مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (3) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (3) 2017

# إمكانيات أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر (GIS_FOSS) تطبيق في تحليل اختيار الموقع الأمثل لمشروع عمراني

**د. فادي عز الدين شعبان***

**د. حنان كامل درويش****

**(تاريخ الإيداع 13 / 2 / 2017. قُبِل للنشر في 11/ 5 / 2017)**

## □ ملخّص □

تعتبر البرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر (FOSS) من البرامج الحاسوبية التي يمكن فيها الوصول إلى الأكواد المصدرية، استخدامها بحرية، تغييرها، وتوزيعها من قبل أي شخص. وهي من إنتاج العديد من الأشخاص أو المنظمات وموزعة بموجب تراخيص تتوافق مع تعريف المصدر المفتوح. بدأت هذه البرمجيات مؤخراً بلعب دور حيوي وهام في المجال الأكاديمي والبحث العملي، كما في المجال المهني. وقد شهد مجال نظم المعلومات الجغرافية GIS في العقود القليلة الماضية معدل نمو مرتفع للغاية وشمل هذا التطور مختلف برمجيات الـ GIS التجارية ومفتوحة المصدر.

يهدف هذا البحث إلى إظهار الإمكانيات الكبيرة لبرامج أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر(GIS_FOSS)، والتحفيز على اعتمادها في الدول النامية كوسيلة للحد من تكاليف الترخيص وتعزيز التنمية التكنولوجية المحلية عن طريق الحصول على الشيفرة المصدرية لهذه الأنظمة وتطويرها. سيتم ذلك عن طريق تطبيق حالة دراسية، حاولنا من خلالها تسليط الضوء على أهم مزايا هذه البرمجيات، مثل سهولة التنفيذ والاستخدام الجيد، القدرة على تحليل وعرض البيانات المكانية والأداء الوظيفي المضاهي للبرمجيات التجارية، وإنتاج الخرائط الاحترافية. شملت الحالة الدراسية استخدام منهجية الملاءمة المكانية والتي تعتبر من المهام الأساسية التي تقوم بها أنظمة المعلومات الجغرافية. تم تطبيق المنهجية لاختيار أفضل موقع لبناء مشروع عمراني في منطقة الشيخ بدر بمحافظة طرطوس، وذلك باقتراح مجموعة من المعايير والشروط العامة. حيث يمكن تجنب التوسع العشوائي وتجنب استعمال الأراضي غير المنتظم أثناء اختيار مواقع جديدة للمشاريع العمرانية. تم استخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية QGIS الحر ومفتوح المصدر كبرنامج رئيسي، بالإضافة إلى استخدام خوارزميات وأدوات برنامجي GRASS و SAGA .

**الكلمات المفتاحية:**أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر، التحليل المكاني،QGIS، اختيار الموقع الأمثل، منطقة الشيخ بدر

* مدرس – قسم الهندسة الطبوغرافية–كلية الهندسة المدنية –جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

** مدرس – قسم الهندسة الطبوغرافية–كلية الهندسة المدنية –جامعة البعث– حمص –سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (3) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (3) 2017

# Potential of Free and Open Source Geographic Information Systems (FOSS_GIS)

## Applications in Optimal Site Selection Analysis of Urban Project

**Dr. Fadi Chaaban***
**Dr. Hanan Darwishe****

**(Received 13 / 2 / 2017. Accepted 11 / 5 / 2017)**

## □ ABSTRACT □

Free and Open Source software (FOSS) is one of computer software, which source codecan be accessed, freely used, modify, and distribute by anyone. Itis produced by many of people or organizations, and distributed under licenses that comply with the open source definition.This software has recently begun to play an important role in the academic and scientific researchfield, as in the professional field.In the past few decades,Geographic Information Systems (GIS) has seen very high growth rate, and this development included each of commercial and open source GISsoftware.

This research aims to show the great potential of Free and Open Source Geographic Information Systems (FOSS_GIS), and motivating to adopt it in developing countries, as a means to reduce licensing costs, promote local technological development through access to the source code and developing these systems.A case study istaken, in which we have tried to highlight the most important advantages of this software (i.e. FOSS_GIS), such as ease of implementation and good use, the ability to analyze and display of spatial data,professional maps production,and functionality emulator to commercialGIS software. The case study included themethodology ofspatial suitability analysis, which is one of the main tasks of GIS;this methodologyhas been applied to choose the optimal site of urban projectin Sheikh Badr area (TartousGovernorate) by proposing a set of general conditions. Using optimal site selection analysis of urban projecthelps toavoidthe indiscriminate expansion and the irregularland-use. Thefree and open sourcesoftwareQGISwas used in this research, as well asthe algorithms and tools of GRASS and SAGAsoftwares.

**Key Words:** FOSS_GIS, spatial analysis, QGIS, optimal site selection, Sheikh Bader area

**مقدمة:**

منذ أن ظهرت أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS :Geographic Information Systems) عام 1962 في كندا، بدأت العديد من الشركات بتطوير برامج GIS التجارية والاحتكارية. من أهم هذه الشركات معهد أبحاث النظم

*Assistant Professor, Department of Topographical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Assistant Professor, Department of Topographical Engineering, Faculty of Civil Engineering,Al-Baath University, Homs, Syria.

البيئية ESRI (Environmental Systems Research Institute) التي تنتج البرنامج الشهير ArcGIS [1]. غير أنه بعد إطلاق فكرة البرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر والمعروفة اختصاراً بـ FOSS ( Free and Open Source Software)، ظهرت برامج GIS الحرة ومفتوحة المصدر FOSS_GIS [2]. يمكننا تعريف البرمجيات الحرة بشكل عام بأنها البرمجيات التي تحترم حرية المستخدمين والمجتمع. حيث يملك المستخدمون الحرية في تشغيل ونسخ وتوزيع ودراسة وتعديل وتحسين البرمجيات حسب حاجتهم، ويتحكمون بما يفعله البرنامج لهم [3][1].

ويصنف أي برنامج على أنه من البرمجيات الحرة إذا كان لمستخدمي البرنامج الحريات الأربع الأساسية التالية:

- الحرية لتشغيل البرنامج لأي غرض.
- حرية دراسة كيفية عمل البرنامج، وتغييره وهذا يتطلب شرط الوصول إلى الشيفرة المصدرية (كما في برنامج QGIS).
- حرية إعادة توزيع نسخ للمساهمة في مساعدة الآخرين.
- حرية توزيع نسخ من الإصدارات المعدَّلة للآخرين.

شهدت الـFOSS تطوراً كبيراً خلال السنوات القليلة الماضية. حيث تتوافر مجموعة متنوعة وكبيرة من هذه البرمجيات وتغطي مجالات متعددة من التطبيقات، انطلاقاً من البرامج البسيطة لمعالجة النصوص (مثل OpenOffice.org)، ومتصفحات الويب (مثلMozilla Firefox )، وانتهاءً بالبرامج المتطورة كبرامج الرسم (مثل Inkscape)، وبرامج التطبيقات العلمية (مثل R Project)[3].

شمل تطور الـ FOSS أيضاً مجال نظم المعلومات الجغرافية،حيث نلاحظ تزايد كبير في استخدامهاوعلى نطاق واسع، ويمكن قياس هذا الارتفاع في شعبية أدوات FOSS_GIS باستخدام عدة مؤشرات[4]:المؤشر الأول هو العدد الكبير من المشاريع التي بدأت في الأعوام القليلة الماضية، على سبيل المثال، يحتوي الموقع FreeGIS.orgضمن قائمة مشاريع البرمجيات على356برنامجاًمن النوع FOSS_GIS.أما بالنسبة للمؤشر الثاني فيتمثل بالدعم المالي المتزايد من قبل المنظمات الحكومية لتأسيس مشاريعFOSS_GIS (تشير الإحصائيات على أن التمويل الحكومي يدعم ما لا يقل عن 4 من أصل 10 مشاريع).المؤشر الثالث هو معدلات تحميل الـ FOSS_GIS، فعلى سبيل المثال تم زيادة متوسط التحميل للبرنامج SAGA GIS من 700إلى 1300مرة في الشهر ما بين عامي 2005 و2008. المؤشر الرابع والأخير هو العدد المتزايد من حالات استخدام الـFOSS_GIS، كتلك التي وثقها الباحث[5]في استخدامات قاعدة البيانات الجغرافية (PostGIS).

يضاف إلى كل ماسبق من هذا التوجه الكبير نحوالـ FOSS، العددالكبير للمنشورات البحثية التياستخدمت برمجيات، مكتبات، وأدوات مفتوحة المصدر (انظر على سبيل المثال[6][7])، بالإضافة إلى العدد المتزايد من الأوراق البحثية المنشورة والتي تتضمن مجموعة من البرامج والخوارزميات المطورة ضمن إطار مشاريع بحثية تحت تراخيص مفتوحة المصدر[8][9][11][10].

يعتبر المؤتمر الدولي للبرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر للتطبيقات الجيومكانية (FOSS4G) (Free andOpen Source Software For Geospatial Applications) حدث عالمي سنوي متكرر تستضيفه مؤسسة OSGeo(Open Source Geospatial)منذ إنشائها في عام 2006،ويشجع المؤتمر على البرمجيات الجيومكانية مفتوحة المصدر وتطويرها، ويشكل فرصة هامة لتبادل الخبرات ونشر الأبحاث.

