



الجمهورية العربية السورية

جامعة البعث

كلية الهندسة المدنية

قسم هندسة وإدارة الموارد المائية

عوامل التغذية المؤثرة في تحديد مناطق الأمل المائي الجوفي (دراسة حالة في محافظة حمص)

Recharge factors that affect determination of Groundwater
potential zones (A case study :Homs province)

دراسة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في قسم هندسة وإدارة الموارد المائية
إعداد المهندسة

تماضر جابر الابراهيم

إشراف

الدكتور محمد الملحم

دكتور في الجيوفيزياء والاستشعار عن بعد

الأستاذ الدكتور معن سلامة

أستاذ في كلية الهندسة المدنية

جامعة البعث

العام الدراسي ٢٠٢١ - ٢٠٢٢

كلمة شكر

بعد حمد الله تعالى وشكره على إنهائي هذه الرسالة أتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان للأستاذ الدكتور معن سلامة (المشرف العلمي) والدكتور محمد الملحم (المشرف المشارك) اللذين كان لهما فضل الإشراف على هذه الدراسة وعلى ما قدماه لي من عطاء متميز وإرشاد مستمر من بداية مرحلة البحث حتى إتمام هذه الرسالة مع أصدق الدعوات لهما بدوام الصحة والعافية

كما أتقدم بجزيل الشكر لأعضاء لجنة الحكم والمناقشة الذين شرفوني وأفادوني بآرائهم العلمية القيمة

أشكر إدارة كلية الهندسة المدنية وأعضاء الهيئة التدريسية في قسم هندسة وإدارة الموارد المائية في كلية الهندسة المدنية بجامعة البعث على ملاحظاتهم ودعمهم . .

وفي الختام أتقدم بخالص شكري وتقديري لكل من مد يد العون أو قدم نصيحة وأرشد من أجل إخراج هذه الدراسة إلى النور

شهادة

نشهد أن هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة " عوامل التغذية المؤثرة في تحديد مناطق الأمل المائي الجوفي(دراسة حالة في محافظة حمص)" هو نتيجة بحث علمي، قامت به المرشحة المهندسة تماضر جابر الابراهيم بإشراف الأستاذ الدكتور معن سلامة والدكتور محمد الملحم ، وبأن أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثق في نصها.

المرشحة	المشرف	المشرف المشارك
م. تماضر الابراهيم	أ. د معن سلامة	د. محمد الملحم

Certification

It is here by certified that, the work described in this dissertation " Recharge factors that affect determination of Groundwater potential zones (A case study :Homs province)"is the result of a scientific research, done by the candidate Tamador Jaber Alibraheem under the supervision of Prof. Eng . Maan Salameh and Dr. Mohamad Almelhem, any reference contained in this dissertation is documented in the text.

Candidate: Eng. Tamador Jaber Alibraheem

Supervisor: Prof. Eng . Maan Salameh

Associate Supervisor: Dr. Mohamad Almelhem

الملخص

عوامل التغذية المؤثرة في تحديد مناطق الأمل المائي الجوفي (دراسة حالة في محافظة حمص)

أدى التقدم العلمي وانتشار استخدام التكنولوجيا في شتى مناحي الحياة اليومية إلى ابتكار أدوات جديدة في منهجية البحث العلمي تساهم بدقتها في صنع القرارات والتنبؤات في مجال الدراسات المائية. هذه القرارات تؤدي إلى اختصار الكلفة والوقت وعلى الأخص الدراسات المتعلقة بتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي التي لها أهمية كبيرة في حماية وإدارة أنظمة المياه الجوفية في المنطقة المدروسة .

تم الحصول على مصفوفة تثقيل للعوامل المؤثرة في تغذية المياه الجوفية (التكتونيك ، المسيلات المائية، الميل، التراكيب الجيولوجية، الهطول المطري) مشتقة من مصفوفات المقارنة المزدوجة لخمس وعشرين خبيراً باستخدام الأدوات الرديفة، وعلى الأخص أدوات صنع القرار وهي طريقة التحليل الهرمي .

كما تمّ تطوير نمذجة أداة للنظام الرياضي المقترح ضمن بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية لصياغة أوزان العوامل، حسب درجة تأثيرها ومن ثم إجراء عملية الدمج الخطي الموزون للخرائط المصنفة المستخدمة والممثلة للعوامل المؤثرة وبالتالي الحصول على مخطط توزع قطاعات الأمل المائي الجوفي، وحيث قسمت المنطقة المدروسة من حيث ملائمتها إلى ثلاثة قطاعات (عالية،

متوسطة، منخفضة). وقد تمّ التأكد من صحة النموذج الرياضي المقترح من خلال المقارنة مع القيم المقاسة لمعطيات الآبار (الغزارة والمنسوب الستاتيكي).

و باستخدام بناء النماذج Modelbuilder في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية تم إيجاد نموذج لقيم دليل الأمل المائي الجوفي وقيم العوامل المؤثرة ، وبالتالي بإمكاننا تطبيق هذا النموذج على أي منطقة أخرى باستخدام المعطيات الخاصة بها، ومن ثم تطبيق تقنية الانحدار المتعدد لاستنتاج النموذج الرياضي الممثل لأوزان العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي، والذي أعطى نتائج دقيقة بعد التجربة على بيانات مأخوذة من قيم مقيسة في نقاط أخرى غير النقاط التي اعتمدنا عليها في استنتاج النموذج .

إن النموذج الرياضي لمصفوفة التثقل يعد من أهم النتائج التطبيقية التي تحقق الدقة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي، ويصلح لتعميمه على دراسة قطاعات مشابهة لمنطقة الدراسة، كما تساهم في اختصار مجال التحريات الهيدروجيولوجية التقليدية عالية الكلفة نسبياً، وتعد دليلاً عملياً لصنع أي قرار مرتبط بالتخطيط للموارد المائية والتنبؤ والمراقبة .

كلمات مفتاحية: نموذج رياضي، نظام المعلومات الجغرافية، قطاعات الأمل المائي الجوفي، طريقة التحليل الهرمي، الانحدار المتعدد، مصفوفات المقارنة المزدوجة، بناء النماذج.

الملخص

عوامل التغذية المؤثرة في تحديد مناطق الأمل المائي الجوفي (دراسة حالة في محافظة حمص)

أدى التقدم العلمي وانتشار استخدام التكنولوجيا في شتى مناحي الحياة اليومية إلى ابتكار أدوات جديدة في منهجية البحث العلمي تساهم بدقتها في صنع القرارات والتنبؤات في مجال الدراسات المائية. هذه القرارات تؤدي إلى اختصار الكلفة والوقت وعلى الأخص الدراسات المتعلقة بتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي التي لها أهمية كبيرة في حماية وإدارة أنظمة المياه الجوفية في المنطقة المدروسة .

تم الحصول على مصفوفة تثقيل للعوامل المؤثرة في تغذية المياه الجوفية (التكتونيك ، المسيلات المائية، الميل، التراكيب الجيولوجية، الهطول المطري) مشتقة من مصفوفات المقارنة المزدوجة لخمس وعشرين خبيراً باستخدام الأدوات الرديفة، وعلى الأخص أدوات صنع القرار وهي طريقة التحليل الهرمي .

كما تمّ تطوير نمذجة أداة للنظام الرياضي المقترح ضمن بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية لصياغة أوزان العوامل، حسب درجة تأثيرها ومن ثم إجراء عملية الدمج الخطي الموزون للخرائط المصنفة المستخدمة والممثلة للعوامل المؤثرة وبالتالي الحصول على مخطط توزيع قطاعات الأمل المائي الجوفي، وحيث قسمت المنطقة المدروسة من حيث ملائمتها إلى ثلاثة قطاعات (عالية، متوسطة، منخفضة). وقد تمّ التأكد من صحة النموذج الرياضي المقترح من خلال المقارنة مع القيم

المقاسة لمعطيات الآبار (الغزارة والمنسوب الستاتيكي).

و باستخدام بناء النماذج Modelbuilder في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية تم إيجاد نموذج لقيم دليل الأمل المائي الجوفي وقيم العوامل المؤثرة ، وبالتالي بإمكاننا تطبيق هذا النموذج على أي منطقة أخرى باستخدام المعطيات الخاصة بها، ومن ثم تطبيق تقنية الانحدار المتعدد لاستنتاج النموذج الرياضي الممثل لأوزان العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي، والذي أعطى نتائج دقيقة بعد التجربة على بيانات مأخوذة من قيم مقيسة في نقاط أخرى غير النقاط التي اعتمدنا عليها في استنتاج النموذج .

إن النموذج الرياضي لمصفوفة التثقل يعد من أهم النتائج التطبيقية التي تحقق الدقة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي، ويصلح لتعميمه على دراسة قطاعات مشابهة لمنطقة الدراسة، كما تساهم في اختصار مجال التحريات الهيدروجيولوجية التقليدية عالية الكلفة نسبياً، وتعد دليلاً عملياً لصنع أي قرار مرتبط بالتخطيط للموارد المائية والتنبؤ والمراقبة .

كلمات مفتاحية: نموذج رياضي، نظام المعلومات الجغرافية، قطاعات الأمل المائي الجوفي، طريقة التحليل الهرمي، الانحدار المتعدد، مصفوفات المقارنة المزدوجة، بناء النماذج.

فهرس المحتويات

الفصل الأول: الإطار العام للبحث

The General Framework Of The Research

٢٣	1-1 مقدمة Introduction
٢٤	2-1 الدراسات المرجعية Literature review
٥٠	3-1 إشكالية البحث Research problem
٥١	4-1 أهمية البحث Research importance
٥٢	5-1 أهداف البحث Research Objectives
٥٣	6-1 مبررات البحث Research reasons

الفصل الثاني: الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية

Remote sensing and geographic information system

٥٨	1-2 أنظمة الاستشعار عن بعد Remote sensing systems
٥٨	1-1-2 عودة إلى التاريخ الحديث للاستشعار عن بعد
٥٩	2-1-2 تعريف الاستشعار عن بعد Definition of Remote Sensing
٦٠	3-1-2 جهاز الاستشعار (المستشعر) (Sensor)
٦١	4-1-2 أدوات الاستشعار عن بعد Remote sensing tools
٦٥	5-1-2 تصنيف الأقمار الصناعية Satellite classification
٦٦	6-1-2 مبادئ عمل نظام الاستشعار عن بعد:
٦٧	7-1-2 مميزات صور الاستشعار عن بعد الحديثة:

- ٦٩ . Uses and benefits of remote sensing استخدامات وفوائد الاستشعار عن بعد 8-1-2
- ٧٠ تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال التنقيب عن المياه الجوفية: 9-1-2
- ٧٣ Geographic information system نظام المعلومات الجغرافية 2-2
- ٧٣ ما هو نظام المعلومات الجغرافية (Geographic Information System) ؟ 1-2-2
- ٧٤ What is the need for the G.I.S ؟ (G.I.S.) ما الحاجة إلى الـ 2-2-2
- ٧٤ نظام المعلومات الجغرافية وعلاقته بالأنظمة الأخرى: 3-2-2
- ٧٦ مكونات نظام المعلومات الجغرافية 4-2-2
- ٧٦ 1-4-2-2 الأشخاص المستثمرون (People) (المستخدمون):
- ٧٦ 2-4-2-2 البيانات (Data):
- ٧٦ 3-4-2-2 البرامج (Software):
- ٧٧ 4-4-2-2 الأجهزة (Hardware):
- ٧٧ 5-4-2-2 الإجراءات (Procedures) (التحليل):
- ٧٨ 5-2-2 أنواع البيانات التي يتعامل معها نظام المعلومات الجغرافية:
- ٧٨ 1-5-2-2 البيانات الوصفية (Descriptive Data):
- ٧٩ 2-5-2-2 البيانات المكانية (Spatial Data):
- ٧٩ 6-2-2 الحصول على البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية:
- ٧٩ 1-6-2-2 الخرائط الورقية:
- ٨٠ 2-6-2-2 الصور الجوية والاستشعار عن بعد: Aerial photos and remote sensing
- ٨١ 3-6-2-2 البيانات الرقمية (Digital Data):
- ٨١ 4-6-2-2 بيانات أخرى: Other data

