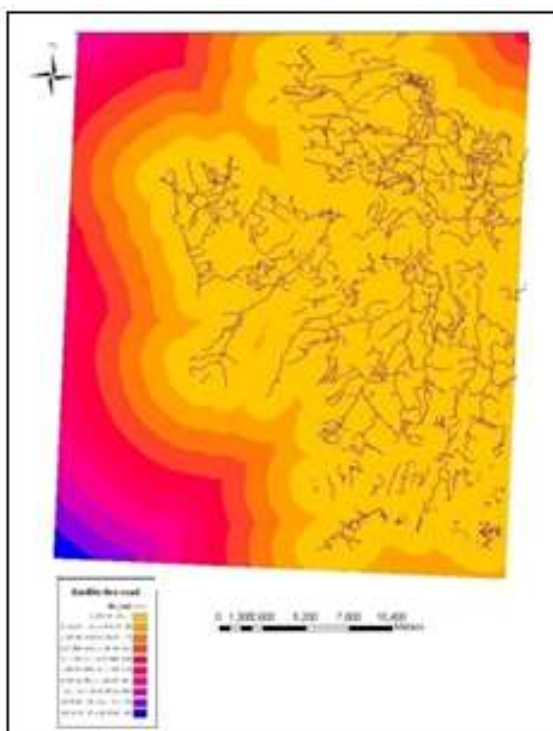


الشكل (13). شريحة البعد عن أبراج المراقبة الحالية.

2. إنشاء شريحة البعد عن خطوط النار: كذلك قمنا بحساب المسافة الإقليدية [4] عن خطوط النار. من أجل بناء البرج، بشرط أن يقع على خط النار في الغابة لسهولة شق طريق إلى موقع البرج الجديد، وبالتالي التقليل من الكلفة الاقتصادية. فبعد إجراء الخطوة المبينة في الشكل (14) تنتج لدينا شريحة البعد عن خطوط النار EcuDist_fire_road التي تظهر في واجهة الـ arcMap كما في الشكل (15).



الشكل (14). كيفية تشكيل شريحة البعد عن خطوط النار ضمن الموديل.



الشكل(15). شريحة البعد عن خطوط النار

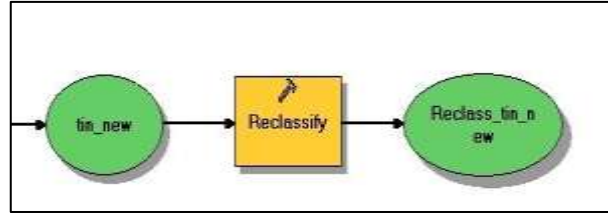
3. إعادة تصنيف مجموعات البيانات المشتقة:

قمنا بإعادة تصنيف البيانات المشتقة لتصبح قيم كل صنف من الصفوف تقابل قيماً صحيحة منفصلة وهذا يفيدنا في توزيع (تنقيح) القيم لكل من مجموعات البيانات ثم توحيدهما في الوقت نفسه باستخدام Weighted Overlay [4]، حيث سيتم إعادة تصنيف كل من:

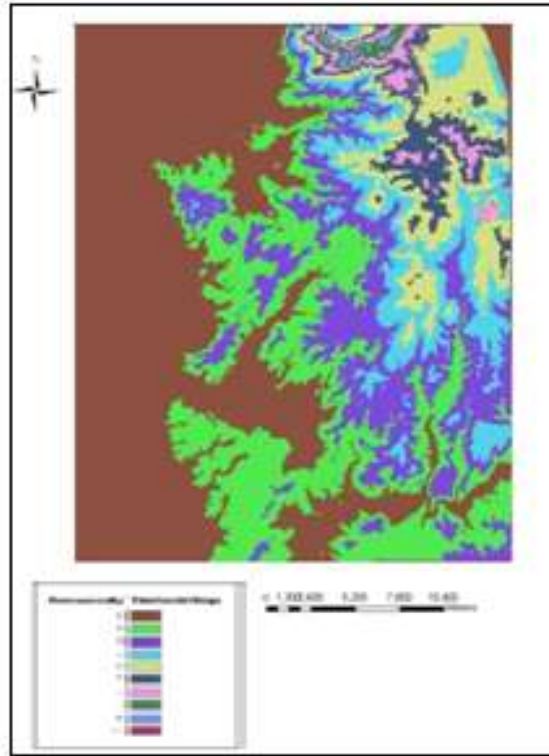
- مصفوفة الارتفاعات الناتجة.
- مصفوفة المسافة عن أبراج المراقبة.
- مصفوفة المسافة عن خطوط النار.