يجب أن ننوه إلى أمرين أساسيين: الأول بأنه لا يوجد اختلاف وحيد فقط بين البرامج مفتوحة المصدر وتلك الاحتكارية بأن الأولى مجانية والأخرى مدفوعة، فهذا غير صحيح على الإطلاق،بل تستند كل منهما على فلسفات ومنهجيات مختلفة. فالبرمجيات مفتوحة المصدر هي بحكم تعريفها تقريباً، أكثر مرونة ولكنها تتطلب المزيد من الجهد للاستخدام، في حين أن العكس صحيح بالنسبة للبرمجيات الاحتكارية بشكل عام. والأمر الثاني الذي يجب معرفته هو أن جميع البرامج مفتوحة المصدر حتى لوكانت مجانية ومتاحة إلا أنها تتطلب أن تكون مرخصة، وإجراءات تنفيذ "رخص للبرمجيات الحرة" ضروري لحماية الحقوق القانونية لمستخدميها وضمان الحريات للبرنامج. وهناك العديد من المنظمات التي يمكن أن توفر قوالب رخص حرة للبرمجيات، مثل الترخيص من نوعGPL ( General Public License)، أو الترخيص من نوعLGPL (Lesser General Public License)،والترخيص من نوع (BSD) (Berkeley Software Distribution)[12].وقد قام الباحثان [4] في عام 2009 بدراسة مرجعية لكافة برامج FOSS_GIS ضمن قائمة وتصنيفها من حيث اسم البرنامج وسنة إنجازه، الجهة المطورة له، التطبيقات الممكن استخدامه فيها، اللغة البرمجية وبيئة تطويره، وتحت أي رخصة يعمل.

كما ذكرنا سابقاً، فإن الهدف الأساسي من هذا البحث هو اختبار إمكانيات الـFOSS_GIS. فقد درس عدد من الباحثين إمكانيات هذه البرمجيات في تطبيقات مختلفة، فعلى سبيل المثال، ناقش[13] إمكانيات البرمجيات مفتوحة المصدر لإنشاء قواعد البيانات المكانية للبنى التحتية، وخلص الباحثون إلى أن هذه البرمجيات توفر إمكانيات كبيرة في مجال إنشاء وبناء قواعد البيانات للبنى التحتية وجعل هذه القواعد في متناول من المنظمات ذات الموارد المحدودة.كما درس[14] إمكانية استخدام FOSS_GISالمكتبية وغيرها من التطبيقات، كأنظمة إدارة قواعد البيانات المكانية (spatial database management systems)، خوادم أنظمة المعلومات الجغرافية (server GIS)، مواقع الويب للخرائط (web map servers)، و أدوات تطوير خرائط الويب ( web map development toolkits) في إنشاء قواعد بيانات مكانية للبنى التحتية، وقد استنتج الباحثان أن هذه الإمكانية متوفرة ومتاحة بالنسبة لجميع أنواع البرمجيات الحرة، ممايتيح بناء قواعد بيانات مكانية للبنى التحتية بميزانية مالية محدودة، ويسمح بتوزيع هيكلية هذه القواعد دون قيود قانونية. كما استنتجا أن الحلول الحرة ومفتوحة المصدر تدعم التوافق بين مجموعة واسعة من المكونات المكانية.

كما قام الباحثان[1] بنشر بحث كدليل عن أهم برمجيات FOSS_GISلتسهيل عمليات البحث فيها، تطويرها، واعتمادها. حيث ناقشا استخدام أنواع مختلفة من برمجياتFOSS_GIS،على سبيل المثال، نظم المعلومات الجغرافية المكتبية، برامج الاستشعار عن بعد، خوادم نظم المعلومات الجغرافية وغيرها من المشاريع الكبرى لكل فئة البرمجيات.

ناقش أيضاً الباحثون[15] استخدام الأدوات الجيومكانية لـFOSS_GISالخاصة بنمذجة وإدارة المشكلات البيئية.حيث قاموا بدراسة أربع حالات دراسية مختلفة (منهجيات) وبينوا خلالها كيفية عمل الـ FOSS_GIS في تنفيذ المهام و إنجازها داخل هذه المنهجيات. وقد استنتجوا بأن العوائق الأساسية من عدم اعتماد الـ FOSS_GIS في النمذجة البيئية تأتي بشكل عام من عدم إعطاء الأهمية الجيومكانية اللازمة لهذا المجال، وبعض العقبات التقنية، وانخفاض مستوى الإظهار.

كما قام[16] بتقييم برمجيات FOSS_GISلإدارة الموارد المائية في البلدان النامية.

في هذه الورقة البحثية سيتم التركيز على دراسة إمكانيات الـ FOSS_GIS فيتحليل اختيار الموقع الأمثل (Site selection)، والذي يسمى أيضا تحليل الملاءمة (suitability analysis)،ويعتبر هذا التحليل من المهام الأساسية التي تقوم بها أنظمة المعلومات الجغرافية،ويمكننا تعريفهعلى أنه نوع من التحليلات التي تستخدم في تحديد أفضل موقع لشيء ما. المواقع المحتملة المستخدمة في هذا النوع من التحليلات من الممكن أن تكون عبارة عن المواقع المناسبة لإقامة منشأة مثل مخزن، متجر، مركز تسوق، منشأة سياحية أو مرافق عامة مثل مستشفى، مدرسة، سد أو أي مشروع خدمي آخر. كما يمكن أن تستخدم أيضاً في اختيار وتحديد الموطن المثالي لأنواع نباتية أو حيوانية محددة. عند إجراء تحليل اختيار الموقع الأمثل في GIS يجب وضع مجموعة من المعايير المختلفة بحيث يمكن تصنيف أفضل أو أمثل موقع بناءً على هذه المعايير. سنعتمد في بحثنا على تنفيذ تحليل اختيار الموقع الأمثل لبناء مشروع عمراني ضمن الـ FOSS_GIS اعتماداً على مجموعة من الشروط والمعايير والتي سنتحدث عنها لاحقاً بالتفصيل.

## أهمية البحث وأهدافه:

تبرز أهمية البحث في:

- تقديم أهم إمكانيات FOSS_GIS(البرنامج QGIS).
- إمكانية استخدام FOSS_GISفي تحليل الملائمة المكانية وإيجاد أفضل موقع بحيث يحقق مجموعة من الشروط والمعايير.
- تطبيق المنهجية المستخدمة لإيجاد مواقع مكانية تحقق شروط أخرى.
- إنتاج الخرائط باستخدام هذه الأنظمة.
- الاستفادة من النتائج في عملية التخطيط المستقبلية وتنظيم الحركة العمرانية.

ويتجسد هدف البحث الأساسي في:

التعريف ببرمجيات FOSS_GISوإظهار إمكانياتها القوية، والتحفيز على استخدامها في المشاريع المختلفة، كما في البحث العلمي والتدريس، وزيادة استخدامها في مشاريع البحث وتطوير خوارزميات نظم المعلومات الجغرافية.وسيتم ذلك من خلال عرض إمكانيات البرنامج QGISفي أجل إيجاد أفضل موقع لبناء مشروع عمراني في منطقة الشيخ بدر بمحافظة طرطوس،حيث سيتم أيضا استخدام خوارزميات برنامجي GRASS و SAGA،والتي يمكن الوصول إليها من خلال برنامج QGIS، من خلال عدة نقاط:

- حساب الانحدار واتجاه الانحدار والغطاء النباتي
- الاعتماد على جبر الخرائط لإيجاد المواقع المناسبة

## طرائق البحث ومواده:

### ●برامج الـ FOSS_GIS والبرنامج QGIS

تم تطوير مجموعة من برامج الـ GIS_FOSS ، ففي عام 1978 تم تطوير البرنامج Overlay and Map Statistical System (MOSS) من قبل وزارة الداخلية الأمريكية. ومنذ عام 1982 تم تطوير البرنامج GRASS GIS أو اختصاراً GRASS (Analysis Support System Geographic Resources) ومازال مستمر حتى

اليوم بنسخته المستقرة 7.2.0[17] وهو من البرامج القوية والمستخدمة في إدارة البيانات المكانية و تحليلها، معالجة الصور والرسومات، إنتاج الخرائط، النمذجة المكانية والإظهار. يستخدم GRASS حالياً في جميع أنحاء العالم أكاديمياً وتجارياً، وكما يتم استخدامه من قبل العديد من الوكالات الحكومية وشركات الاستشارات البيئية.

وعلى مدى العقد الماضي تأسس عدداً من مشاريع البرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر التي تركز على تطوير عدة أنواع من البرمجيات لجمع البيانات الجغرافية وتخزينها وتحليلها وإظهارها [1]. ففي عام 2004 صدرت أول نسخة مستقرة من برنامج SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses)، وقد تم تصميمه لتنفيذ خوارزميات مكانية بشكل سهل وفعال. كما يقدم مجموعة شاملة من الطرق المتبعة لحل المشاكل المتعلقة بعلوم الأرض[18].

عام 2002 بدأ Gary Sherman بتطوير برنامج QGIS ليظهر بأول نسخة مستقرة منه عام 2009، وآخر نسخة صادرة منه هي QGIS 2.18 في تشرين الأول من عام 2016 [19].

وهناك معايير أساسية يجب توفرها في أي نظام المعلومات الجغرافية لتحقيق الجدوى من استخدامه في الدراسات التطبيقية[20]:

- توفر إمكانيات إدخال المعلومات بواسطة مرقم الخرائط، الماسح الضوئي، ونظام تحديد المواقع العالمي، لوحة المفاتيح والفأرة.
- توفر إمكانيات تعديل البيانات المكانية والوصفية.
- توفر إمكانيات التحويل بين أنظمة الاحداثيات المختلفة الجغرافية والمستوية العالمية والمحلية.
- إمكانيات التحليل المكاني للبيانات الشعاعية والمصفوفية.
- إمكانيات الإخراج الكارتوغرفي للخرائط ومخرجات الدراسة.