- ٨١ .. 7-2-2 وظائف أنظمة المعلومات الجغرافية: Geographic Information Systems Jobs
- ٨٣ 1-7-2-2 جمع البيانات (Capturing Data):
- ٨٣ 2-7-2-2 تخزين البيانات (Data Storage):
- ٨٥ 3-7-2-2 الاستفسار (Query):
- ٨٦ 4-7-2-2 التحليل (Analysis):
- ٨٨ 5-7-2-2 العرض (Display):
- ٨٩ 6-7-2-2 الإخراج (Output):
- ٩٠ 8-2 تنظيم البيانات الجغرافية (Organization of Geographic Data):
- ٩١ 9-2 النمذجة في نظام المعلومات الجغرافية
- ٥٠ 1-9-2 الدقة والفعالية (اختبار النماذج):
- ٥٠ 2-9-2 الطرق متعددة المعايير

الفصل الثالث: النمذجة الرياضية لتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي

Mathematical modelling For Determining groundwater potential sectors

- ٩٧ 1-3 أهم العوامل المؤثرة في تواجد المياه الجوفية :
- ٩٨ 1-1-3 البنية الجيولوجية:
- ٩٨ 1-3-2 الهطول المطري:
- ٩٩ 3-1-3 كثافة التكتونيك (الفوالق والقسمات الخطية) :
- ٩٩ 1-3-4 كثافة المسيلات:
- ١٠٠ 5-1-3 الميل:
- ١٠٠ 2-3 تحديد أوزان العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي:

- ١٠٢..... ١-2-3 النظام الرياضي المقترح لتحديد أوزان المعايير حسب درجة تأثيرها:
- ١٠٣..... ٣-3- تطوير نمذجة أداة للنظام الرياضي المقترح في بيئة برنامج GIS لتحديد أوزان العوامل
- ١٠٥..... المؤثرة في تشكيل قطاعات الأمل المائي:
- ١١٢..... 4-3- بناء نموذج لمواقع الأمل المائي باستخدام Modelbuilder في برنامج نظام
- ١١٤..... المعلومات الجغرافية:
- ١١٤..... 5-3- استخدام التحليل المكاني في برنامج نظام المعلومات الجغرافية:
- ١١٥..... 1-طريقة (Inverse distance weighted):
- ١١٦..... 2-طريقة Kriging
- ١١٨..... 6-3- تحليل الانحدار المتعدد:
- ١١٨..... 1-6-3- معادلة الانحدار الخطي المتعدد:

الفصل الرابع: حالات دراسية لتطبيق النموذج الرياضي المقترح

- ١٢٢..... ١-٤ - منطقة الدراسة Study area
- ١٢٢..... ١-٤-1- الحالة الدراسية الأولى: First case study
- ١٢٦..... 1- الوضع المناخي: Climatic situation
- ١٢٦..... 2- الوضع الجيولوجي geological situation
- ١٢٧..... 3- الوضع الطبوغرافي: Topographic situation
- ١٢٧..... 4- الوضع التكتوني: Tectonic situation
- ١٢٨..... 5- الوضع الهيدروجيولوجي Hydrogeological situation
- ١٣٠..... ١-٤-1-1- تمثيل ومعالجة وتحليل البيانات:
- ١٣٦..... 4-1-1-2- 2- تنقيح العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي:

- ١٥٢ 4-1-3 تحديد قطاعات الأمل المائي (المواقع المحتملة لتواجد المياه الجوفية):
- ١٥٥ 4-1-2 - الحالة الدراسية الثانية: The second case study
- ١٥٨ 1- الوضع المناخي Climatic situation
- ١٥٨ 2 -الوضع الجيولوجي: geological situation
- ١٥٩ 3- الوضع الطبوغرافي: Topographic situation
- ١٥٩ 4-الوضع التكتوني: Tectonic situation
- ١٥٩ 5- الوضع الهيدروجيولوجي: Hydrogeological situation
- ١٦٠ ٤-١-2-1 تمثيل ومعالجة وتحليل البيانات:
- ١٦٨ 4-1-2-2 2 تثقيب العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي:
- ١٨٤ 4-1-2-3 تحديد قطاعات الأمل المائي (المواقع المحتملة لتواجد المياه الجوفية):

الفصل الخامس: تحليل وتفسير النتائج

- ١٩١ 5-1- التحقق العملي من النتائج باستخدام التحليل المكاني في GIS:
- ١٩١ ٥ -١-1- الحالة الدراسية الأولى: First case study
- ١٩١ 5-1-1-1 حالة توفر بيانات خاصة بالآبار: When data for wells are not available
- ١٩٩ 5-1-1-2 حالة عدم توفر بيانات خاصة بالآبار: When data for wells are not available
- ٢١٠ ٥ -2-1- الحالة الدراسية الثانية: The second case study
- ٢١٠ 5-1-2-١ حالة توفر بيانات خاصة بالآبار: When data for wells is available
- ٢١٥ 5-1-2-٢ حالة عدم توفر بيانات خاصة بالآبار: When data for wells are not available
- ٢٢٥ 5-2- إيجاد النموذج الرياضي لتحديد قيم دليل المأمولية المائية:
- ٢٢٦ 5-2-1- الحالة الدراسية الأولى:

٢٢٧.....	5-2- الحالة الدراسية الثانية:
٢٢٩	5-3- تأثير الفوالق: The effect of faults
٢٢٩.....	5-3-1- الحالة الدراسية الأولى: First case study
٢٣٠.....	5-3-2- الحالة الدراسية الثانية: The second case study
٢٣٢	5-4- المقارنة بين طرق التحريات الجيوفيزيائية واستخدام تقنيات برنامج GIS:
٢٣٦	الاستنتاجات والتوصيات:
٢٣٦.....	الاستنتاجات:
٢٣٧.....	التوصيات :
١٦٣	المراجع العربية:
٢٤١	المراجع الأجنبية:

فهرس الأشكال

أشكال الفصل الثاني

٦٠	الشكل (2-1): تسلسل عمليات الاستشعار عن بُعد وعناصرها
٦٥	الشكل (2-2): بعض أقمار الاستشعار عن بعد
٧٥	الشكل (2-3): العلاقة بين GIS والأنظمة الأخرى
٧٨	الشكل (2-4): مكونات نظام المعلومات الجغرافية
٧٩	الشكل (2-5): البيانات التي يتعامل معها GIS (الخارطة)
٨٠	الشكل (2-6): تحويل الخريطة إلى صيغة رقمية
٨٣	الشكل (2-7): وظائف أنظمة المعلومات الجغرافية

- الشكل (2-8): بعض التحليلات باستخدام GIS ٨٨
- الشكل (2-9): طرق العرض في GIS ٨٩
- الشكل (2-10): نماذج الإخراج باستخدام GIS ٨٩
- الشكل (2-11): تصنيف البيانات في شرائح ٩١

أشكال الفصل الثالث

- الشكل (3-1): ملف الأداة البرمجية الممثل لتحديد الأوزان ٥٩
- الشكل (3-2): واجهة الأداة البرمجية المعدة لإنشاء مصفوفة فارغة ٦١
- الشكل (3-3): واجهة الأداة البرمجية المعدة للحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق ٦٤
- الشكل (٣-٤): خطوات بناء النموذج للحالة الدراسية الأولى باستخدام بناء النماذج ٦٥
- الشكل (3-5): خطوات بناء النموذج للحالة الدراسية الثانية باستخدام بناء النماذج ٦٦
- الشكل (3-6): تمثيل بياني للعلاقة الرياضية المعبرة عن طريقة kriging ٦٩
- الشكل (٣-٧): المخطط الخوارزمي للنمذجة الرياضية لتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي ٧١

أشكال الفصل الرابع

- الشكل (٤-1): الموقع العام لمنطقة الدراسة. ٧٣
- الشكل (٤-2): حدود المنطقة المدروسة مع مواقع الآبار ٧٤
- الشكل (٤-3): الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة ٧٩
- الشكل (٤-٤): توزيع الفوالق في منطقة الدراسة. ٨٠
- الشكل (٤-٥): توزيع القسمات الخطية في منطقة الدراسة ٨٠
- الشكل (٤-6): توزيع كثافة التكتونيك في منطقة الدراسة. 81
- الشكل (٤-7): توزيع الميول في منطقة الدراسة ٨٢

- الشكل (٤- 8): كثافة المصيلات في منطقة الدراسة. 82
- الشكل (٤- ٩): توزع الهطول المطري في منطقة الدراسة. 83
- الشكل (4-10): مصفوفة التثقيل وفق متوسط آراء الخبراء ٩٤
- الشكل (4-11): مصفوفة التثقيل بعد الحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق ٩٤
- الشكل (4-12): قطاعات الامل المائي في المنطقة المدروسة ٩٦
- الشكل (4-١٣): قطاعات الامل المائي في المنطقة المدروسة وفق Modelbuilder ٩٧
- الشكل (٤-14): الموقع العام لمنطقة الدراسة. ٩٨
- الشكل (4-15): حدود المنطقة المدروسة مع توضيح لمواقع الآبار 98
- الشكل (٤-١٦): الخارطة الجيولوجية في منطقة الدراسة ١٠١
- الشكل (4-17): مخطط توزع الفوالق في منطقة الدراسة 102
- الشكل (4-18): القسمات الخطية في منطقة الدراسة ١٠٣
- الشكل (4-19): كثافة توزع التكتونيك في منطقة الدراسة ١٠٤
- الشكل (٤- 20): توزع الميول في منطقة الدراسة ١٠٤
- الشكل (4-21): توزع شبكة المصيلات في منطقة الدراسة ١٠٥
- الشكل (4-22): كثافة المصيلات في منطقة الدراسة ١٠٥
- الشكل (4- 23): توزع الهطول المطري في منطقة الدراسة ١٠٦
- الشكل (4-24): مصفوفة التثقيل وفق متوسط آراء الخبراء ١١٧
- الشكل (4-25): مصفوفة التثقيل بعد الحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق ١١٧
- الشكل (4-26): قطاعات الامل المائي في المنطقة المدروسة ١١٩

الشكل (4-27): قطاعات الامل المائي في المنطقة المدروسة وفق Modelbuilder ١٢٠.....

أشكال الفصل الخامس

الشكل (5-1): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الأول بطريقة IDW ١٢٦.....

الشكل (5-2): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثاني بطريقة IDW ١٢٦.....

الشكل (5-3): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثالث بطريقة IDW ١٢٧.....

الشكل (5-4): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الأول بطريقة Krigging ١٢٨.....

الشكل (5-5): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثاني بطريقة Krigging ١٢٨.....

الشكل (5-6): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثالث بطريقة Krigging ١٢٩.....

الشكل (5-7): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الأول ١٣٠.....