إعادة تصنيف مصفوفة الارتفاعات:

تم إعادة تصنيف مصفوفة الارتفاعات الناتجة باستخدام طريقة التصنيف وفق فواصل متساوية [4]، بحيث ستعطى القيمة 10 لمجال الارتفاعات الأعلى، والقيمة 1 لمجال الارتفاعات الأقل، وفق الخطوة المبينة في الشكل (16) فنتج لدينا مصفوفة الارتفاعات المصنفة باستخدام الموديل والتي تظهر في واجهة الـ arcMap كما في الشكل (17).

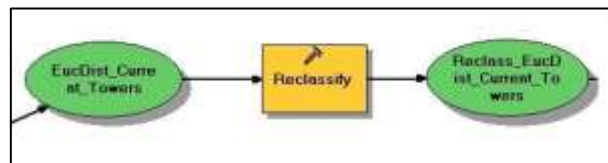


الشكل(16). كيفية تصنيف مصفوفة الارتفاعات باستخدام الموديل.



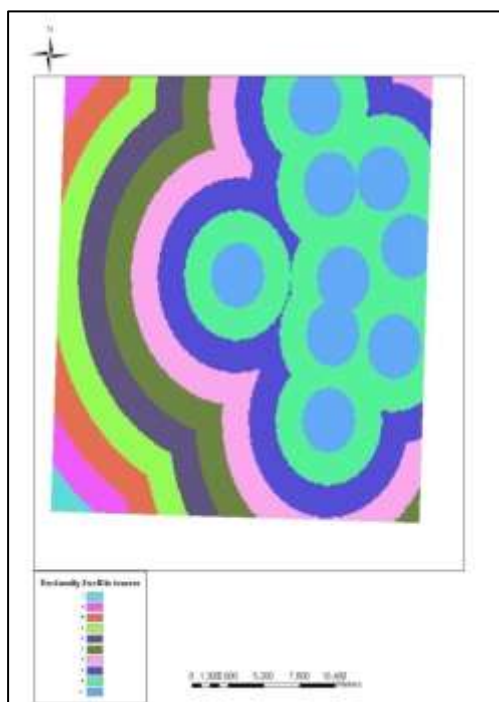
الشكل(17). مصفوفة الارتفاعات المصنفة باستخدام الموديل.

إعادة تصنيف مصفوفة المسافة عن أبراج المراقبة: قمنا بإعادة التصنيف باستخدام طريقة التصنيف السابقة نفسها وفق فواصل متساوية [4] وفق الخطوة المبينة في الشكل(18) إذ ستعطى القيمة 10 لمجال الأبراج الأقرب، والقيمة 1 لمجال الأبراج الأبعد.



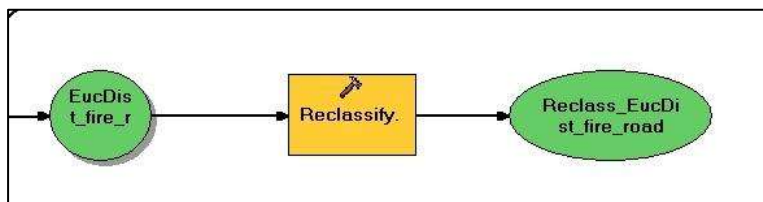
الشكل(18). كيفية تصنيف مصفوفة المسافة عن أبراج المراقبة باستخدام الموديل.

وتكون مصفوفة المسافة عن أبراج المراقبة باستخدام الموديل والتي تظهر في واجهة الـ arcMap كما في الشكل(19).