بحيث تسمح هذه الإمكانيات المعروضة سابقاً بتنفيذ مجموعة من الخطوات الواجب اتباعها عند تصميم ودراسة أي تطبيق من تطبيقات الـ GIS [20] والتي تتلخص بما يلي:

- تحديد المتطلبات المختلفة لموضوع الدراسة.
- تجميع وتحليل وتخزين وتنقيح البيانات التي تخدم الدراسة وبناء قاعدة بيانات مكانية.
- تحليل البيانات واجراء العمليات الضرورية والخوارزميات.
- إظهار مخرجات الدراسة من خرائط وجداول ومخططات وتحليلها ومناقشتها وتقييمها.

وسنبين فيما يلي ومن خلال (الجدول 1) ملخص عن أهم ميزات وخصائص وإمكانيات برنامج QGIS الحر ومفتوح المصدر والتي من خلالها سنتعرف على إمكانيات هذا البرنامج وتوفر المعايير الأساسية فيه لاعتماده كبرنامج نظام معلومات جغرافية متكامل[19].

**الجدول1: ميزات وخصائص وإمكانيات برنامج QGISالحر ومفتوح المصدر**

| |
|---|
| نوع وصيغ البيانات المستخدمة<br>يستخدم QGIS المكتبة GDAL/OGR لقراءة وكتابة صيغ بيانات GIS، و يدعمQGIS عدد كبير من صيغ البيانات الشعاعية والمصفوفية:<br>1- البيانات الشعاعية: يدعم أكثر من 69 صيغة خاصة بالبيانات الشعاعية وتتضمنESRI shapefiles ، MapInfo،MicroStation ، AutoCAD DXF, PostGIS، SpatiaLite، PostgreSQL ، بياناتGRASS الشعاعية ،وقواعد البيانات المكانية Oracle و MSSQL...الخ.<br>2- البيانات المصفوفية: يدعم أكثر من 100 صيغة خاصة بالبيانات المصفوفية منها على سبيل المثال: ArcInfo Binary Grid ، ArcInfo ASCII Grid، GeoTIFF، ERDAS IMAGINE، GRASS ....الخ. |
| طريقة إضافة البيانات<br>يوجد عدة أيقونات لإضافة البيانات وكل أيقونة مختصة بإضافة نوع محدد من البيانات. فمثلا يوجد أيقونة خاصة لإضافة البيانات الشعاعية وأخرى لإضافة البيانات المصفوفية وأخرى لإضافة بيانات جدولية ...وهكذا. |
| استعراض البيانات<br>يتم استعراض وإدارة وإنشاء البيانات بواسطة تطبيق منفصل (QGIS Browser) |
| أنظمة الإحداثيات والإسقاطات<br>يوجد عدد كبير من أنظمة الإحداثيات والإسقاطات المحلية والعالمية مع سهولة الاستخدام والتعامل |
| تحميل بيانات GIS للعالم الحقيقي<br>يتم استخدام البرنامج المساعد (الملحق) OpenLayers plugin لتحميل خرائط الأساس والخرائط العالمية الحرةمثل (طبقات الشوارع، صور فضائية...الخ). |
| إضافة ملحقات (plugins)<br>يمتلك القدرة على حل جميع مشاكل GISاليومية وذلك بفضل الملحقات (plugins)التي يمكن إضافتها إلى برنامج QGIS حيث يوجد أكثر من 300 ملحق |
| معالجة البيانات المصفوفية<br>يمتلك أيضاً أدوات لمعالجة البيانات المصفوفية مثل جبر الخرائط،اشتقاق السطوح والفلترة.... الخ |
| التعامل مع بيانات الاستشعار عن بعد<br>يقدمQGIS مجموعة متنوعة من أدوات الاستشعار عن بعد مثل الملحق (QGIS semi-automatic classification plugin) والذي يسمح لنا بتحميل ومعالجة وتصنيف مرئيات لاندسات (Landsat) ومرئيات (Sentinel2a).ويوفرصندوق أدوات Orfeo مجموعة من الأدوات لفلترة ومعالجة والتعامل مع البيانات المصفوفية. كما يحوي أدوات LASTools للتعامل مع بيانات الليدار (LiDAR) |
| تحليل الشبكات network analyst<br>يملك QGISبعض الملحقات الخاصة بتحليل الشبكات مثل Road Graph لحساب أقصر مسار كما يملك بعض الادوات مثل Location-allocation, New OD Cost Matrix |
| أتمتة منهجية العمل في المعالجة الجغرافية<br>تنجز بواسطة Graphical Modeler وباستخدام مكتبات متفرقة مثل PyQGIS أو GDAL |
| التصميم والترميز الكارتوغرافي<br>يوفر أدوات عديدة للترميز وإخراج خرائطي رائع |
| تصميم التسميات والحواشي (Labels&Annotations)<br>يوفر أدوات عديدة لتصميم ولتمثيل التسميات والحواشي |
| التمثيل ثلاثي الأبعاد D3<br>يتوفر الملحق Qgis2threejsللعمل مع البيانات في فضاء ثلاثي الأبعاد وإمكانية تصديرها إلى الشبكة العنكبوتية |

| |
|---|
| الخرائط على الشبكة العنكبوتية العالمية (ويب WEP)<br>يتم باستخدام QGIS Server والذي يزود خدمة الخرائط على الشبكة العنكبوتية(WMS) |
| الرسوم المتحركة والخرائط الموضوعية<br>متاحة باستخدام الملحق (TimeManager) بشرط وجود حقل في جدول البيانات خاص بالزمن<br>يوفر QGIS مجموعة من الخيارات لترميز ورسم الخرائط الموضوعية مثل: الألوان،الرموز المتدرجة،والرموز التناسبية والكثافة النقطية. كما يمكن ترميز البيانات الرقمية على شكل أقراص،أعمدة، رسوم بيانية ومخططات نصية. |
| إنشاء وتحرير البيانات والطوبولوجيا<br>يقدم QGIS مجموعة من الأدوات لإنشاء وتعديل الكائنات مثل إعادة الرسم، التقسيم والرسم الإستشفافي (بواسطة الملحقAutoTrace). كما أن الملحق CadTools يوفر 13 أدة متقدمة للتحرير والتعديل.<br>كما يقدم QGIS بضع قواعد طوبولوجية: "يجب أن يحتوي على"، "يجب أن لا يكون مكرر"،"يجب أن لا يحوي فجوات"، "يجب أن لا تكون البنية الهندسية غير صالحة"، "يجب أن لا يكون متعدد الأجزاء"،" يجب ألا تتداخل "و" يجب ألا تتداخل مع ". ويمكن التحقق من صحة البنية الهندسية للبيانات على أساس هذه القواعد |
| عناوين الترميز الجغرافي<br>يتم باستخدام كل من الملحقين GeoCode&MMQGIS |
| تغيير البنية الهندسية للكائنات<br>يملك أدوات عديدة للتعميم أو تغير البنية الهندسية للبيانات سواء تلك المتوفرة في أدوات المعالجة الجغرافية أو الملحق Generalizer |

**•النموذج التصوري لمنهجية التحليل المكاني في اختيار الموقع الأمثلي**

تعتبر وظائف تراكب الطبقات (Overlay) في GIS من أهم المهام التي تقوم بها هذه الأنظمة، وغالباً ما يتم دمج مجموعة من البيانات المختلفة المخزنة في طبقات لتوليد طبقات جديدة تحتوي على معلومات مفيدة لصانعي القرار، وقد تم استخدام هذه التقنية ضمن برامج GIS لحل مجموعة كبيرة من المشكلات المكانية وباستخدام تقنيات مختلفة. **عادةً ما يتم استخدام المنطق الكلاسيكي في هكذا نوع من التحليلات** ضمن الـ GIS، حيث يتم استخدام إما نماذج الإمكانية الثنائية وفي هذه الحالة يتم تعيين درجة انتماء كل عنصر من عناصر مجموعات البيانات الموافقة للمعايير المطلوب تحقيقها بحيث تأخذ قيمة إما الصفر أو الواحد، فالصفر يدل على عدم تحقيق الشرط وعدم انتماء العنصر للمجموعة المطلوبة أو يعبر عن موقع غير مناسب بينما القيمة واحد تدل على انتماء كامل للمجموعة وتحقيق كافة الشروط المطلوبة، أو يتم استخدام نماذج التراكب الموزون والتي سيتم اعتمادها في بحثنا وسنتحدث عنها بالتفصيل لاحقاً . كما يمكن الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي (المنطق الضبابي) والتي تعتمد على تحويل كافة البيانات إلى مجموعات ضبابية ومن ثم إجراء عملية التراكب الضبابي[21].