الشكل (5-8): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثاني ١٣٠.....

الشكل (5-9): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثالث ١٣١.....

الشكل (5-10): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الأول ١٣٢.....

الشكل (5-11): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الثاني ١٣٢.....

الشكل (5-12): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الثالث ٢٠٣.....

الشكل (5-13): توزيع الفوالق في القطاعات المتوقعة للأمل المائي ١٣٣.....

الشكل (5-14): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الأول ٢٠٤.....

الشكل (5-15): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثاني ١٣٤.....

الشكل (5-16): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثالث ٢٠٥.....

الشكل (5-17): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الأول ٢٠٧.....

الشكل (5-18): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثاني ٢٠٧.....

- الشكل (5-19): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثالث ٢٠٨
- الشكل (5-20): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الأول ٢٠٨
- الشكل (5-21): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الثاني ٢٠٩
- الشكل (5-22): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الثالث ٢١٠
- الشكل (5-23): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الأول بطريقة IDW ١٤٠
- الشكل (5-24): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثاني بطريقة IDW ١٤٠
- الشكل (5-25): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثالث بطريقة IDW ١٤١
- الشكل (5-26): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الأول بطريقة Krigging ١٤٢
- الشكل (5-27): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثاني بطريقة Krigging ١٤٢
- الشكل (5-28): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثالث بطريقة Krigging ١٤٣
- الشكل (5-29): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الأول ١٤٤
- الشكل (5-30): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثاني ١٤٤
- الشكل (5-31): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثالث ١٤٥
- الشكل (5-32): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الأول ١٤٦
- الشكل (5-33): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الثاني ١٤٦
- الشكل (5-34): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الثالث ١٤٧
- الشكل (5-35): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الأول ١٤٧
- الشكل (5-36): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثاني ١٤٨
- الشكل (5-37): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثالث ١٤٨
- الشكل (5-38): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الأول ١٤٩

- الشكل (5-39): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثاني ١٥٠
- الشكل (5-40): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثالث ١٥٠
- الشكل (5-41): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الأول ١٥١
- الشكل (5-42): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الثاني ١٥١
- الشكل (5-43): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الثالث ١٥٢
- الشكل (5-44): نموذج ModelBuilder لقياس قيم دليل المأمولية المائية وقيم العوامل المؤثرة ١٥٣
- الشكل (5-45): المنحني البياني الممثل للعلاقة بين القيم المقاسة والقيم المستنتجة لدليل المأمولية ... 154
- الشكل (5-46): المنحني البياني الممثل للعلاقة بين القيم المقاسة والقيم المستنتجة لدليل المأمولية ... 155
- الشكل (5-47): الفوالق مع توضيح أماكن توزيع الآبار في الحالة الدراسية الأولى 156
- الشكل (5-48): الفوالق مع توضيح أماكن توزيع الآبار في الحالة الدراسية الثانية 157

فهرس الجداول

جداول الفصل الثالث

- الجدول (1-3): قيم الأوزان حسب Saaty [103] ١٠١
- الجدول (2-3): قيم دليل الاتساق العشوائي [103] ١٠٤
- الجدول (١-٤): أرقام وأسماء الآبار حسب مواقعها في منطقة الدراسة ١٢٤
- الجدول (٢-٤): قيم المقاييس لمصفوفة التثقيل وفق الخمسة والعشرين خبيراً ١٣٧
- الجدول (٣-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الأول ١٣٩
- الجدول (٤-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني ١٣٩
- الجدول (٥-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثالث ١٣٩
- الجدول (٦-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الرابع ١٤٠
- الجدول (٧-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الخامس ١٤٠
- الجدول (٨-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير السادس ١٤١
- الجدول (٩-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير السابع ١٤١
- الجدول (١٠-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثامن ١٤٢
- الجدول (١١-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير التاسع ١٤٢
- الجدول (١٢-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير العاشر ١٤٣
- الجدول (13-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الحادي عشر ١٤٣
- الجدول (14-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني عشر ١٤٤
- الجدول (15-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثالث عشر ١٤٤
- الجدول (16-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الرابع عشر ١٤٥

- الجدول (4-17): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الخامس عشر ١٤٥
- الجدول (4-18): مصفوفة التثقيل وفق الخبر السادس عشر ١٤٥
- الجدول (4-19): مصفوفة التثقيل وفق الخبر السابع عشر ١٤٦
- الجدول (4-20): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثامن عشر ١٤٦
- الجدول (4-21): مصفوفة التثقيل وفق الخبر التاسع عشر ١٤٧
- الجدول (4-22): مصفوفة التثقيل وفق الخبر العشرون ١٤٧
- الجدول (4-23): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الحادي والعشرون ١٤٨
- الجدول (4-24): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثاني والعشرون ١٤٨
- الجدول (4-25): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثالث والعشرون ١٤٩
- الجدول (4-26): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الرابع والعشرون ١٤٩
- الجدول (4-27): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الخامس والعشرون ١٥٠
- الجدول (4-28): مصفوفة التثقيل وفق متوسط آراء الخبراء ١٥٠
- الجدول (٤-٢٩): توضيح لأرقام الآبار وأسماءها حسب موقعها على منطقة الدراسة ١٥٧
- الجدول (4-30): قيم المقاييس لمصفوفة التثقيل وفق الخبراء الخمس والعشرون ١٦٩
- الجدول (4-31): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الأول ١٧٠
- الجدول (4-32): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثاني ١٧١
- الجدول (4-33): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثالث ١٧١
- الجدول (4-34): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الرابع ١٧١
- الجدول (4-35): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الخامس ١٧٢
- الجدول (4-36): مصفوفة التثقيل وفق الخبر السادس ١٧٢

- الجدول (4-37): مصفوفة التثقيل وفق الخبر السابع ١٧٣
- الجدول (4-38): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثامن ١٧٣
- الجدول (4-39): مصفوفة التثقيل وفق الخبر التاسع ١٧٤
- الجدول (4-40): مصفوفة التثقيل وفق الخبر العاشر ١٧٤
- الجدول (4-41): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الحادي عشر ١٧٥
- الجدول (4-42): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثاني عشر ١٧٥
- الجدول (4-43): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثالث عشر ١٧٦
- الجدول (4-44): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الرابع عشر ١٧٦
- الجدول (4-45): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الخامس عشر ١٧٧
- الجدول (4-46): مصفوفة التثقيل وفق الخبر السادس عشر ١٧٧
- الجدول (4-47): مصفوفة التثقيل وفق الخبر السابع عشر ١٧٧
- الجدول (4-48): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثامن عشر ١٧٨
- الجدول (4-49): مصفوفة التثقيل وفق الخبر التاسع عشر ١٧٨
- الجدول (4-50): مصفوفة التثقيل وفق الخبر العشرون ١٧٩
- الجدول (4-51): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الحادي والعشرون ١٧٩
- الجدول (4-52): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثاني والعشرون ١٨٠
- الجدول (4-53): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الثالث والعشرون ١٨٠
- الجدول (4-54): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الرابع والعشرون ١٨١
- الجدول (4-55): مصفوفة التثقيل وفق الخبر الخامس والعشرون ١٨١
- الجدول (4-56): مصفوفة التثقيل وفق متوسط آراء الخبراء ١٨٢

- الجدول (1-5): قيم الغزارة والمنسوب الستاتيكي وعمق الطبقة الحاملة للآبار ١٩٢
- الجدول (2-5): قيم الغزارة والمنسوب الستاتيكي وعمق الطبقة الحاملة للآبار ٢١٠
- الجدول (٣-٥): النموذج الرياضي الممثل للعلاقة بين دليل المأمولية المائية والعوامل المؤثرة ... ٢٢٧
- الجدول (٤-٥): النموذج الرياضي الممثل للعلاقة بين دليل المأمولية المائية والعوامل المؤثرة ... ٢٢٨
- الجدول (٥-5) مقارنة بين طرق التحريات الجيوفيزيائية والمكتبية (الجدوى الفنية والاقتصادية) ٢٣٢

الفصل الأول

الإطار العام للبحث

The General Framework Of The Research

1-1 مقدمة Introduction

يعدّ توفر مصادر التزويد المائي بالشروط الكمية والنوعية المناسبة أساسياً لاستمرار الحياة البشرية. ففي الماضي كان طلب الإنسان على المياه قليلاً بالنسبة لمصادرها المتوفرة، وكانت قدراته التكنولوجية حينها ضعيفة التأثير في البيئة، وبالتالي لم تكن هناك أي مشكلة في تلبية الاحتياجات المائية لمختلف الاستعمالات. ولكن مع تزايد معدل الضخ للمياه الجوفية بسبب النمو المتزايد للسكان، مترافقاً مع التطور الصناعي والزراعي، وتنامي القدرات التكنولوجية المؤثرة على نحو سلبي في البيئة، أدت جميعها إلى ظهور التنافس على استعمالات المياه فسببت التلوث، ومن هنا كانت مشكلة المياه الآخذة بالتفاقم من أهم تحديات هذا القرن، مما جعل إدارتها وحسن استثمارها من أولويات اهتمامات الشعوب والحكومات، خاصة في وطننا العربي. وقد بينت الدراسات بأن الإدارة التكاملية ما بين الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ومع كل المعلومات والملاحظات التي تجمع من خلال المسوحات الميدانية من أهم الوسائل الناجعة في هذا المجال، وذلك عبر تطبيق الطرق التحليلية لمختلف المربّيات الفضائية وعمليات النمذجة الرقمية وتقنيات متطورة ترتكز بشكل أساسي على عمليات الحاسوب والبرمجة لاستخلاص مجموعة من المخططات الهامة، والتي تؤدي بدورها إلى فهم معمق لطبيعة النظام المائي في المنطقة محل

الدراسة، ومن ثم تزويد المختصين بالمعلومات الضرورية لتوجيه أعمال التنقيب عن الموارد المائية.

2-1- الدراسات المرجعية Literature review

ترتكز أهمية المياه الجوفية كمصدر لإمداد المياه كونها تحمل مواصفات نوعية كيميائية ومكروبيولوجية تكون عادةً أكثر جودة من المياه السطحية، وبالتالي نتفادى العبء المالي الإضافي لمعالجة المياه، وكونها مخزنة طبيعياً الأمر الذي يزيل الحاجة لوسائل تخزين سطحية للمياه باهظة الثمن، إضافةً إلى أنها ذات توزيع واسع الانتشار مما يسهل تطويرها بالقرب من موقع الطلب. للأسباب السابقة يعد استثمار المياه الجوفية في كثير من الأحيان السبيل الوحيد الرخيص نسبياً لضمان الحصول على المياه الآمنة في بعض المناطق بشكل أفضل. إلا أنَّ هذا المنهج يجب أن يتغير، ويجب عدم إغفال التخطيط والإدارة الجيدة لجميع عمليات استثمار المياه الجوفية وصولاً إلى تحديد أفضل المواقع لاستثمارها بالشكل الأمثل [٦].