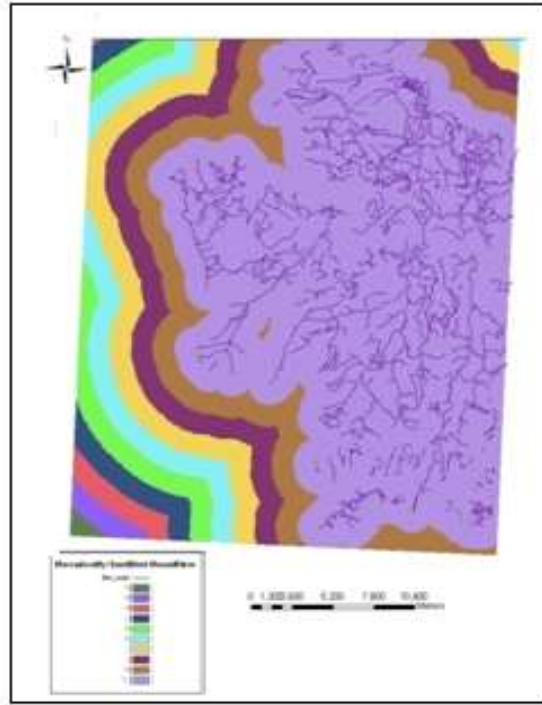
الشكل(19). مصفوفة المسافة عن أبراج المراقبة باستخدام الموديل.

إعادة تصنيف مصفوفة المسافة عن خطوط النار: نريد أن يكون البرج قريباً من خطوط النار في المنطقة. لذا سنقوم بإعادة التصنيف باستخدام طريقة التصنيف السابقة نفسها وفق فواصل متساوية [4] وفق الخطوة المبينة في الشكل(20)، بحيث ستعطي القيمة 10 لمجال خطوط النار الأقرب والقيمة 1 لمجال الخطوط الأبعد.



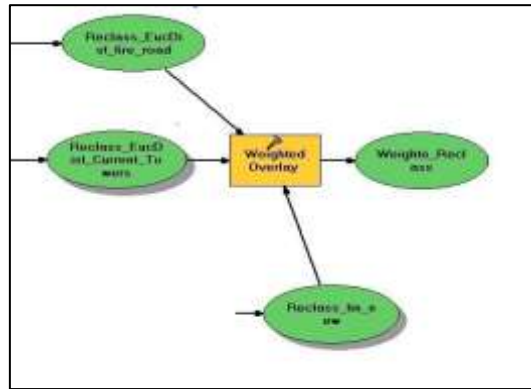
الشكل(20). كيفية تصنيف مصفوفة المسافة عن خطوط النار باستخدام الموديل.

وتكون مصفوفة المسافة عن خطوط النار باستخدام الموديل والتي تظهر في واجهة الـ arcMap كما في الشكل(21).



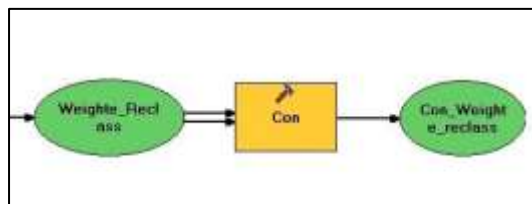
الشكل(21). مصفوفة المسافة عن خطوط النار باستخدام الموديل.

توزين البيانات: أصبحت الآن البيانات جاهزة لتوحيدها من أجل إيجاد الموقع المناسب, وقد كانت جميع البيانات متساوية بالأهمية مما أمكننا إعطاء كل منها التأثير نفسه. وقد قمنا بتوزين جميع المدخلات وفق الموديل كما يبينه الشكل (22).



الشكل(22). توزين مجموعات البيانات المدخلة باستخدام الموديل.

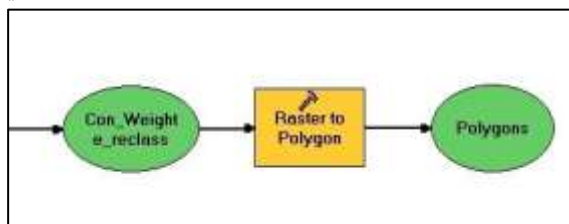
استبعاد المساحات غير المفيدة: قمنا باستخدام التعبير الشرطي في أداة Con من أجل الحصول فقط على المواقع المثلى بوصفها خطوة تضاف إلى مخطط الموديل كما في الشكل(23). وبالتالي نستنتج كامل المساحات ما عدا تلك التي هي الأكثر ملاءمة لبناء الأبراج.