سنقوم في هذا البحث بعرض منهجية لتطبيق تحليل اختيار الموقع الأمثل ضمن الـ FOSS_GIS، وذلك من أجل إيجاد المكان المثالي وفقاً لمجموعة من المعايير باستخدام جبر الخرائط. ومن ثم تطبيق المنهجية المقترحة على اختيار الموقع المثالي لبناء مشروع عمراني في منطقة الشيخ بدر (محافظة طرطوس)، وقد تم اعتماد الشروط والمعايير التالية في عملية الاختيار:

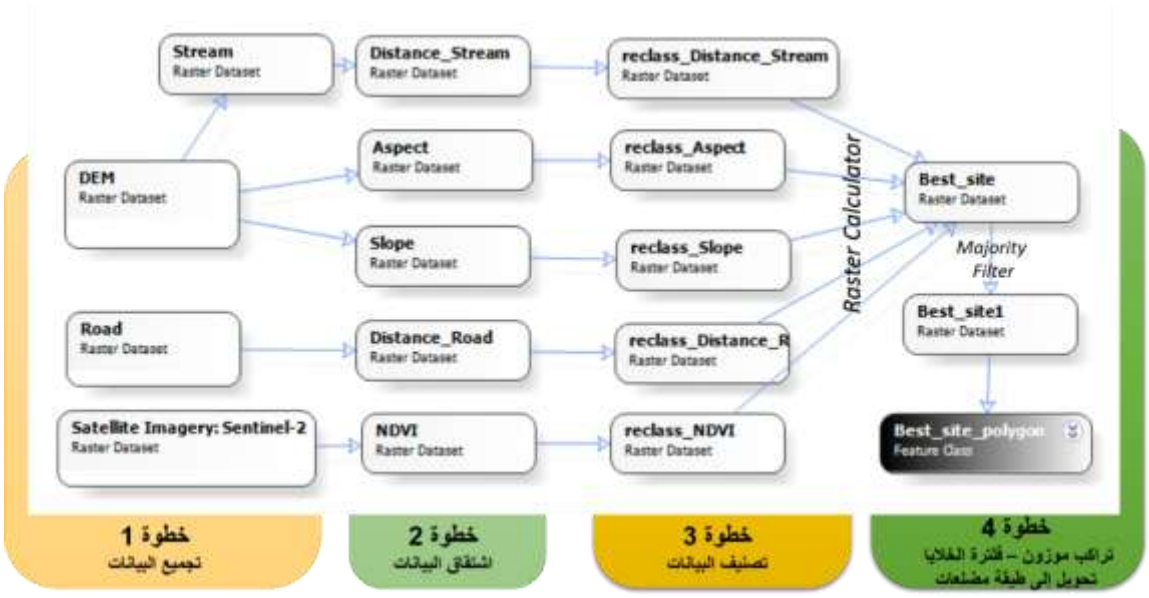
- ميل (Slope) أو انحدار مستوي أو قليل (بحيث لا تزيد التكلفة من أجل تسوية الأرض).
- اتجاه الانحدار (Aspect) مناسب، واجهة (جنوبية، جنوبية شرقية أو جنوبية غربية).
- قريب من طريق رئيسي.
- بعيد عن المسيلات المائية.
- يقع ضمن منطقة زراعية وغير مشغولة بأي نوع آخر من استعمالات الأراضي.

- مساحة لا تقل عن 4 هكتار (شرط اختياري حسب المساحة المطلوبة).

يبين (الشكل 1) المنهجية العامة المتبعة في اختيار الموقع الأمثلي ضمن بيئة GIS.

حيث تتألف المنهجية المعروضة من أربع خطوات أساسية:

- تجميع وتحضير طبقات البيانات وإدخالها ضمن برنامج نظام المعلومات الجغرافي.
- اشتقاق بيانات جديدة من البيانات الأصل.
- تصنيف البيانات حسب مقياس معين.
- تطبيق التراكب الموزون بين الطبقات المصنفة بالخطوة السابقة، ثم تطبيق مرشح الأغلبية ( Majority Filter) لاستبدال القيم الشاذة بالقيمة الغالبة في الخلايا المجاورة، وبعد ذلك يتم تحويل الطبقة الناتجة إلى طبقة بيانات شعاعية (نوع مضلع).




**الشكل 1:منهجية التحليل المكاني لاختيار الموقع الأمثلي ضمن بيئة GIS**

### 1.1 منطقة الدراسة

تقع منطقة الشيخ بدر شمال شرق مدينة طرطوس بحوالي 20 كم (خط نظر)، تمتد بين خطي الطول °35.9550، °36.256 شرقا، وخطي العرض °34.947، °35.092 شمالاً(الشكل 2). وهي إحدى مناطق محافظة طرطوس في الجمهورية العربية السورية.يبلغ عدد سكانها حوالي 53 ألف نسمة حسب إحصائيات عام 2004[22].

وتتميز منطقة الشيخ بدر بطبيعية جبلية خلابة ومناخ معتدل صيفياً وبارد شتاءً، وتشتهر الشيخ بدر بالعديد من المواقع الأثرية والسياحية والتاريخية المهمة. نشطت في الفترة الأخيرة حركة عمرانية متزايدة وبشكل غير مسبوق، وذلك نتيجة العدد المتزايد من السكان الوافدين إليها، والراغبين في الإقامة فيها.نتيجة هذا التوجه من التمددالعمرانيارتأينا ضرورة إظهار أهمية استخدام الإمكانيات الكبيرة لأنظمة المعلومات الجغرافية بشكل عام ولأنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر بشكل خاص في تحليل اختيار الموقع الأمثل لإقامة المشاريع العمرانية.

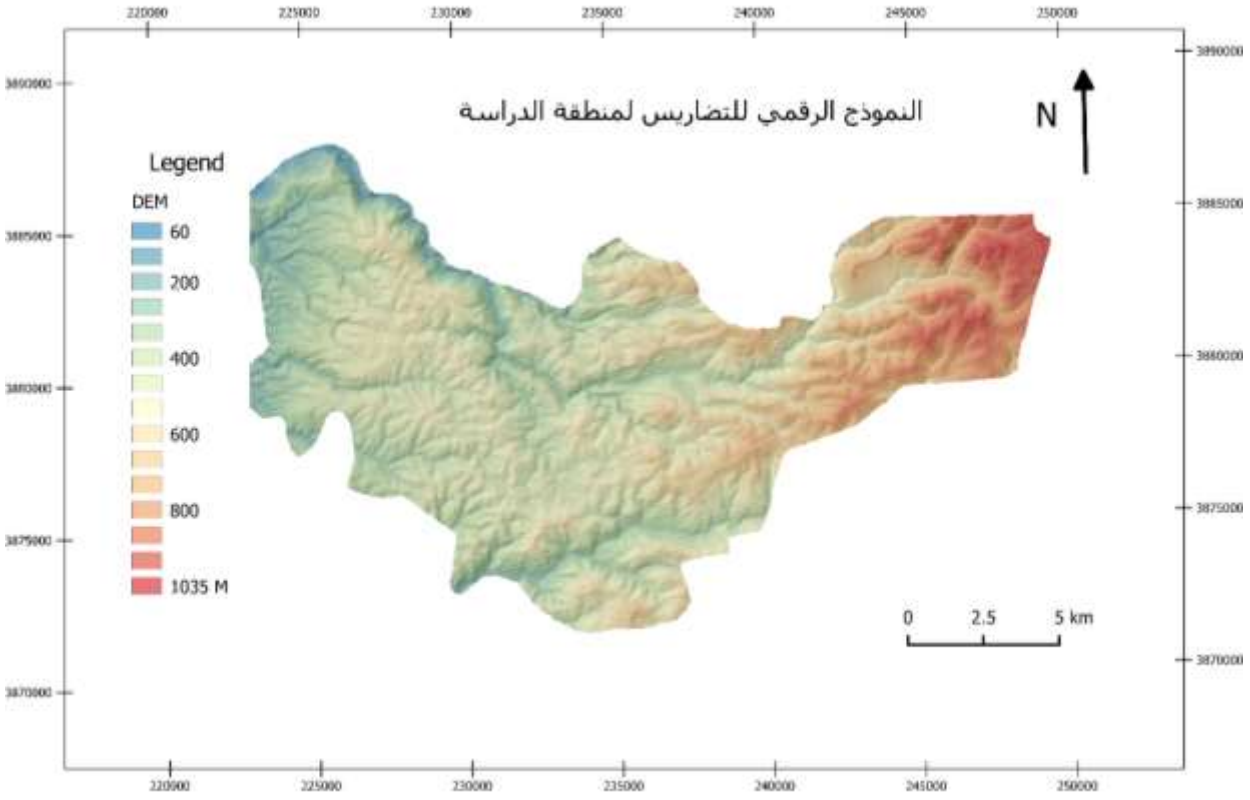
**الشكل 2: منطقة الدراسة (الشيخ بدر_ محافظة طرطوس)**

### 1.2 تحضير البيانات المكانية

في هذه المرحلة تم تجميع كافة طبقات البيانات اللازمة للدراسة وبناء نظام معلومات جغرافي ضمنالبرنامج QGIS2.16 الذي صدر في بداية شهر تموز من العام 2016، ومن أهم هذه الطبقات:

- الحدود الإدارية لمنطقة الشيخ بدر.
- شبكة طرق المواصلات في المنطقة.
- صورة فضائية من القمر الصناعي Sentinel-2لمنطقة الدراسة مأخوذة عام 2015، بدقة تمييز مكانية 10م،(خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.).
- نموذج رقمي للتضاريس (SRTM): أحد أهم وأشهر نماذج الارتفاعات الرقمية ( Digital Elevation Model) أو ما يسمى اختصاراً(DEM) التي تعطي بيانات عن الارتفاعات في منطقة الدراسة،هذا النموذج ناتج عن المسح الراداري للتضاريس قام به مكوك الفضاء إنديفور التابع لوكالة الفضاء ناسا عام 2000[23]، وهو اختصار لعبارة (Shuttle Radar Topography Mission)وبدقة مكانية تساوي 30م، (خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.).كافة الطبقات مخزنة في الصيغة الخطية (Vector data)ماعدا النموذج الرقمي للتضاريس والصورة الفضائية (Sentinel-2) مخزنين في الصيغة المتريسية (Raster data).

وقد تم اعتماد نظام إحداثيات ميركاتور المستعرض العالمي Zone 37N(UTM) ( WGS 1984 World Mercator coordinate system) والمستند إلى الإهليلج (WGS 1984).