إن استثمار وإدارة المياه الجوفية بشكل فعال واختيار أفضل المواقع لإنشاء الآبار كي تلبي الهدف المطلوب منها، يتطلب جملة من التحريات والدراسات من الناحية الطبوغرافية والمناخية والجيولوجية والهيدروجيولوجية إضافة إلى دراسة الجدوى الاقتصادية والاستفادة من بيانات الاستشعار عن بعد ومن جميع البيانات والمعلومات المتوفرة سابقاً. و تحتاج معظم المناطق التي يتم فيها البحث والتنقيب عن المياه الجوفية إلى إجراء مسح جيولوجي لها من خلال الخرائط الجيولوجية التي تشكل قاعدة هامة لتحديد تقنية الاستكشاف المناسبة وفي حال عدم توفر الخرائط الجيولوجية لابد من إجراء مسح استطلاعي أولي للحصول على المعلومات الضرورية للمختص، ومن المهم أيضاً الاستعانة بالصور الجوية وصور الأقمار الصناعية وإجراء دراسة تشمل وجهات نظر متعددة (جيولوجية - طبوغرافية - هيدرولوجية - هيدروجيولوجية) [١٣].

وتعد الخرائط الجيولوجية مفيدة في تفسير الملامح البنيوية الأساسية لعمق واتجاه الصخور في التوضعات التشفقية وعند الفوالق والانكسارات، بينما تفيد الخرائط الهيدروجيولوجية في استنتاج امتداد الطبقات الحاملة للمياه والطبقات الكتيمية وشبه النفوذة سواءً بالمراقبة البصرية للنتوءات الصخرية البارزة والمجاورة لمنطقة الدراسة أو اعتماداً على العلاقات الفيزيائية ذات الصلة أو التركيب الفلزي أو العلاقات المتعلقة بعمر المياه الجوفية، كما يمكن للخريطة الهيدروجيولوجية أن توضح أماكن توزع وامتدادات الصخور الصلبة والتشفقية ومناطق التجوية [١٤] .

يجب إدارة طرق التحري والكشف والتقيب عن المياه الجوفية بشكل فعال لكي نتوصل إلى تحديد الموقع الأفضل لحفر آبار المياه الجوفية، بحيث تحقق هذه الآبار الغرض من حفرها من حيث الإنتاجية المطلوبة والنوعية المناسبة للمياه تبعاً لغرض الاستخدام المطلوب، وديمومة هذه الآبار مع المحافظة على النظام البيئي ما أمكن والابتعاد عن مصادر التلوث، وبحيث يتم تنفيذ حقل الآبار بأقل كلفة ممكنة. كما أنه عند تحديد موقع بئر يجب الاعتماد على المعرفة المسبقة للهيدروجيولوجي الخبير بالنظام المحلي للمياه الجوفية وبالشروط الهيدروجيولوجية السائدة وبما لديه من خبرات سابقة ومعلومات عن مناطق سابقة مشابهة لمحيط الموقع المدروس، مثل طبوغرافية الأرض وتشفقية الصخور والشروط الجيولوجية المحلية ونوعية المياه الجوفية السائدة وطبيعة الغطاء النباتي ومعلومات أخرى متعلقة بسماكة وعمق ونفوذية الطبقات الحاملة للمياه في مواقع آبار محفورة في الجوار واستخدام ما بحوزته من قياسات لمناسيب المياه الجوفية أو قياسات جيوفيزيائية أو صور جوية أو فضائية [22] .

أجريت دراسة في وادي الفرات الأدنى بهدف دراسة الظروف الهيدروجيولوجية في المنطقة، وتقدير موارد المياه الجوفية الحرة فيها، حيث اعتمد البحث على تحليل نتائج القياسات ومناقشتها في شبكة رصد تتألف من 69 بئر مراقبة محفورة في توضعات الرباعي، وتبين أن دور مياه الأمطار يكون

قليلاً في تغذية المياه الجوفية، لأن كمية الهطل المطري قليلة في المنطقة، وأن شبكة الصرف الطبيعية والاصطناعية غير كافية لإبقاء سطح المياه الجوفية على عمق آمن للمزروعات في القطاع الثالث لأن التربة قليلة النفاذية وسطح الأرض مستو تقريباً [٢] .

أجريت دراسة على منطقة الحوز الأدنى لنهر الكبير الشمالي التي تشهد نشاطاً اقتصادياً مهماً، تزداد معه الحاجة إلى المياه وذلك من أجل تحديد العلاقة بين كمية الهطل وتغير مناسيب المياه الجوفية. حيث تنتشر في المرتفعات صخور كلسية ومارلية، مشققة ذات نفوذية عالية، بينما تنتشر توضعات متوسطة إلى قليلة النفوذية في السهول الساحلية وتتوضع المياه الجوفية على عمق قليل من سطح الأرض، وتستجيب مناسيبها بسرعة كبيرة نسبياً لتسرب مياه المطر ومياه الري مما يجعل تلوثها وتأثرها بالعوامل الجوية سهلاً وسريعاً، وستتأثر بالتغيرات المناخية بسهولة. وتبين نتيجة معالجة البيانات الحقلية ومناقشتها أن تغيرات مناسيب المياه الجوفية ترتبط بعوامل طبيعية واصطناعية متعددة ومتداخلة التأثير في مناسيب المياه الجوفية، فبعضها يزيد تغذية المياه الجوفية وارتفاع مناسيبها وبعضها الآخر له تأثير معاكس، بحيث لا يمكن وضع علاقة رياضية بين مناسيب المياه الجوفية وكميات الهطل المطري، بسبب التأثير المتزامن لهذه العوامل، التي يصعب عزلها ومراقبتها في وضعها الطبيعي [١] .

تم إجراء بحث للتنبؤ بخريطة تساوي مناسيب المياه الجوفية الحرة في سهل جبلة في محافظة اللاذقية وذلك باستخدام طريقتين من طرق الاحصاء المكاني (interpolation method) هما: kriging , IDW ، وذلك باستخدام البيانات المتوفرة في هذه المنطقة والتي هي عبارة عن 24 بئرًا وتوصلت الدراسة إلى أن طريقة IDW هي الطريقة التي أعطت بعد المعايرة قيمة قريبة من القيم الحقيقية بنسبة خطأ لا تتجاوز 10% والتي يمكن بواسطتها التنبؤ بمناسيب المياه الجوفية في الأماكن التي لا يوجد فيها آبار محفورة، حيث رصدت مناسيب المياه الجوفية فيه في الفترة الواقعة

بين (2004-2005) [١٥] .

تمّ عرض بحث لثلاث حالات دراسية (ثلاث أحواض) من سورية، بهدف الوصول لأداة إدارة هذه الأحواض فقد ساعد الأنموذج الرياضي في الجزء الشمالي من حوض الخابور في تحديد مواقع آبار الرصد، كما أوضح تأثير الضخ المتزايد في الجريان الجوفي القادم من الحدود التركية. في حين ساعد الأنموذج الرياضي لسهل الزيداني على إظهار تأثير الضخ الإضافي من مواقع الآبار الجديدة على مناسيب المياه الجوفية وفي فحص تأثير التغيرات المناخية على الوضع المائي في السهل من خلال تصورات مختلفة. أما في منطقة حسياء فقد أسهم الأنموذج الرياضي المطور للمنطقة في تحديد مناطق التغذية لآبار الضخ وفحص تأثير تصورات الضخ المختلفة على مناسيب المياه الجوفية [٤] .

ترتبط إمكانية اتخاذ القرارات الصحيحة في الوقت المناسب بشكل وثيق بتوافر المعلومات كماً ونوعاً وبموثوقية تلك المعلومات، وتمتلك تكنولوجيا المعلومات عناصر قوة باستطاعتها تغيير طريقة عمل المؤسسات ودعم اتخاذ القرارات وتأمين الخدمات وتطوير الوسائل وإعطاء نتائج سريعة مضمونة وبكلفة أقل مع اختصار للوقت، بالإضافة إلى سهولة الوصول إلى البيانات والمعلومات وتبادلها. ومن هنا يعدّ توافر نظام متكامل للمعلومات مثل أنظمة المعلومات الجغرافية أمراً هاماً لتسهيل عمليات التحليل وصياغة البدائل المقترحة وتطوير القدرات في مجال البحث والإدارة والمساعدة في صنع القرار وتقييم الأوضاع الحالية ووضع الخطط المستقبلية. وتتمتع أنظمة المعلومات الجغرافية بإمكانيات واسعة وكبيرة تسمح بتخزين كميات هائلة من المعلومات ومن ثم استثمارها الاستثمار الأمثل، وتبادلها ومعالجتها للوصول بالدراسات والبحوث إلى إيجاد أفضل الحلول واتخاذ أفضل القرارات سواء من النواحي الاقتصادية أو الإنسانية أو البيئية، ولابد من تزويد هذه الأنظمة بالمعطيات الموثوقة والدقيقة مع تحديثها المستمر ليتم استثمارها على الوجه

كما يجب الاستفادة من تطبيقات الاستشعار عن بعد لما لها من أهمية في مجالات عدة رئيسية منها الدراسات الجيولوجية والهيدروجيولوجية والهيدرولوجية والدراسات الزراعية والغطاء النباتي والدراسات العمرانية والتخطيط الإقليمي الشامل والكشف عن الآبار ومراقبة التغيرات المناخية والأحوال الجوية بالإضافة للدراسات البيئية. وعليه فإن الاستفادة من بيانات الاستشعار عن بعد يعد وسيلة هامة عند القيام بمشاريع تنمية المياه الجوفية وذلك عن طريق دمج بيانات الاستشعار عن بعد مع مختلف البرامج المستخدمة لإدارة المياه الجوفية أو استخدامها كوسيلة مكملة مع طرق التحري والاستكشاف الأخرى. حيث أثبتت الدراسات الهيدروجيولوجية التي نفذتها الهيئة العامة للاستشعار في القطر العربي السوري باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والتقنيات الرافدة لها الدقة العالية في النتائج إضافة إلى سرعة الحصول عليها بكلفة أقل وجهد متواضع، ونتيجة لاستخدام التجهيزات المتطورة والبرامج الحديثة فقد ساعد ذلك على تنفيذ دراسات حديثة لبعض الأحواض المائية والمناطق المهددة باستنزاف الطبقات المائية الجوفية فيها، حيث تمّ تنفيذ عدة دراسات بهدف تنمية الموارد المائية وذلك باستخدام النماذج الرياضية المناسبة لتلك المناطق والتي تضمن حمايتها من الاستنزاف [٢١] .

يعد استخدام الاستشعار عن بعد مفيداً بشكل خاص في المناطق ذات التكوينات الجيولوجية الجيرية وفي المواقع ذات الصخور الصلبة حيث تتواجد الانكسارات الجيولوجية من صدوع وطيّات وشقوق وكهوف. في مثل هذه الحالات، نختار الموقع الأفضل لآبار المياه الجوفية من دراسة الظواهر والسمات الخطية التي يتم ملاحظتها في الصور الجوية وصور الأقمار الصناعية، حيث إن هذه السمات تمثل مناطق الشقوق والصدوع والفوالق، أو تمثل أية معالم هيدروجيولوجية أخرى ذات أهمية مثل الحدود الليتولوجية والهيدروليكية للطبقة المائية. من الجدير بالذكر أنه لا تمثل

جميع الشقوق والصدوع مناطق ذات نفاذية، حيث تمتلئ بعض مناطق الشقوق بمواد غضارية ضعيفة النفاذية مترسبة بسبب عوامل التجوية أو التغيرات الحرارية للصخور. ولهذا فإن تحديد القسامات الخطية عن طريق تفسير صور الأقمار الصناعية أو الصور الجوية يجب أن يتبع دائماً بتحريات أخرى مثل الاستطلاع الحقلّي أو المسح الجيوفيزيائي [٢٢] .