الشكل(23). استخدام أداة Con من أجل الحصول على المواقع المثلى فقط.

تحويل الصورة الناتجة إلى Feature Class ضمن قاعدة البيانات:

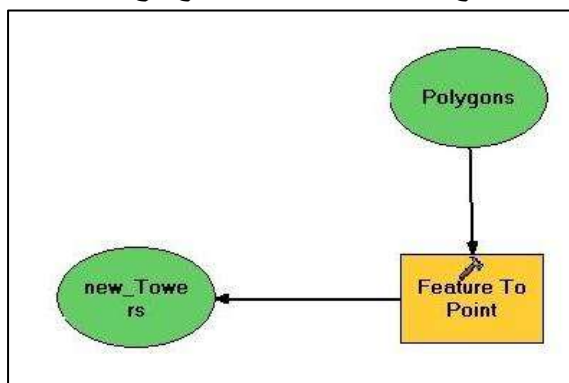
تم تحويل الصورة الناتجة إلى Feature Class ضمن قاعدة البيانات وذلك لتحويل المساحات المقترحة إلى مضلعات. وقد تمت عملية تحويل الصورة إلى Feature Class وفق الخطوة المبينة في الشكل(24) ضمن الموديل.



الشكل(24). تحويل الصورة الناتجة إلى Feature Class.

تحديد المركز لكل مضلع إنسيكون هو الموقع الأفضل للبرج:

تم تحديد مركز كل مضلع ليكون هذا المركز هو موقع برج المراقبة المقترح وفق الشكل (25).



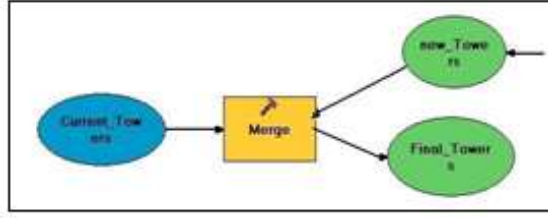
الشكل(25). تحديد المركز لكل مضلع.

دمج شريحة أبراج المراقبة الحالية مع شريحة الأبراج الجديدة لنشكل شريحة جديدة لأبراج المراقبة الأفضل

في المنطقة المدروسة:

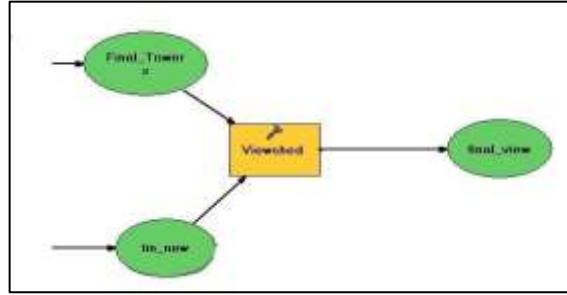
بعد حذف موقعي البرجين (النبعين والزيتونة) تم دمج شريحة أبراج المراقبة الحالية مع البرجين الجديدين اللذين

تم اقتراح موقعهما بناء على التحليل السابق. كما في الشكل(26).



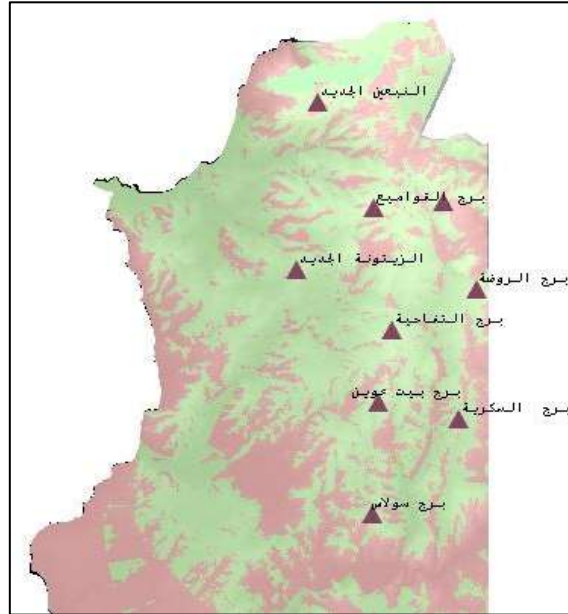
الشكل(26).عملية دمج شريحة أبراج المراقبة الحالية مع شريحة الأبراج الجديدة.