**الشكل3: نموذج رقمي للتضاريس لمنطقة الدراسة**

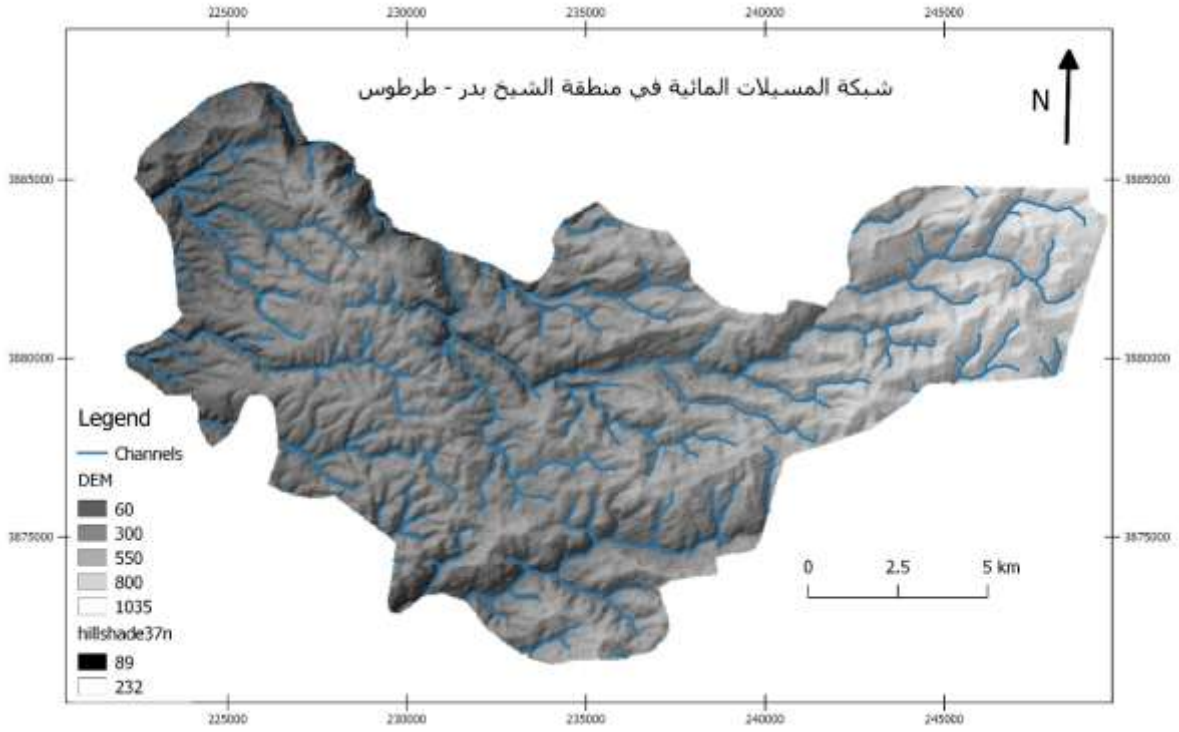
تم اشتقاق مجموعة من الطبقات الجديدة واللازمة للتحليل من البيانات الأصلية وباستخدام مجموعة الأدوات المتوفرة في برنامج الـ QGIS:

1- شبكة المسيلات المائية: تم استنتاج شبكة المسيلات المائية انطلاقاً من خوارزميات البرنامج SAGA الموجودة ضمن أدوات المعالجة الجغرافية في البرنامج QGIS (Terrain Analysis -Hydrology). وبعد ذلك تم تحويلها إلى طبقة من النوع الشعاعي (طبقة خطوط) (الشكل 4).

2- تم اشتقاق خريطتيالانحدار (Slope) واتجاه الانحدار (Aspect) انطلاقاً من النموذج الرقمي للتضاريس (خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.، a،b)، باستخدام خوارزميات المعالجة الجغرافية الموجودة ضمن البرنامج QGIS (Geoalgorithms<terrain analysis and geomorphometry<Slope or Aspect).

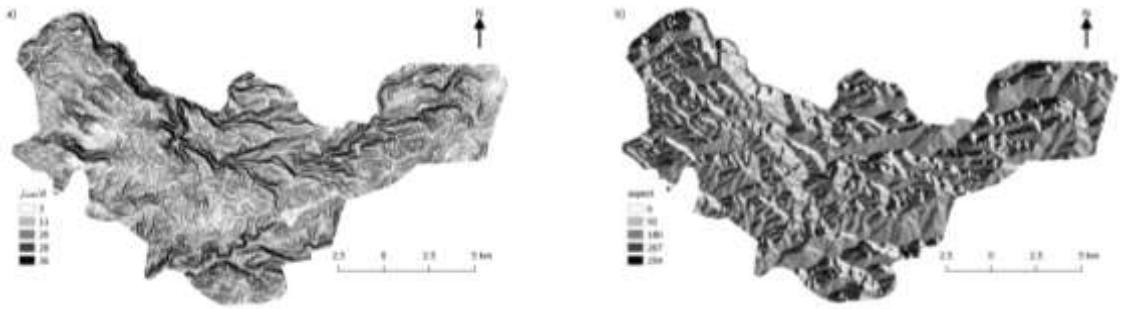
3- خريطة المسافات والبعد عن شبكة الطرق (خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.,c).تمت هذه العملية بـ (1) تحويل طبقة الطرق إلى طبقة من النوع Raster باستخدام الخوارزمية Rasterize (vector to raster) في QGIS، ومن ثم استخدام الخوارزمية r.grow.distance التابعة لبرنامج GRASS من أجل توليد طبقة Raster تحتوي المسافات عن شبكة الطرق.

4- خريطة المسافات والبعد عن شبكة المسيلات المائية (خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.,d)، باتباع نفس طريقة حساب خريطة المسافات عن شبكة الطرق .

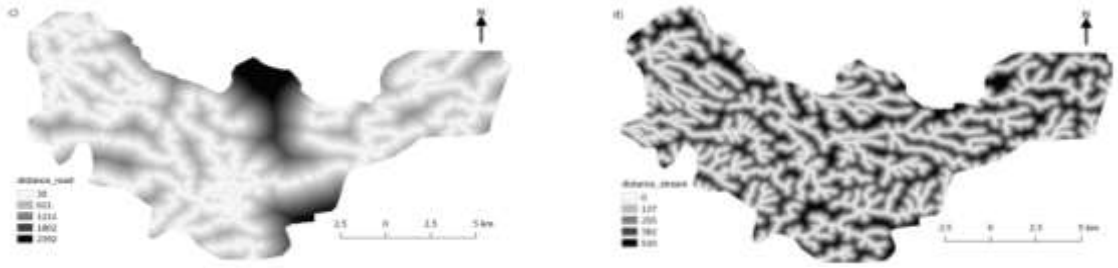



**الشكل 4: شبكة المسيلات المائية في منطقة الدراسة**

a) b)



c) d)

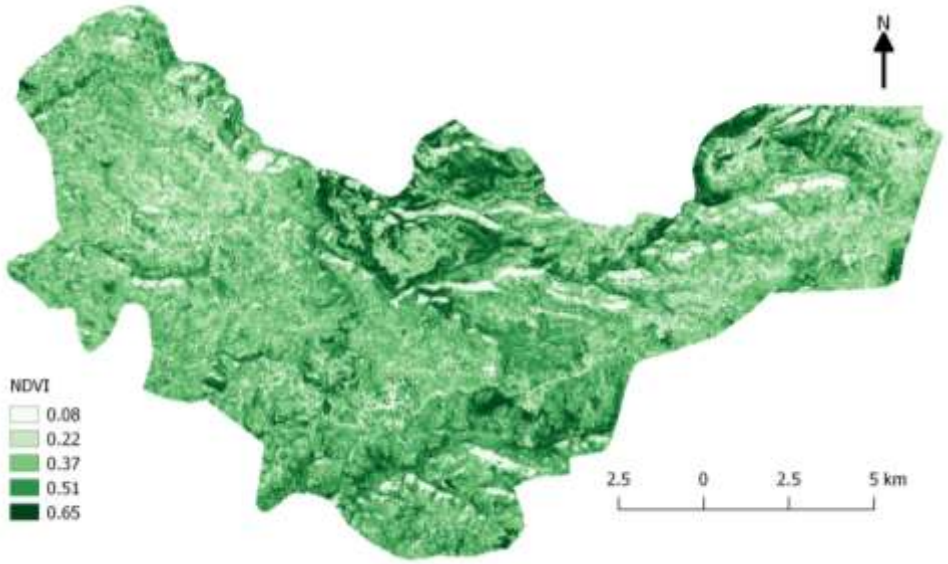


**الشكل5: طبقات جديدة مشتقة من البيانات الأصلية: خريطة الانحدار (a)،خريطة اتجاه الانحدار(b)، خريطة المسافات والبعد عن شبكة الطرق(c) و خريطة المسافات عن شبكة المسيلات المائية(d)**

5- خريطة مؤشر الغطاء النباتي (Normalized Difference Vegetation Index)NDVI انطلاقاً من النطاقين الثامن والرابع للصورة الفضائية Sentinel-2 والممثلين لنطاق الأشعة تحت الحمراءالقريبة و الحمراءلتحديد المناطق الخضراء(الشكل 6)، حيث يسمح هذا المؤشر بتحسين التمييز الطيفي للغطاء النباتي، فالنبات يتميز من غيره بعكس كمية قليلة من الأشعة الحمراء، وعكس كمية كبيرة من الأشعة تحت الحمراء القريبة. سيسمح لنا هذا المؤشر من حساب صورة تستبعد كافة المناطق العمرانية والمياه. يحسب هذا المؤشر من تناسب نطاق الأشعة الحمراء ونطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة من المعادلة التالية:

$$\text{مؤشر الغطاء النباتي NDVI} = \frac{\text{الأشعة تحت الحمراء القريبة} - \text{الأشعة الحمراء}}{\text{الأشعة تحت الحمراء القريبة} + \text{الاشعة الحمراء}}$$

تم حساب NDVIباستخدام Raster Calculatorفي برنامج QGIS.