قامت الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في الجمهورية العربية السورية بالعديد من الدراسات الهيدروجيولوجية ومنها دراسة وضع المياه الجوفية في المنطقة الشرقية من محافظة حماة. حيث نفذت هذه الدراسة في عام 1986 بهدف وضع أنسب الحلول لمشكلة نقص المياه في منطقة السلمية بسبب نقص الموارد المائية وتوافر التربة الخصبة في هذه المنطقة، وقد استخدمت في هذه الدراسة صور المواسح TM,MSS المحمولة على متن التابع الصناعي LANDSAT5 وذلك لوضع خارطة تبين توزع القسامات الأرضية والوضع التكتوني السائد، وقد تبين من خلال قراءة وتفسير الصور وجود فوالق وصدوع وتشققات من الممكن أن تكون مصدراً جيداً لتواجد المياه الجوفية في منطقة الدراسة. وبالنتيجة تمّ حصر ثلاث مناطق أمل جديدة بأعمال تفصيلية لحل مشكلة نقص المياه في المنطقة الشرقية من محافظة حماة وكذلك تمّ توجيه المديرية المختصة لإجراء المسوحات الجيوفيزيائية في مناطق الأمل بغية تحديد المواقع الدقيقة والمناسبة لحفر آبار المياه الجوفية [٢١] .

وفي إحدى الدراسات التي نفذتها هيئة الاستشعار عن بعد في سورية تمّ استخدام الخرائط الجيولوجية وتحديثها بناء على تفسير الصور الفضائية من أجل تنفيذ دراسات مائية في الساحل السوري. حيث تمّ اكتشاف العديد من المصادر المائية منها مشروع سرير نهر الكبير الشمالي ويعتبر من أفضل المشاريع التي نفذتها الهيئة في المشاريع المائية من حيث كمية المياه المكتشفة ونوعيتها والتتقية الذاتية التي توفرها توضعات الرباعي في سرير نهر الكبير الشمالي، وخاصة بعد

تلوث بعض الآبار المخصصة لإرواء بعض القرى في الجزء الجنوبي من هذا السرير. وكانت نتيجة هذه الدراسة تحديد العديد من الآبار التي تم اختيارها بحيث تعطي غزارات مائية كبيرة قد تكون احتياطياً مائياً كبيراً لمدينة اللاذقية وريفها، وقد حققت الدراسة أهدافها من خلال القيام بحفر أكثر من 20 / بئراً وبأعماق قليلة ضمن توضعات الرباعي التي تعمل كفلتر طبيعي لتنقية المياه ذاتياً وأكدت تجارب الضخ وجود كميات كبيرة جداً من المياه [١٩].

كما تم تنفيذ مشروع من قبل الهيئة العامة للاستشعار عن بعد بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة بهدف تحديد مواقع جديدة للمياه الجوفية في مناطق اختيارية ووضع قواعد وأسس لاعتماد تقنيات الاستشعار عن بعد في مناطق مشابهة وتأهيل كوادر فنية من العاملين في الهيئة في مجال استخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لاستكشاف مواقع المياه الجوفية وبالتالي تزويد المؤسسات الوطنية المعنية بخرائط إمكانية تواجد المياه الجوفية. وقد نفذ المشروع في منطقتين ممثلتين وحيويتين ضمن حدود المنطقة الجنوبية والمنطقة الساحلية للجمهورية العربية السورية واستخدمت في المشروع صور الماسح TM الذي يحمله التابع الصناعي LANDSAT5 الذي يعتبر من الجيل الثاني لمنظومة LANDSAT الأمريكية وحضرت لهذا الغرض الصور المسحية بالأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة والتي تلائم إمكانية ظهور وتحديد القسمات الخطية، كما استخدم في معالجة المعطيات برنامج (ERDAS8,2)، واستخدم لأعمال نظام GIS برنامج ARC/INFO وقد تمت الاستفادة القصوى من إمكانية تلك البرامج في معالجة المعطيات الفضائية وإدخال المعلومات والنتائج المستقاة منها ومن المصادر المعلوماتية الأخرى وكذلك تدريب وتأهيل الكوادر البشرية العاملة بهذا المجال. ومن تحليل وتفسير الصور الفضائية والاستفادة من المصادر التقليدية للمعلومات تم وضع خرائط القسمات الخطية ووضع شبكة المسيلات المائية والينابيع السطحية وآبار المياه الجوفية وخطوط التسوية وباستخدام نظام

المعلومات الجغرافية تمّ وضع المخطط النهائي الذي يمثل مخطط القسمات الأرضية موقعاً عليه مختلف الموارد المائية السطحية من آبار ونبابيع. ومن معالجة هذه المعلومات كذلك أمكن استنتاج أفضل المواقع لحفر الآبار وبالتعامل مع الدراسات الجيوفيزيائية الحقلية تمّ التحديد الدقيق لمواقع حفر الآبار [٢١] .

إن عملية التحليل الهرمي هي تقنية لتنظيم وتحليل القرارات المعقدة بالاستناد إلى الرياضيات والفيزياء وقد تمّ تطويرها من قبل Thomas Saaty 1980 ودرست على نحو واسع وشذبت منذ ذلك الحين والتي فيها تقسم المشكلة إلى قرارات متعددة يتم ترتيبها في بناء هرمي متخذين آراء (اجتهادات) للأهمية ذات الصلة لكل زوج من العناصر بالاستناد إلى عدد من الخبرات ومن ثم ترتيب النتائج. إن هذه الطريقة تسمح ببعض من عدم التطابق في الاجتهاد (الرأي) لأن البشر ليسوا دائماً على ثبات (تطابق) [٦٤].

أعدت دراسة للبحث عن المياه الجوفية باستخدام الدمج لتقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وذلك في حوض مجيب في الجزء الأوسط من الأردن، حيث تعتمد هذه الدراسة على تحديد مناطق الأمل المائي من خلال تقييم مجموعة من البارامترات الطبوغرافية، الجيولوجية والهيدروجيولوجية (الميل، القسمات الخطية، الجيولوجيا، المسيلات المائية) المؤثرة في طبيعة حدوث المياه الجوفية. وبالنتيجة يتم الحصول على خريطة الأمل المائي الجوفي التي صنفّت إلى ثلاثة أصناف وهي مناطق ذات أمل مائي: عالي - متوسط - منخفض. أي حوالي 7% من منطقة الدراسة ذات أمل مائي عالي وتركزت في الجزء الغربي من منطقة الدراسة بينما 79% من منطقة الدراسة صنفّت كأمل مائي متوسط، وما تبقى من منطقة الدراسة أي حوالي 14% صنفّت كمناطق منخفضة من حيث المأمولية المائية والتي تركزت في الجزء الشمالي والجنوبي من منطقة الدراسة، وهذه النتائج تمّ توثيقها من خلال بيانات الآبار الموجودة والمراقبات

الحقلية حيث إن الآبار ذات التدفقات الأعلى تتوضع ضمن المنطقة ذات التصنيف العالي من حيث توقع وجود المياه الجوفية فيها وهي منطقة تتسم بصخور كارستية ومناطق فوالق وتكهفات [84, 88, 99, 108].

وفي الأردن أيضاً ونتيجة للمعاناة المستمرة من فترات الجفاف وزيادة الطلب على المياه نتيجة زيادة معدلات السكان، فقد تمّ إجراء دراسة لاستثمار مصادر مياه جديدة في الجزء الشمالي والجنوبي في حوض وادي عربة، حيث طور الباحثون نموذجاً لتوصيف مناطق الأمل المائي الجوفي باستخدام نظام المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد، الذي بدوره يكون أداة مفيدة في استثمار المياه الجوفية. وقد تمّ استخدام تقنية التركيب الخطي الموزون في GIS لتطوير نموذج الأمل المائي باستخدام مجموعة من البارامترات الهيدرولوجية، الجيولوجية والطبوغرافية المساهمة في تشكل المياه الجوفية. والنتائج التي تمّ الحصول عليها من هذا النموذج يظهر أن حوالي 40% من منطقة الدراسة صنف كمنطقة عالية من حيث وجود المياه الجوفية فيها وهي تتركز في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة وذلك على طول الوديان وبمحاذاة نظام الفوالق، حيث إن التوزيع المكاني لهذه المناطق متعلق بشكل كبير بمواقع آبار المياه الجوفية المتواجدة في المنطقة، كما أنها بينت وجود مناطق كثيرة لم يتم استثمارها تصنف كمناطق جيدة من حيث احتمال وجود المياه الجوفية فيها، ومن جهة أخرى فإن 20% من منطقة الدراسة صنف كمناطق منخفضة من حيث الأمل المائي وتركزت في الأجزاء الجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة حيث الحوامل المائية تكون غير مترابطة، بينما 40% من منطقة الدراسة صنف كمناطق متوسطة المأمولية [36, 68].

وباستخدام صور القمر الصناعي الأمريكي مع الاستفادة من الـ GIS تمّ إجراء نظام نمذجة متكامل بهدف تحديد تواجيدات المياه الجوفية في شبه جزيرة سيناء بمصر، كما تمّ الاستعانة بالمعلومات والبيانات المتعلقة بالمنطقة والاستفادة منها في إنشاء الشرائح اللازمة للنمذجة، مع إعطائها أوزاناً

معينة وفقاً لأهميتها النسبية في تحديد احتمالية تواجد المياه الجوفية، وهذه الشرائح هي: الهطول المطري، الخصائص الرشحية، كثافة الصدوع، درجة الميل السطحي، كثافة شبكة الصرف، العمق حتى سطح المياه الجوفية، ونوعية المياه. بالنتيجة تمّ الحصول على خريطة تضم خمسة فئات لتصنيف تواجد المياه الجوفية بدرجات تتراوح ما بين العالية جداً إلى المنخفضة للغاية، وتم اختبار صحة النموذج القائم على الـ GIS من خلال ربط نتائجه ومقارنتها بالخريطة الهيدروجيولوجية لمصر والإنتاجية الفعلية للآبار الموجودة بالواقع والمستثمرة حيث تبين تطابق النموذج مع الواقع، وأوصى البحث بتصنيف منطقة الدراسة بفئة متوسطة لتواجد المياه الجوفية حيث تشغل هذه الفئة 52% من المساحة الكلية لشبه الجزيرة [52, 29].