تحليل الرؤية للنموذج الارتفاعي الرقمي الناتج من أبراج المراقبة النهائية:
تم تحليل الرؤية للمنطقة المدروسة من أبراج المراقبة النهائية المختارة، نتيجة للبحث كما في الشكل(27).



الشكل(27). تحليل الرؤية للنموذج الارتفاعي الرقمي الناتج من أبراج المراقبة النهائية.

ويبين الشكل رقم(28) الـfinal-view الناتج الذي يوضح الخلايا المرئية وغير المرئية من أبراج المراقبة النهائية.



الشكل(28).مخطط الخلايا المرئية وغير المرئية بالنسبة لأبراج المراقبة النهائية.

حساب المساحات المرئية:

بعد تحديد مناطق الرؤية، وإظهار مخطط المناطق المرئية وغير المرئية من أبراج المراقبة الحالية والنهائية. يمكن الاستفادة من عدد الخلايا في حساب المساحة المرئية من المنطقة المدروسة التي تحققها الأبراج. كما يبين الجدول (2).

إذ نوضح في هذا الجدول المساحة المرئية من الغابات في الوضع الحالي لأبراج مراقبة حرائق الغابات، والمساحة المرئية فيما لو تم اختيار توضع الأبراج بالشكل المقترح.

الجدول (2). المساحات المرئية من المنطقة المدروسة في الأوضاع المختلفة لأبراج المراقبة.

المساحة المرئية (km ²)	وضع الأبراج
165.746	وضع الأبراج الحالي
383,487	وضع الأبراج الجديد

وضع بارامترات الموديل:

بعد إتمام النموذج الخاص بإيجاد المواقع المناسبة لأبراج مراقبة حرائق الغابات بالمنطقة المدروسة، قمنا بوضع متغيرات كبارامترات للنموذج ضمن صندوق حوار هذا الموديل، بحيث يستطيع جميع مستخدمي هذا الموديل تطبيقه على مساحات مختلفة باستخدام بيانات إدخال خاصة بمنطقتهم دون الحاجة إلى معرفة كثير من المعلومات حول واقع عمل الموديل.

النتائج والمناقشة:

نلاحظ زيادة مساحة القطاع المرئي من الغابة في المنطقة المدروسة بعد استبدال موقع برج المراقبة (النبعين، والزيتونة). مما يدل على أن الاختيار الجديد للأبراج أعطى فعالية جيدة. تم باستخدام برنامج ARC GIS 9.2 تعيين إحداثيات مواقع الأبراج الجديدة لمراقبة حرائق الغابات وهي مبينة في الجدول (3).

الجدول (3). إحداثيات الأبراج الجديدة لمراقبة الغابات.

الأبراج الجديدة	X (m)	Y(m)
النبعين الجديد	222327.65	3967658.09
الزيتونة الجديد	223517.01	3977046.25

بعد دمج مراحل بناء الموديل الخاص بإيجاد ودراسة المواقع المناسبة لأبراج مراقبة حرائق الغابات، يكون الموديل الناتج كما هو مبين في الشكل (29).

المراجع

1. Joksic, D. Bajat, B. Probability Maps as Measure of Reliability for Intervisibility analysis. *Spatium Journal*, 2005, 22-27.
2. Garcia, M. Viewshed Analysis for Improving the Effectiveness of Watchtowers in the North of Mexico. 2010, 126-251.
3. Mark, A and Denis, J. An Accuracy Assessment of Various GIS-Based Viewshed Delineation Techniques. 2001, 293-298.
4. Using ArcGIS Spatial Analyst. GIS by ESRI. 2002, 238.
5. Using Viewshed and Observer Points for visibility analysis. 14.06.2012.
<<http://resources.arcgis.com/content/arcgisdesktop/10.0/about>>
6. Temiz, N. Geographical Information Systems As a Decision support System in Forest Management. *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 2009, 213-223.