**الشكل6: خريطة مؤشر الغطاء النباتيNDVI لمنطقة الدراسة**

## النتائج والمناقشة:

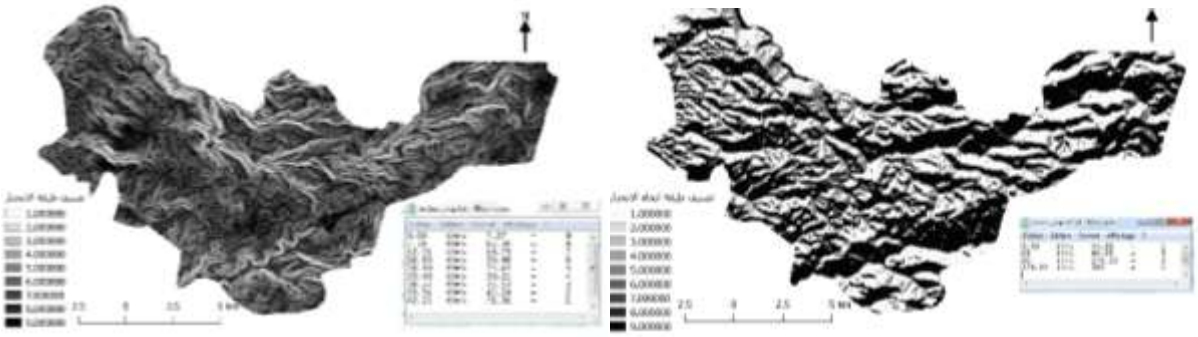
### تصنيف الخلايا

بعد القيام بتجميع البيانات ومعالجتها واشتقاق طبقات جديدة ضرورية في عملية التحليل المكاني لاختيار المواقع المثلى لإنشاء المشروع العمراني تبدأ الخطوة الأولى بتصنيف البيانات (التي ستدخل في عملية الاختيار).

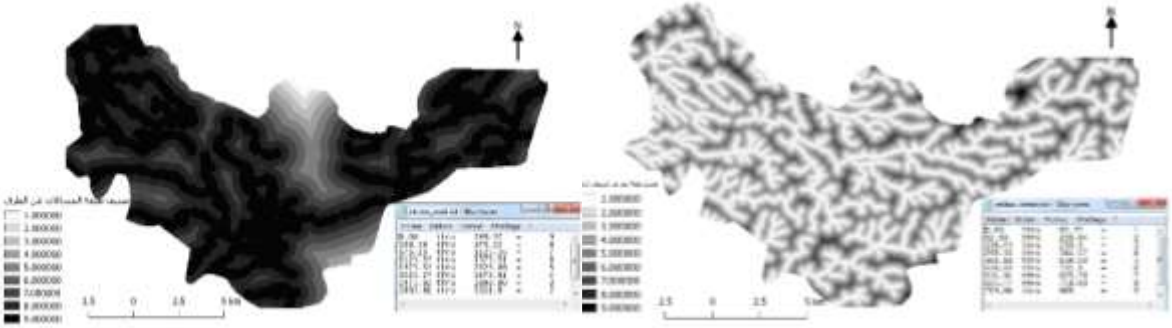
سنعتمد في هذه المرحلة وكما ذكرنا سابقاً على نموذج التراكب الموزون، حيث سيتم تصنيف قيم الطبقات في مقياس نسبي للجدوى،ويعتبر مقياس الجدوى للقيم من 1 إلى 9 هو الأكثر شيوعاً، يدل الرقم 9 على الجدوى العظمى (شرط محقق) والرقم 1 يدل على الجدوى الصغرى (الشرط غير محقق). على الرغم من ذلك يمكن استخدام المقياس الذي نريده (فمثلاً يمكن استخدام مقياس جدوى 0-1، 1-100، الخ ...)، مما يتيح لنا استخدام نفس المقياس لجميع الطبقات. عادة تعتبر أعلى القيم هي الأفضل، ولكن يمكن، في حال الرغبة بذلك، عكس هذا المقياس. في التراكب الموزون يتم دمج الطبقات المصنفة باستخدام الجبر المكاني (جبر الخرائط: Map Algebra). حيث يتم ضرب القيم في كل طبقة مصنفة حسب الأهمية النسبية كنسبة مئوية، ومن ثم تطبيق عملية الجمع الجبري للطبقات الموزونة معاً.

مجموع الأوزان يجب ان يساوي 1 لكي نحصل في النتيجة على قيم من نفس مقياس قيم الإدخال.في هذا البحث تم اعتماد المقياس النموذجي والذي يصنف الخلايا من الرقم 1(الأسوء) إلى الرقم 9 (الأفضل). تم تصنيف الطبقات باستخدام الخوارزمية r.reclassالتابعة لبرنامج GRASS (خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.) حسب مجموعة من القيم الفئوية المخزنة ضمن ملفات نصية.

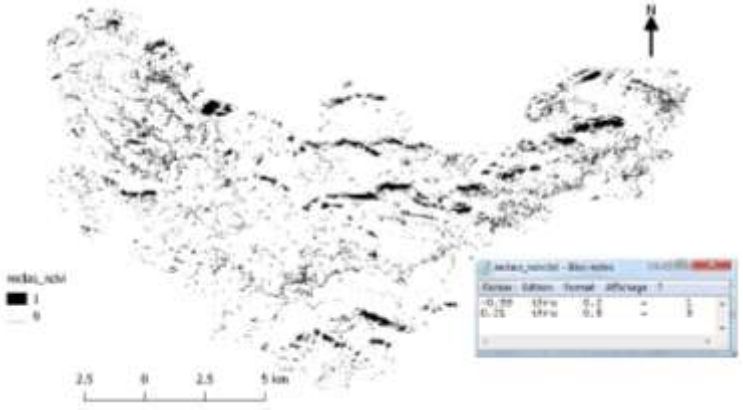
a) b)



c) d)



e)



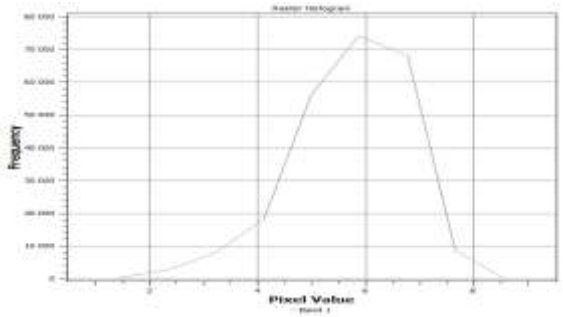
**الشكل7:تصنيف الطبقات وقيم الفئات المستخدمة للتصنيف في خوارزمية التصنيف r.reclass**
**تصنيف طبقة الانحدار (a)، تصنيف طبقة اتجاه الانحدار(b)، تصنيف طبقة البعد عن الطرق (c)، تصنيف طبقة البعد عن المسيلات المائية (d)، تصنيف طبقة مؤشر الغطاء النباتي (e).**

بعد أن تم تصنيف جميع الطبقات، تبدأ عملية دمج الطبقات المصنفة باستخدام الجبر المكاني (جبر الخرائط: Map Algebra). حيث يتم ضرب القيم في طبقة مصنفة حسب الأهمية النسبية كنسبة مئوية، ومن ثم يتم تطبيق عملية الجمع الجبري للطبقات الموزونة معاً. في هذا البحث تم إعطاء أوزان متساوية لكل طبقة 20%، بتطبيق المعادلة التالية ضمن Calculato Raster (الشكل8 ،a):

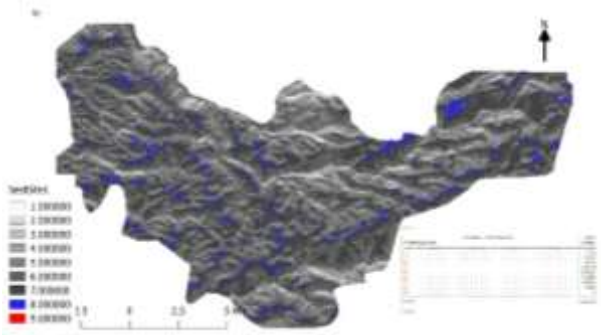
| |
|---|
| 0.2*("الانحدار" + "المسافة عن المسيلات" + "المسافة عن الطرق" + "NDVI الغطاء النباتي" + "اتجاه الانحدار") |

a)

c)




b)



(a) عملية دمج الطبقات المصنفة باستخدام الجبر المكاني.

(b) الخريطة الناتجة عن التراكب الموزون والتي تحدد الأماكن الأمثلية لبناء مشاريع عمرانية جديدة.

(c) المدرج التكراري للطبقة المصفوفية الناتجة.