وفي منطقة النوبية في مصر طور الباحثون نموذجاً هيدرولوجياً لتوفر المياه الجوفية باستخدام معلومات طبوغرافية وجيومورفولوجية وجيولوجية وذلك باستخدام عدة عوامل مؤثرة هي: الليتولوجيا، القسامات الخطية، الفوالق، الميول، استخدام الأراضي وبيانات استشعار عن بعد ودراسات حقلية حيث أدخلت البيانات إلى هذا النموذج كطبقات Raster. وقد تمّ دمج الشرائح الممثلة لهذه العوامل في برنامج نظام المعلومات الجغرافية بعد إعطائها أوزان حسب أهميتها في تواجد المياه الجوفية وفق رأي الخبراء والدراسات السابقة. وتم الحصول على خريطة الأمل المائي التي صنفّت إلى خمسة أصناف بدءاً من فقيرة جداً إلى جيدة جداً من حيث إمكانية تواجد المياه الجوفية فيها. حيث إن أصناف خريطة الأمل المائي تمّ اختبارها بالتوافق مع توزيع آبار المياه الجوفية في المناطق الزراعية والتي تزود بمعرفة عامة لمناطق الأمل في منطقة الدراسة. وتقتصر الخريطة الناتجة التوضعات المأمولة لتجمعات المياه الجوفية، والتي معظمها تكون في مناطق صخورها السطحية ذات نفاذية عالية وموجودة أسفل المجرى، حيث إن مناطق الأمل المائي ذات التصنيف العالي تكون متوضعة بشكل رئيس عند الجزء الشرقي من الحوض وخصوصاً عند الترسبات الطينية،

وهي تغطي مساحة 5.4% من المساحة الكلية للنوبية، بينما المناطق ذات الخصائص الضعيفة جداً تغطي 0.9% من المساحة الكلية والجيدة 25.9% والفقيرة حوالي 32.5% والمتوسطة تشغل الجزء الأكبر من المساحة الاجمالية للنوبية والتي تصل إلى 35.3% والخريطة الناتجة للأمل المائي تمّ اختبارها بالتوافق مع توزيع الآبار في المناطق الزراعية في النوبية ومناطق التجمعات السكنية، وقد تبين أن معظم مناطق الأمل المائي تقع ضمن التصنيف العالي إلى العالي جداً. والخريطة الناتجة لها درجة عالية من الموثوقية وخصوصاً أنها تضيف مواقع جديدة لاستثمار المياه الجوفية حيث إن أسفل الحوض تمثل مناطق جيدة جداً لاستثمار المياه الجوفية كما أن أعلى الحوض من الممكن عده مناطق واعدة لاستثمار المياه الجوفية، وهذه المناطق ميولها معتدلة ذات كثافة مسيلات منخفضة إلى متوسطة، كما أن الصخور شبه النفوذة والرسوبيات الطينية منتشرة بشكل واسع والتي تساعد على تغذية الطبقة الحاملة. من جهة أخرى فإن توزيع الصخور الغرانيتية ذات الشقوق المنخفضة وكثافة المسيلات المرتفعة والميول الحادة وخصوصاً عند أسفل الحوض تقلل من تغذية الطبقات الحاملة وتزيد من الجريان السطحي والتدفقات خلال الفصول الماطرة [55,26, 25, 107] .

وفي مصر أيضاً تمّ تخطيط مناطق الأمل المائي في حوض نيجيلا في الساحل الشمالي الغربي بإدخال تأثير مجموعة من البارامترات مثل: الجيولوجيا، الميل، كثافة المسيلات، كثافة القسمات الخطية، التربة، استخدام الأرض. حيث تمّ الحصول على الخريطة النهائية لمناطق الأمل المائي والتي صنفت إلى خمسة أصناف: فقيرة جداً، فقيرة، متوسطة، جيدة، جيدة جداً. وقد تبين أن العدد الأعلى لآبار المياه الجوفية متوزعة ضمن المناطق ذات التصنيف الجيد والمتوسط كلما اتجهنا جنوباً حيث الميل المنخفض وكثافة المسيلات المنخفضة وأماكن الشقوق [85 , 54].

ونتيجة لزيادة الطلب على المياه بسبب انتشار الجفاف في العراق فقد كانت هناك حاجة ملحة

لإدارة مصادر المياه الجوفية في ضوء التقنيات الفعالة الحديثة من أجل إدارة أفضل وحماية نظام الطبقة الحاملة حيث كانت هناك محاولة نفذت من خلال دراسة لوصف مناطق المياه الجوفية المتوفرة في الطبقة الحاملة الرئيسة في الجزء الشمالي الشرقي من محافظة سيسان جنوب العراق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وذلك من خلال استخدام عدد من العوامل المؤثرة على تواجد المياه الجوفية، حيث إنه بسبب فقر البيانات تمّ الاكتفاء بأربعة معايير أو سمات مؤثرة في نقل المياه الجوفية في المنطقة وهي: الجيولوجيا، الجيومورفولوجيا، التربة، وكثافة القسّمات الخطية. وقد تمّ وضع الخرائط الموضوعية لها لتوصف الأصناف المحتملة للمياه الجوفية وذلك بعد إعطائها أوزاناً محددة باستخدام طريقة التحليل الهرمي حسب دورها في تشكيل المياه الجوفية. فمن الخريطة الجيولوجية يتبين أن الرواسب العائدة إلى العصر الجيولوجي الثالث أكثر أهمية في تشكل المياه الجوفية من الرواسب العائدة إلى العصر الرباعي وذلك بالارتكاز على خصائص الصخور في نقل وتخزين المياه الجوفية. كذلك بالنسبة للقسّمات الخطية فإن المنطقة الأقرب للقسّمات الخطية هي المنطقة الأكثر نفاذية والتي لديها الفرصة الأعلى لتجميع المياه الجوفية، ومن ناحية أخرى فإن التراكيب الجيومورفولوجية ذات القدرة الأعلى في ترشيح المياه وتخزينها أعطيت وزناً أعلى، والتربة ذات الخصائص الترشيحية الأعلى لديها القدرة الأكبر في ترشيح المياه وبالتالي تعطى وزن أعلى. وكل هذه الخرائط الموضوعية تمّ دمجها وتحليلها في برنامج نظام المعلومات الجغرافية ومن ثم الحصول على خريطة الأمل المائي باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون والتي تمّ تصنيفها إلى ثلاثة أصناف من حيث توفر المياه الجوفية فيها وهي: عالية، متوسطة، منخفضة، والتي تغطي مساحات $157,554,1138 \text{ km}^2$. وقد تمّ التحقق منها باستخدام بيانات الآبار الموجودة في منطقة الدراسة، حيث تمّ استخدام بيانات 36 بئراً ضمن منطقة الدراسة حيث تبين أن 9 آبار تتميز بمعدلات ضخ $(8-6) \text{ l/s}$ وهي واقعة ضمن المنطقة

ذات التصنيف العالي من حيث الأمل المائي الجوفي، بينما 7 آبار من أصل 13 بئر بمعدلات ضخ متوسطة $1/s(5-6)$ واقعة ضمن المنطقة ذات التصنيف المتوسط بينما 3 منها تقع ضمن المنطقة ذات التصنيف المنخفض ومن ناحية أخرى فإن كل الآبار ذات معدلات الضخ المنخفضة $1/s(4-5)$ تقع ضمن المنطقة ذات التصنيف المنخفض ولهذا كانت الدقة المتوقعة 72%، وتساعد هذه الخريطة على وضع خطة استثمار مناسبة في المستقبل من أجل التخطيط الفعال لمياه جوفية نظيفة وآمنة في منطقة الدراسة، لاسيما أن مصادر المياه الجوفية في منطقة الدراسة تحتاج إلى إدارة حذرة لمخطط الضخ [٢٧, 30, 61, 72, 75].

وفي دراسة أجريت في العراق أيضاً في الصحراء الشرقية الواقعة في الرمادي، وذلك بدمج بيانات الاستشعار عن بعد مع نظام المعلومات الجغرافية للتحري عن المياه الجوفية عن طريق تحليل بيانات الآبار والعوامل المؤثرة وهي: الميل، كثافة المسيلات، الفوالق، الجيولوجيا، التربة والتي استخرجت من الصور الفضائية والبيانات الجيولوجية. وباستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية يتم الحصول على الخريطة النهائية لمناطق الأمل المائي والتي قسمت إلى خمسة أصناف من حيث توقع وجود المياه الجوفية فيها وهي: عالية جداً ، عالية ، متوسطة ، منخفضة، منخفضة جداً ، وتم توثيق النتائج بالمقارنة مع بيانات الآبار، وكانت الدقة بحدود 57% [31] .

في الإمارات العربية المتحدة، مدينة الشارقة قام عدد من الباحثين بتطوير نموذج لمناطق الأمل المائي بحيث يضمن الإدارة الفعالة والاستخدام الأمثل لمصادر المياه الجوفية في الجزء الشمالي من الإمارات، حيث إن تزايد الطلب على المياه ذات النوعية الجيدة دفع إلى ضرورة تقييم إنتاج الطبقات الحاملة للمياه الجوفية، وإلى ضرورة الحصول على نموذج لمناطق الأمل المائي من أجل الإدارة الفعالة والاستخدام الملائم لمصادر المياه الجوفية وذلك بدمج تقنيات الاستشعار عن بعد مع نظام المعلومات الجغرافية وبمساعدة عدد من العوامل المؤثرة في تواجد المياه الجوفية مثل: التربة،

الجيولوجيا، كثافة المسيلات، الجيومورفولوجيا، الميل، استخدام الأرض والهطول المطري السنوي والتي تم إعطاؤها أوزان حسب قوة تأثيرها في تواجد المياه الجوفية وذلك باستخدام طريقة التحليل الهرمي والتي تعتمد على الخبرات والتجارب السابقة، ومن ثم بعد المعالجة في برنامج نظام المعلومات الجغرافية استخرجت خريطة الأمل المائي حيث صنفتم إلى خمسة أصناف من حيث توفر المياه الجوفية (عالي جداً، عالي، متوسط، منخفض، منخفض جداً). وقد أوصت هذه الدراسة بأن يركز العمل المستقبلي على تحسين النتائج بتقديم قيم للأوزان أكثر موثوقية بالإضافة إلى اكتشاف عوامل أخرى مساهمة في تشكيل مناطق الأمل المائي [106, 96, 47].

إن مناطق الأمل المائي في وادي عرنة في المملكة العربية السعودية استخرجت باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية بالاعتماد على العوامل التالية المؤثرة على تخزين المياه الجوفية والتي تتضمن: الهطول المطري، الليتولوجيا، الميل، استخدام الأرض، كثافة المسيلات، القسمات الخطية، والتي دمجت في برنامج نظام المعلومات الجغرافية ومن ثم الحصول على خريطة الأمل المائي التي أظهرت أن 15% من مساحة وادي عرنة ذات مأمولية مائية عالية وخاصة في أماكن وجود القسمات الخطية [77].

وفي إيران أصبح تقييم مناطق الأمل هاماً بسبب الجفاف والشروط البيئية الصعبة، حيث استخدمت المياه الجوفية مصدراً رئيسياً للتزويد بالمياه في أماكن كثيرة من إيران مثل: طهران، كيرمان، أصفهان، سيمنان مما استدعى الحكومة الإيرانية مؤخراً إلى البدء بمشاريع لتقييم مصادر المياه الجوفية من أجل إدارة الطلب على المياه مستقبلاً من خلال تطبيقات تقنيات نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحديد المناطق الأكثر ملاءمة للأمل المائي كما في الدراسة التي تمت في الطبقة الحاملة بالقرب من الساحل جنوب إيران [90].

كما أجريت دراسة لبيان دور التراكيب الجيولوجية في تحديد مناطق الأمل المائي بدمج تقنيات

الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية في منطقة شرق Tabas في مركز إيران والتي تتأثر بعمليات تكتونية عالية حيث تتواجد الكثير من التراكيب الجيولوجية مثل الفوالق، الشقوق والفواصل والقسمات الخطية. ولهذا الغرض استخدمت عدة طبقات أساسية مثل كثافة القسمات، الليتولوجيا، كثافة المسيلات، نموذج الارتفاع الرقمي، حيث استخرجت باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، البيانات الجيولوجية، الخرائط الطبوغرافية. ومن ثم تحضير الطبقات رقمياً ووضع وزن لها باستخدام طريقة التحليل الهرمي حسب أهميتها في تشكيل المياه الجوفية ومن ثم دمجها في برنامج نظام المعلومات الجغرافية باستخدام طريقة التركيب الخطي الموزون للحصول على خريطة الأمل المائي. حيث أوضحت هذه الخريطة علاقة مقاربية بين مناطق الأمل ومواقع تركيز القسمات الخطية، وقد أظهرت النتائج أن التوضع الأعظمي للمناطق ذات الأمل المائي المرتفع يقع بالقرب من الفوالق شمال شرق منطقة الدراسة حيث تلعب الفوالق دوراً هاماً في تخزين وحركة المياه الجوفية ومن ناحية أخرى يعتبر ظهور الينابيع أحد المؤشرات الأساسية للعلاقة بين الفوالق والمياه الجوفية [35, 86].