**الشكل 8: الخريطة الناتجة عن التراكب الموزون والتي تحدد الأماكن الأمثلية لبناء المشروع العمراني**

الخريطة الناتجة (خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.،b ) تمثل التدرج الفئوي للخلايا حسب درجة ملاءمتها من الأسوأ (1) إلى الأفضل (9).حيث تمثل الخلايا ذات القيمة 9 أفضل المواقع وفقاً للمعايير والشروط الخاصة بعملية الاختيار. من خلال تحليل المدرج التكراري للطبقة المصفوفية الناتجة (raster histogram)(خطأ! وسيطة رمز تبديل غير معروفة.،c)يمكن ملاحظة مايلي:

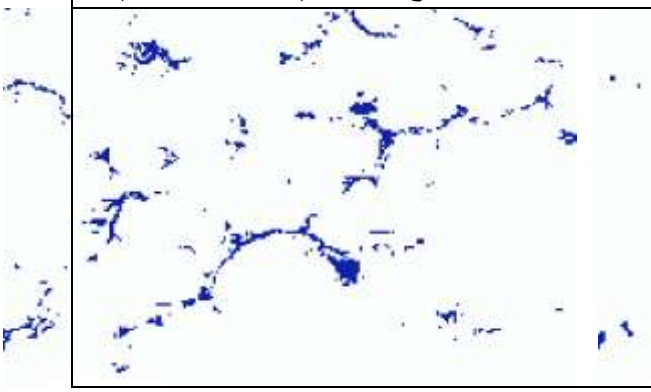
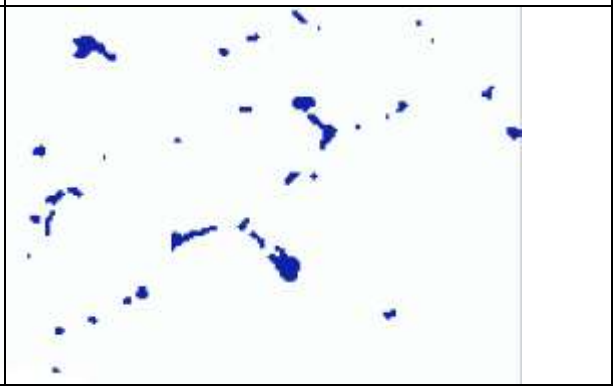
- قيم الخلايا في الخريطة الناتجة تتراوحبين 1 و 9 وهذا منطقي بسبب المقياس الموحد.
- قيم الخلايا التي تملك القيمة 9 (التي تحقق كافة الشروط) قليلة ويبلغ عددها فقط 8 خلايا.
- قيم الخلايا التي تملك القيمة 8 (التي تحقق كافة الشروط تقريباً) يبلغ عددها فقط 8644 خلية بمساحة تقريبة مقدرة بـ 8 كم$^2$ .
- الغالبية العظمى من الخلايا تتروح قيمها بين 5 و 8.

**•استخلاص الخلايا المناسبة**

بما أن عدد الخلايا التي تحقق كافة الشروط وقيمها تساوي 9 قليلة جداً، سيتم استخلاص كافة الخلايا التي تعادل قيمتها 8 أو تزيد عنها وذلك بتطبيق المعادلة التالية ضمن ( Calculator Raster ):

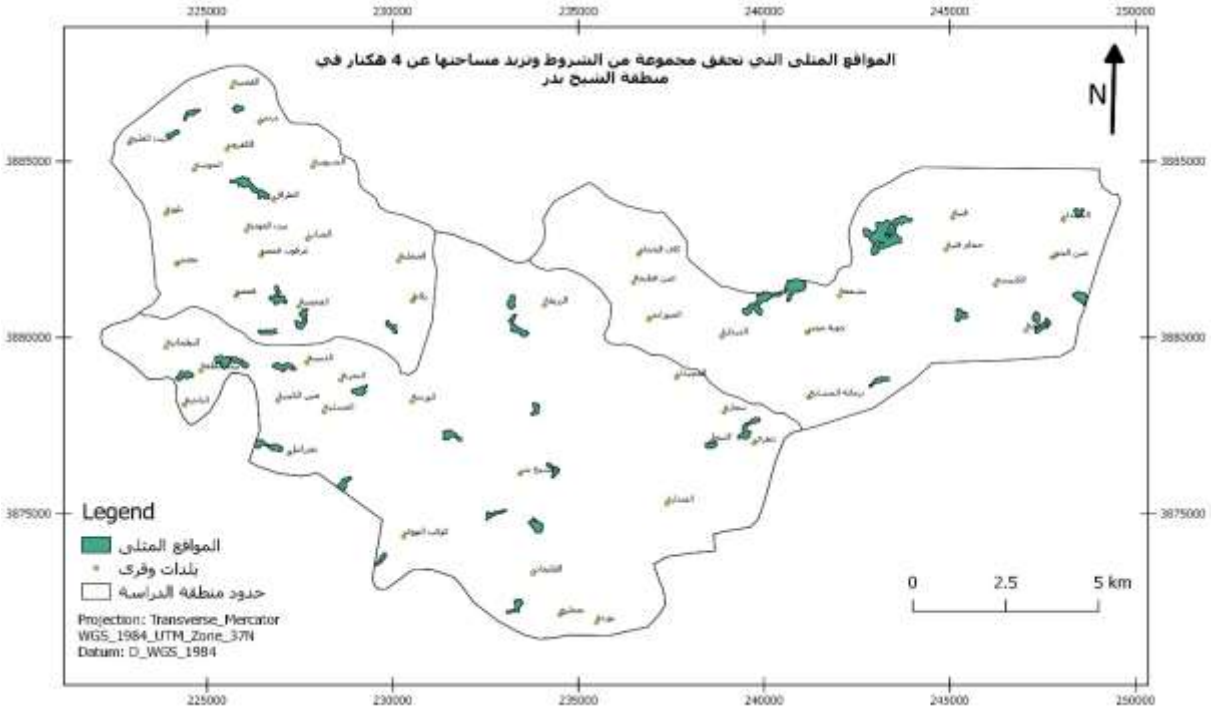
```
"("Name_Layer" >=8) * "Name_Layer@1"
```

تطبيق المعادلة السابقة سيسمح بتمرير قيم معدومة أو خالية البيانات(NODATA) لكافة الخلايا التي تختلف قيمتها عن القيمة 8 أو 9. وبحيث تحتفظ الخلايا التي قيمها 8 أو 9 بقيمتها الأصلية. بعد ذلك يتم تنفيذ مرشح التصفية حسب القيمة الأغلبية (Majority Filter) مرتين لإزالة الخلايا الشاذة وتشذيب البيانات (الشكل 9).

| قبل تطبيق مرشح التصفية (Majority Filter) | بعدتطبيقمرشح التصفية (Majority Filter) مرتين |
|---|---|
|  |  |

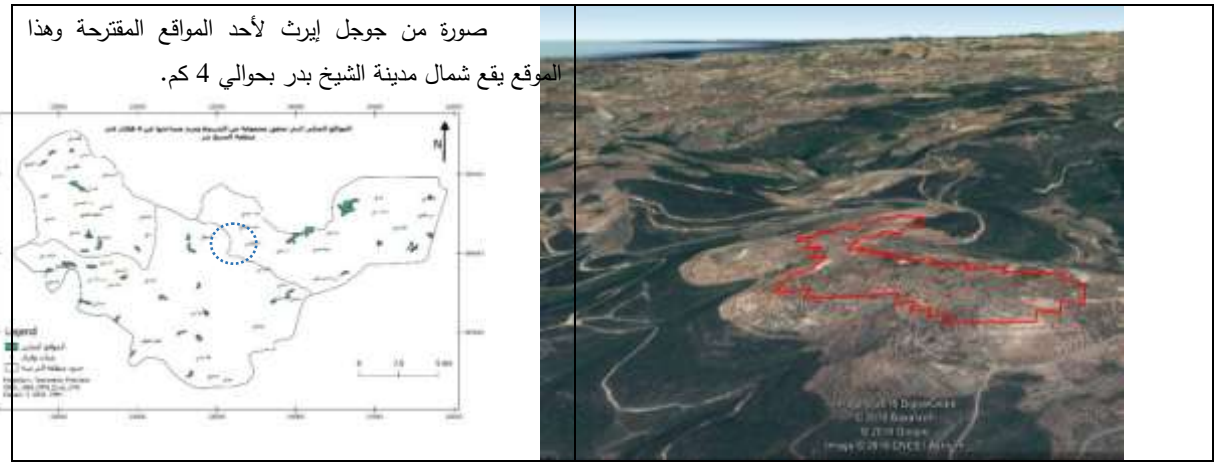
**الشكل 9: عينة من الخلايا التي قيمها8 و9قبل وبعد تطبيق مرشح الأغلبيةMajority Filter**

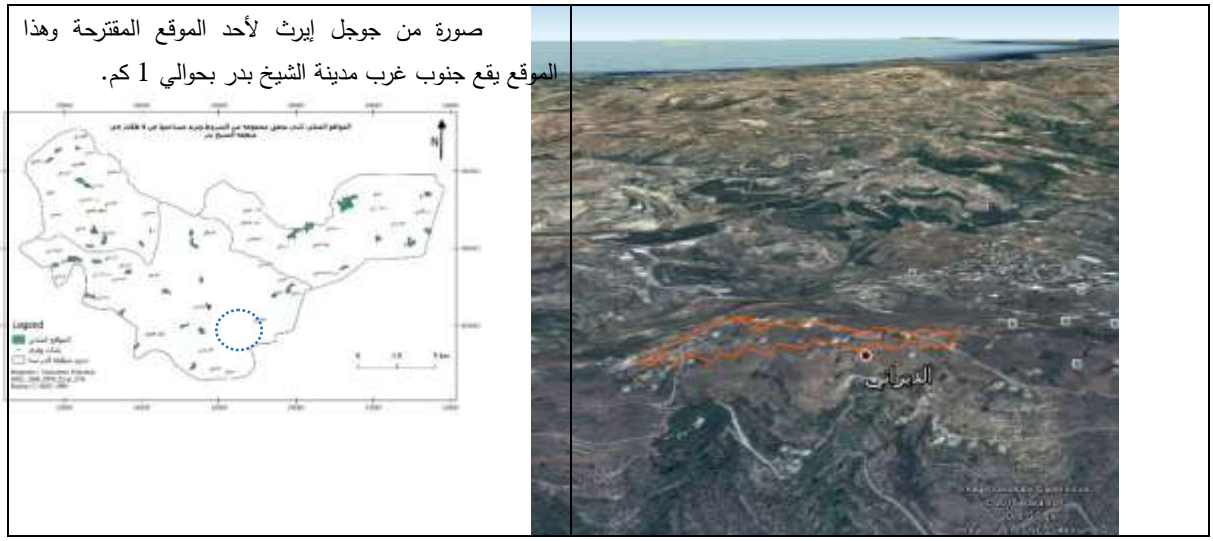
لإنتاج الخريطة النهائية وإظهار المناطق التي مساحتها أكبر من 4 هكتار، تم تحويل الخلايا إلى طبقة مضلعات باستخدام الخوارزمية (Raster to Vector) Polygonize. في النهاية نحصل على خريطة تبين جميع المواقع المثلى والتي تحقق المعايير المطلوبة (الشكل 10). يمكن عندئذ تطبيق معايير أخرى لاختيار مواقع منها، كمقارنة الأماكن المقترحة مع حدود العقارات لبيان مدى تناسبها مع الملكيات الخاصة والعامة، واعتماد المناسب منها في عملية الاختيار النهائي.