وفي دراسة أجريت في مقاطعة Tumakuru, Karnataka في الهند للتحري عن مناطق الأمل المائي في الأماكن ذات الطبيعة الصخرية الصلبة حيث استخدمت لذلك تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية من أجل الحصول على الخرائط الممثلة للجيولوجيا، المسيلات، القسمات الخطية، أنواع التربة، الميل. والتي أعطيت وزناً محدداً بالاعتماد على طريقة التحليل الهرمي حسب أهميتها المتعلقة بحدوث المياه الجوفية ومن ثم تم الحصول على خريطة الأمل المائي بعد دمج الطبقات الممثلة لهذه الخرائط في برنامج نظام المعلومات الجغرافية. حيث بينت هذه الخريطة أن التوقعات الجيدة لتواجد المياه الجوفية تكون على طول أماكن القسمات الخطية الأساسية والثانوية في الأراضي السهلية ذات الميل المعتدل وتكون على شكل قنوات مائية. كما أن

كميات متوسطة من المياه الجوفية تمت ملاحظتها مخزنة في مناطق التجميع والمسارات المتشققة، حيث يتم تشكل المياه الجوفية أسفل جدول الماء عند أعماق تتراوح بين (14-70 m) والتي تعتمد تغذيتها بشكل أساسي على نوع الصخر، الشقوق، الفواصل، الميول، السمات المورفولوجية للسطح حول النهر. يتراوح عدد التصنيفات للخريطة النهائية (4-1) أي بدءاً من تصنيف ممتاز إلى فقير والتي تمّ الحصول عليها من تحليل القدرة الممتازة للترب على حمل الماء، القسامات الخطية الأساسية، مناطق ذات ميل معتدل. حيث التوقعات الممتازة لمناطق الأمل المائي تمت ملاحظتها على طول الأجزاء الأساسية من حوض النهر، بينما المناطق الجيدة كانت بجوار النهرين Tayamangali, Shimsha. في حين تشغل المناطق الصخرية المتشققة من الغرانيت والصوان الأماكن ذات الاحتمال المتوسط بينما الأماكن الفقيرة بالمياه الجوفية تتوضع في المناطق ذات الميول الصخرية شديدة الانحدار. وتوصي الدراسة بإنشاء منشآت التغذية الاصطناعية مثل: السدود، البحيرات والحفر تحت السطحية الضرورية لتجنب تدفق المياه السطحية [39, 38, 37, 41].

وبدمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية تمّ تخطيط مناطق الأمل المائي في مقاطعة (Aizawl, Mizora) في الهند، حيث تتميز هذه المنطقة بفقدان كمية كبيرة من مياه الأمطار بسبب درجة الميل العالية الناتجة عن التشكيلات الجيولوجية المعقدة وهذا يؤدي إلى عدم كفاءة مصادر المياه الجوفية والتي بدورها أساسية للاستخدامات المنزلية والزراعية ضمن المنطقة. وبالتالي فإن إعداد خريطة الأمل المائي خطوة هامة من أجل استثمار مصادر المياه الجوفية. ولهذا فقد تمّ تحديد عدد من العوامل المساهمة في تشكل مناطق الأمل المائي ضمن المقاطعة وهي: الميل، الفوالق والقسامات الخطية، الليتولوجيا، الجيومورفولوجيا، غطاء الأرض واستخدامه. حيث تمّ تصنيفها وإعطاؤها أوزاناً حسب أهميتها المتعلقة بحدوث المياه الجوفية ومن ثم ضرب قيم

الأوزان بقيم التصنيف باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون في نظام المعلومات الجغرافية للحصول على مناطق مختلفة للملاءمة، وقد صنف الخريطة النهائية إلى مجموعات (جيدة جداً، جيدة، متوسطة، فقيرة) من حيث الأمل المائي. فالمناطق ذات التصنيف الجيد جداً تغطي الوديان الممتلئة والتوضعات المنخفضة ضمن المسطحات المائية حيث تكون هناك تغذية مستمرة، وهي تتضمن تقاطعات الوحدات التركيبية تحت السطحية مثل القسمات الخطية والفوالق مع الوديان والسهول الفيضية وبالتالي فهي تشكل قنوات لتدفقات المياه، وبإمكان المياه الجوفية أن تتحرك بسهولة ضمن هذه الشقوق، وليتولوجياً فإن هذه المنطقة تتشكل من البحص، الرمل، السلت، والرمل الغضاري والتي تسمح بمرور المياه ضمن مساماتها حيث تشكل هذه المنطقة 3.26% من مساحة منطقة الدراسة، أما المناطق ذات التصنيف الجيد فتتضمن ما تبقى من التراكيب الجيولوجية مثل الحجر الكلسي وهو قادر على تخزين ونقل المياه من خلال فراغاته وتشكل حوالي 17.13% من مساحة منطقة الدراسة. بينما المناطق ذات التصنيف المتوسط مكونة ليتولوجياً من الحجر الرملي، والميل فيها يسمح بجريان سطحي أعظمي، وهي عموماً مكونة من تشكيلات صخرية فقيرة بحمولة المياه مثل السلت، وتشكل حوالي 27.51% من مساحة منطقة الدراسة. أما المنطقة ذات التصنيف الفقير فإن الجزء الأعظمي من مياه الأمطار يتدفق على سطحها ولا تسمح تراكيبها الجيولوجية برشح المياه أسفل السطح وتكون كثافة المسيلات فيها مرتفعة وبالتالي فهي فقيرة عموماً بالمياه الجوفية وتشغل هذه المنطقة حوالي 51.92% من مساحة منطقة الدراسة [83 , 113 , 51]

.87

كما قام عدد من الباحثين بتحديد مناطق الأمل المائي وذلك في منطقة الحوض الصباب لبحيرة Chala في كينيا بدمج تقنيات الاستشعار عن بعد مع نظام المعلومات الجغرافية والتي تزود بمعلومات موثوقة حول تشكل المياه الجوفية حيث أنها تساعد في تحليل ودمج عدد كبير من

البيانات الجغرافية لسطح الأرض واختصار الزمن والكلفة في استثمار المياه الجوفية، وتمثيل النتائج على شكل خريطة، وبالتالي تساعد في توصيف المناطق المحتملة لتواجد المياه في منطقة الدراسة من خلال دمج عوامل متعددة مؤثرة وهي الليتولوجيا، استخدام الأرض، كثافة المسيلات، الميل والهطول المطري. وتكون على شكل شرائح في برنامج نظام المعلومات الجغرافية وذات قيم للوزن حسب أهميتها في تواجد وحركة المياه الجوفية، حيث تم الحصول على هذه القيم من طريقة التحليل الهرمي، وباستخدام أدوات التحليل المكاني في نظام المعلومات الجغرافية تم الحصول على خريطة الأمل المائي التي قسمت إلى أربعة مناطق من حيث الملاءمة لتواجد المياه الجوفية (عالية جداً، عالية، متوسطة، منخفضة) وبالنتيجة وجد أن هذه المنطقة ذات مأمولية عالية جداً لتواجد المياه الجوفية [49, 115, 67].

كما استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية عند دراسة التضاريس الشرقية من منطقة كينيا وذلك بهدف تحديد خريطة الأمل المائي باستخدام عدة عوامل مؤثرة تم اختيارها بناء على المراجع والتحريات الجيوفيزيائية وهي: الهطول المطري، كثافة المسيلات، القسامات الخطية، الجيولوجيا، بناء التربة، الميل واستخدام الأرض. ودمج الخرائط الممثلة لهذه العوامل باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون في نظام المعلومات الجغرافية نتجت خريطة مناطق الأمل المائي لمنطقة الدراسة، حيث تم تقسيم منطقة الدراسة إلى مناطق ذات مأمولية: جيدة جداً، جيدة، متوسطة، فقيرة. الأماكن ذات المأمولية الأعلى تشكل حوالي 38.93% من منطقة الدراسة بينما 52.78% صنفت كأمل مائي متوسط، وحوالي 8.27% ذات أمل مائي منخفض. وأظهرت الخريطة أن المناطق الشرقية والمتوسطة وذلك بالقرب من الأنهار هي الأكثر ملاءمة للحصول على المياه الجوفية وهي نفسها المناطق التي تتوضع فيها معظم الآبار. توصي هذه الدراسة بالتحري عن المناطق المأمولة حسب الخريطة الناتجة للتأكد من الانتاجية المتوقعة ونوعية

المياه لتحديد الملائم من المياه الجوفية المستخلصة في هذه المنطقة [78 , 69 , 89 , 95] .

تمّ تقييم مصادر الأمل المائي الجوفي في دراسة أجريت في حوض Chih-pen Creek، في تايوان. وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية ودمج خمسة عوامل مساهمة: الليتولوجيا استخدام الأرض، القسّمات الخطية، كثافة المسيلات والميل. والتي تمّ الحصول عليها من الصور الفضائية - الخرائط الجيولوجية - قاعدة بيانات استخدام الأراضي والتوثيق الحقلية. حيث تمّ إعطاء أوزان لهذه العوامل باستخدام طريقة التحليل الهرمي حسب أهميتها في تواجد المياه الجوفية، وفي النهاية تمّ الحصول على خريطة الأمل المائي التي تظهر مناطق ذات مأمولية عالية في منطقة أسفل الحوض بسبب معدلات الارتشاح العالية نتيجة طبيعة الأرض الرملية، وبالمقابل فإن المنطقة ذات المأمولية الأقل تقع أعلى الحوض بسبب الارتشاح الأقل من الحجر الكلسي . وبما أن تحديد مناطق المياه الجوفية تتعلق مباشرة بالنفذية خلال المسامات فإن معدل النفذية والناقلية الهيدروليكية للعوامل المساهمة في تشكيل مناطق الأمل المائي يمكن أن تعدل بشكل جزئي حسب التغيرات التي تطرأ على التضاريس ونظام الأنهار وذلك بسبب الزلازل أو التغيرات في استخدام الأرض [56 , 117,101] .