**الشكل 10: المواقع المثلى المحققة لشروط الاختيار والتي تزيد مساحتها عن 4 هكتار**

كما يمكن واعتماداً على الزيارات الميدانية للمواقع المرشحة أن تكون موقع للمشروع العمراني واعتماداً على الخبرة والمعرفة بمنطقة الدراسة اختيار مواقع محددة من المواقع المثلى، حيث نقدم اقتراحين لموقعين مختلفين(الشكل 11)، حيث يقع الموقع الأول شمال مدينة الشيخ بدر بحوالي 4 كم، والثاني قربقرية الديراني جنوب غرب مدينة الشيخ بدر بحوالي 1 كم.






**الشكل 11: موقعين من المواقع المقترحة التي مساحتها أكبر من 4 هكتار وقيمة الخلايا فيها تزيد عن 8 (تحقق أغلب معايير الاختيار)**

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات

✓ تمثل البرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر(FOSS)ظاهرة ثورية قادرة على توفير صناعة البرمجيات مع طريقة بديلة ومنافسة للبرمجيات التجارية.وتوفر أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر (FOSS_GIS) بيئة مناسبة لتجميع، تخزين،معالجة،وإظهار البيانات المكانية بكافة أشكالها وأنواعها، واجراء كافة التحليلات المكانية. ويمكن أن توفر التطبيقات المختلفة والامتدادات التي توفرها هذه البرامجبديلاً كاملاً عن برامج أنظمة المعلومات الجغرافية الاحتكارية والغالية الثمن.

✓ يوفر البرنامجQGISبيئة مناسبة للتحليل المكاني والملاءمة المكانية بمساعدة خوارزميات وأدوات برنامجيGRASS و SAGA مما يسمح بعملية التوقيع المكاني لمختلف الفعاليات والمشاريع العمرانية في الحاضر والمستقبل أو حتى في تقييم الموقع المكاني للمشاريع الموجودة مسبقاً.كما يمتلك QGISالقدرة على التعامل مع ملفات من نوع shape fileويمكن من خلاله الاتصال بقواعد بيانات أخرى (مثل قاعدة البيانات الجغرافية Geodatabaseالمطورة من قبل شركةEsri).

✓ تطبيق منهجية التحليل المكاني باستخدام QGIS لاختيار أفضل المواقع لبناء مشروع عمراني في منطقة الشيخ بدرنتج عنه خريطة تحدد المواقع المثلى التي تحقق مجموعة من شروط الاختيار، تمثل هذه الخريطة أداة ووسيلة هامة مساعدة لدعم اتخاذ القرار في اختيار الموقع الأمثل.

### التوصيات

✓ إن التحليل المكاني الذي تم إنجازه اعتمد على شروط محدودة، حيث يمكن استخدام شروط أخرى حسب الحاجة وحسب رأي متخذي القرار والتي من شأنها أن تقيد عملية الملاءمة المكانية أكثر من ذلك.

✓ نوصي باستخدام نموذج ارتفاعي رقمي للتضاريس أكثر دقة كون النموذج المستخدم هو من دقة 30 متر حيث كلما زادت دقة النموذج زادت موثوقية المواقع المثلى المختارة وكون دقته تؤثر على عدة طبقات في آن واحد وهي طبقة الانحدار وطبقة اتجاه الانحدار وطبقة المسيلات المائية.

- ✓ ضرورة بناء قاعدة بيانات مكانية متكاملة لمدينة الشيخ بدر وريفها حيث تشمل كافة البيانات (الطرق بكافة أنواعها ومستوياتها، استعمالات الأراضي، أنواع الترب، الأبار والينابيع،المياه الجوفية.... الخ).
- ✓ الاستفادة من المنهجية المقترحة في التحليل المكاني في إيجاد مواقع مناسبة لمشاريع وأغراض أخرى.
- ✓ نتائج التحليل التي حصلنا عليها تبين أهمية الـ FOSS_GIS، وتظهر إمكانياته القوية والتي تعادل من الناحية الفنية برامج الـ GISالتجارية (حيث يمكن مقارنة النتائج معها)، وتسلط الضوء عليها وتحفز على استخدامها، حيث أن نقص الوعي حول مفاهيم البرامج مفتوحة المصدر وإمكانياتها قد يكون سبباً رئيسيا وراء عدم اعتمادها من قبل الباحثين في البلدان النامية.

في البحث المستقبلي سيتم دمج طرق الذكاء الاصطناعي وتحديداً المنطق الضبابي ضمن بيئة أنظمة المعلومات الجغرافية الحرة ومفتوحة المصدر، ومقارنة نتائج تطبيقها في عملية اختيار الموقعالأمثل مع طريقة التراكب الموزونالمطبقة في هذا البحث.

## المراجع:


[1] STEINIGER S, HUNTER AJS. T*he 2012 free and open source GIS software map – A guide to facilitate research , development , and adoption*. Comput Environ Urban Syst. 2013;39:136-150.

[2] PRADEEPKUMAR, A. P, RADHAKRISHNAN T. *FOSS GIS: the future of GIS, Free Software, Free Knowledge*. In : Free humanity: national conference on free software,15 – 16 Nov 2008, CUSAT, Cochin, India.2008.

[3] GNU .الموقعالرسميلنظامالتشغيلالحر .www.gnu.org[Accessed 22/8/2016].

[4] STEINIGER S, BOCHER E. *An overview on current free and open source desktop GIS developments*. Int J GeogrInf Sci. 2009;23(10):1345-1370.

[5]RAMSEY P. *PostGIS Case Studies*. In: Presentation. Available from: Http://www.refractions.net/expertise/whitepapers/postgis-Case-Studies. ; 2007[Accessed 2/8/2016].

[6] MAURYA SP, OHRI A, MISHRA S. *Open Source GIS : A Review*. In: Proceedings of National Conference on Open Source GIS: Opportunities and Challenges. Varanasi (India); 2015.

[7] MITASOVA H, NETELER M. *GRASS as Open Source Free Software GIS: Accomplishments and Perspectives*. Transactions in GIS. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=12284658&site=ehost-live. Published 2004. [Accessed 23/7/2016].

[8] BURGHARDT D, NEUN M, WEIBEL R. *Generalization Services on the Web – A Classification and an Initial Prototype Implementation Web Services for Spatial Applications and Generalization*. CartogrGeogrInf Sci. 2005;32:257-268.

[9] BULIUNG RN, REMMEL TK. *Open source, spatial analysis, and activity-travel behaviour research: Capabilities of the aspace package*. J Geogr Syst. 2008;10(2):191-216.

[10] PEBESMA EJ. *Multivariable geostatistics in S: The gstat package*. ComputGeosci. 2004;30(7):683-691.

[11] BADARD T, BRAUN A. *Oxygene : An Open Framework For The Deployment Of Geographic Web Services*. In Proceedings of the 21st International Cartographic Conference. Durban, South Africa; 2003:10-16.

[12] TSOU M, SMITH J. *Free and Open Source software for GIS education*. White Pap Natl Geospatial Technol Cent Excell. 2011. http://www.grossmont.edu/judd.curran/OpenSource_GIS.pdf.[Accessed 10/10/2016]

[13] REID J, MARTIN F. *The open source movement and its potential in implementing Spatial Data Infrastructures*. In International Symposium on Spatial Data Infrastructure. Melbourne, Australia; 2001.

[14] STEINIGER S, HUNTER AJS. *Free and Open Source GIS Software for Building a Spatial Data Infrastructure*. In: Geospatial Free and Open Source Software in the 21st Century. ; 2012:247-261.

[15] JOLMA A, AMES D, HORNING N, et al. *Free and Open Source Geospatial Tools for Environmental Modelling and Management*. Dev Integr Environ Assess. 2008;3:163-180.

[16] CHEN D, SHAMS S, CARMONA-MORENO C, LEONE A. *Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries*. J Hydro-Environment Res. 2010;4(3):253-264.

[17] GRASS GIS. الموقع الرسمي لبرنامج GRASS GIS. https://grass.osgeo.org. [Accessed 10/9/2016].

[18] SAGA GIS. الموقع الرسمي لبرنامج SAGA GIS. www.saga-gis.org. [Accessed 15/9/2016].

[19] QGIS. الموقع الرسمي لبرنامج QGIS. https://www.qgis.org.[Accessed 12/7/2016]

[20]الخزامي،محمد عزيز م .*دراسات تطبيقية فى نظم المعلومات الجغرافية*.الطبعة(1)،دار العلم،الكويت، 2007 ، 484.

[21] درويش، حنان .*تطوير منهجية جديدة في تحليل اختيار الموقع الأمثل لمنشأة ما باستخدام المنطق الضبابي ضمن بيئة أنظمة المعلومات الجغرافية، منطقة الدراسة :طرطوس– سورية* .مجلة جامعة البعث2016;38 .، .103–154

[22] . المكتب المركزي للإحصاء. http://www.cbssyr.sy/. Published 2004. [Accessed 5/12/2016].

[23] NASA. Retrieved from http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/. [Accessed 17/11/2016]