طبقت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية في تحديد مناطق الأمل المائي الجوفي في قاعدة الكريتاسي لمنطقة Bulawayo Metropolitan في Zimbabwe (زيمبابوي) وذلك باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد والمراجع الجيولوجية وبرنامج نظام المعلومات الجغرافية، حيث أجريت محاولات عدة لتتقيح المراجع في مجال استثمار المياه الجوفية ووضع الحلول لتقييدات الادارة المستدامة والفعالة للمياه تحت سطحية في منطقة الدراسة، وقد تمّ دمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية والتي عدت أداة فعالة لتوصيف مناطق الطبقات الحاملة للمياه الجوفية في قاعدة الكريتاسي من خلال استخدام بيانات الصور الفضائية لاستخلاص

معلومات عن السمات التي تتحكم في تخزين المياه الجوفية في منطقة الدراسة، حيث تمّ استخلاص ست خرائط لعدة عوامل مؤثرة وهي: استخدام الأرض، كثافة المسيلات، الميل، الليتولوجيا، كثافة القسامات الخطية، والهطول المطري والتي تمّ إعطاؤها أوزان حسب أهميتها في تشكل المياه الجوفية وفق طريقة التحليل الهرمي ومن ثم إعادة تصنيفها في برنامج نظام المعلومات الجغرافية، وبالتالي تمّ الحصول على خريطة الأمل المائي التي أظهرت أن القسامات الخطية الإقليمية المرتبطة بشكل رئيسي مع الفوالق ومناطق الشقوق تتركز في الشمال والشمال الغربي مع بعض الفوالق في الشمال الشرقي، وبالتالي تكون عندها المنطقة الأعلى بالنفاذية المتزايدة والتي بدورها لديها الفرصة الأكبر لتجميع المياه الجوفية، وهذه المنطقة مكونة من صخور بركانية ذات نفاذية جيدة وميل معتدل وكثافة مسيلات أقل. وبالمجمل من الخريطة نلاحظ توفر مكاني للمياه الجوفية يتراوح من مناطق ذات مأمولية بمستوى جيد جداً إلى فقير. وهذا يعود إلى تنوع التراكيب الجيولوجية والميل وكثافة المسيلات واستخدام الأرض في منطقة المشروع، حيث إن المناطق ذات الكثافة المنخفضة للمسيلات تؤدي إلى رشح أكثر وبالنتيجة لمناطق أمل مائي جيدة مقارنة مع المناطق ذات كثافة المسيلات المرتفعة والتي تشير إلى مواقع غير جيدة لتشكل المياه الجوفية وخصوصاً في الجزء الشرقي من منطقة الدراسة. فلا بدّ من توثيق هذا العمل بإجراء المسوحات والتحريات التي تتضمن استخدام التقنيات الجيوفيزيائية واختبار الضخ والسحب من الآبار من أجل فهم كامل لتوقعات مصادر المياه الجوفية في المنطقة والوصول إلى نموذج من أجل الاستخدام والإدارة الفعالة لمصادر المياه الجوفية [45, 50, 43, 42].

كما استخلصت المياه الجوفية في منطقة Perlis في ماليزيا، وذلك في دراسة أجريت بدمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وذلك بإدخال تأثير ثلاثة عوامل هيدروجيولوجية وهي كثافة القسامات الخطية، كثافة المسيلات والليتولوجيا. حيث القسامات الخطية تزود بمعلومات

مهمة عن السمات السطحية وتحت السطحية التي تؤثر في حركة وتخزين المياه الجوفية فهي مسؤولة عن رشح الجريان السطحي إلى تحت السطح. وقد تمّ استخلاص القسّمات لمنطقة الدراسة من صورة Landsat.TM، أما بالنسبة للبيولوجيا فهي العامل الرئيسي المسيطر في تشكيل المياه الجوفية حيث إنّ أنواع الصخور الرئيسية في منطقة الدراسة هي الحجر الكلسي والرواسب الطينية التي تعود إلى العصر الرباعي، فالجبر الكلسي من الممكن أن يخزن كمية ملحوظة من الماء بسبب مساميته الثانوية كالشقّوق بينما تعدّ الصخور الغضارية هي العناصر الهيدروجيولوجية الملحوظة بشكل كبير في المنطقة والتي لها قدرة تخزين أقلّ من الجبر الكلسي حيث كثافة المسيلات عالية والتي تشير إلى جريان سطحي عالي وبالتالي ترشيح أقل. وقد تمّ تقييم هذه السمات وإعطائها أوزاناً حسب طريقة التحليل الهرمي وذلك بالاستناد إلى درجة تأثيرها في تخزين المياه الجوفية في منطقة الدراسة حيث كانت نسبة التوافق حسب هذه الطريقة ضمن الحدود المقبولة أي أقل من 0.1. وبالنتيجة تمّ تصنيف المنطقة إلى أصناف عدة حسب الأمل المائي الجوفي فيها وهي (منخفض جداً - منخفض - متوسط - عالي - عالي جداً) وقد تمّ توثيقها حسب بيانات الآبار في المنطقة وتبين أنّ دقة خريطة الأمل التي تمّ الحصول عليها تقدر بـ 75% وبالتالي فالنتائج التي تمّ الحصول عليها جيدة [60, 82, 118] .

لقد تمّ تقييم مناطق الأمل المائي باستخدام الدمج بين تقنيات نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في القاعدة الصخرية المعقدة لمنطقة Ekiti في الجنوب الشرقي من نيجيريا. حيث إنّ تشكل المياه الجوفية يتمّ التحكم به بواسطة الشقوق والمسامات التي تسمح بتجميع المياه في قاعدة صخور الكريتاسي والخرائط التي تمّ استخدامها في هذه الدراسة هي: الجيولوجيا، الجيومورفولوجيا، القسّمات الخطية، كثافة المسيلات، الميل والتي تمّ دمجها باستخدام تقنيات نظام المعلومات الجغرافية للحصول على خريطة الأمل المائي لمنطقة الدراسة وبناء عليها صنفّت منطقة الدراسة

إلى عدة أصناف من حيث تواجد المياه الجوفية فيها وهي: جيدة جداً، جيدة، متوسطة، فقيرة. ومن خلال هذه الخريطة الناتجة تبين أنه يوجد عدد كبير من الآبار ذات الانتاجية العالية في المناطق ذات التصنيف (جيدة جداً، جيدة، متوسطة) والتي كان لها دور كبير في تطوير المخطط الملائم للمياه الجوفية في منطقة الدراسة حيث إن 46% من الآبار ضمن صخور الغرانيت هي ذات إنتاجية عالية بغزارة ($>100 \text{ m}^3/\text{d}$) بينما 21% من الآبار ضمن صخور الميغماتيت يمكن أن تصنف بإنتاجية عالية أيضاً مقارنة بـ 12% من الآبار ضمن صخور الكوارتز. فالمناطق ذات التصنيف جيد جداً متوضعة في الجزء الجنوبي الشرقي وهي تشكل حوالي 21.15% من مساحة منطقة الدراسة بينما المناطق الجيدة والمتوسطة تشكل 6.12% وهي مغطاة بشكل رئيس بصخور الغرانيت (مع نسبة ثانوية لصخور الكوارتز والميغماتيت والتي بدورها تتسم بتشققات قليلة مقارنة مع صخور الغرانيت) في حين أن الجزء الأعظمي من المنطقة أي حوالي 64.04% يخص المناطق ذات الأمل المائي الضعيف وهي مكونة بشكل رئيسي من صخور الميغماتيت والكوارتز [24].

وفي نيجيريا أيضاً أجريت دراسة ضمن حوض جنوب غرب نيجيريا للتنبؤ عن مناطق الأمل المائي من خلال الاعتماد على معلومات عن الخصائص الجيولوجية، الطبوغرافية، والسمات تحت سطحية وقد تمّ الاعتماد على خريطة الأمل المائي باستخدام تقنيات التقييم المتعدد المعايير والتي تمّ تقسيمها من حيث احتمال تواجد المياه الجوفية فيها إلى عدة مناطق: منخفضة، متوسطة، عالية. والنتائج كانت دقيقة وموثوقة وتم التحقق منها من خلال بيانات الآبار في منطقة الدراسة وبشكل عام يمكن أن نحكم على منطقة الدراسة أنها ذات مأمولية منخفضة [40 , 92].

في اليابان تمّ التوصل إلى خريطة تبين مناطق الأمل المائي في حوض Killiochi وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية بالاعتماد على معلومات عن الجيومورفولوجيا، الجيولوجيا، نوع التربة، الميل، استخدام الأرض حيث تمّ دمجها باستخدام تقنية

التركيب الخطي الموزون في برنامج نظام المعلومات الجغرافية والخريطة النهائية التي تم الحصول عليها قسمت إلى أربعة مناطق مختلفة من حيث توقعات المياه الجوفية فيها: جيدة (25.32% من مساحة منطقة الدراسة)، متوسطة (36.90% من مساحة منطقة الدراسة)، فقيرة (26.61% من مساحة منطقة الدراسة)، فقيرة جداً (11.17% من مساحة منطقة الدراسة). حيث المناطق الجيدة تتركز في الجزء الشمالي الغربي والجنوبي وتتشكل من السهول الطينية ذات الميل المعتدل ومناطق الغابات، وبشكل عام فإن معظم المنطقة ذات أمل مائي متوسط [93, 53].

دمجت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وبالإستناد إلى عملية التحليل الهرمي لتحديد المناطق الواعدة للمياه الجوفية في حوض نهر سوس في المغرب. حيث استخدمت سبعة بارامترات مؤثرة في تشكل المياه الجوفية وهي: الجيولوجيا، الميل، كثافة القسّمات الخطية، التربة، الارتفاع، كثافة المسيلات، استخدام الأرض. وتم الحصول على نسب تأثيرها من طريقة التحليل الهرمي ومن ثم تمّ دمجها باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية لإنشاء الخريطة النهائية لقطاعات الأمل المائي لمنطقة الدراسة والتي قسمت إلى خمس مجموعات حسب أهميتها في تواجد المياه الجوفية وهي: (جيدة جداً تشكل 20.97% من منطقة الدراسة)، (جيدة تشكل 21.6% من منطقة الدراسة)، (متوسطة تشكل 21.16% من منطقة الدراسة)، (فقيرة تشكل 24.93% من منطقة الدراسة)، (فقيرة جداً تشكل 21.56% من منطقة الدراسة) وهذه المناطق تمّ التحقق منها حسب توزيع الآبار في منطقة الدراسة [23, 32, 91, 98].

وفي دراسة أخرى أجريت في حوض Anbalantota في الصين لتوصيف المواقع الممكنة لتواجد المياه الجوفية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية باستخدام خمس عوامل مؤثرة وهي: الهطول المطري، كثافة القسّمات الخطية، كثافة المسيلات، الميل، استخدام الأرض، الجيولوجيا، الجيومورفولوجيا. حيث تمّ دمجها باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون في

برنامج نظام المعلومات الجغرافية وتم الحصول على خريطة الأمل المائي وقد تبين أن 49% من منطقة الدراسة ذات أمل مائي عال إلى متوسط [58].

تمّ توصيف وتصنيف مناطق الأمل المائي في حوض نهر Bilate في أثيوبيا بدمج عدة شرائح في برنامج نظام المعلومات الجغرافية ممثلة للعوامل: الجيولوجيا، الجيومورفولوجيا، كثافة المسيلات، كثافة القسّمات الخطية، الهطول المطري، الميل، التربة، استخدام الأرض. وذلك باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون بعد إعادة تصنيفها حسب قوة تأثيرها في تواجد المياه الجوفية. والخريطة النهائية لمناطق الأمل المائي قسمت إلى ثلاثة مجموعات: جيدة، متوسطة، فقيرة. حيث المناطق المتوسطة تشغل حوالي 88.4% من المنطقة الكلية وتتركز في الجزء الغربي [34, 28, 65].

وفي أثيوبيا أيضاً تمّ دمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية لتوصيف مناطق الأمل المائي في حوض Madjo , Addis Ababa باستخدام الخرائط الممثلة للعوامل: الليتولوجيا، القسّمات الخطية، استخدام وغطاء الأرض، الجيومورفولوجيا كما تمّ الحصول على خرائط الميل وشبكة المسيلات وباستخدام التركيب الخطي الموزون في GIS تمّ الحصول على خريطة توزع مناطق الأمل المائي [110].

كما أنه بتكامل بيانات الاستشعار عن بعد مع الطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في البحث والتنقيب عن المياه الجوفية، تمّ التوصل إلى المناطق الأفضل لحفر آبار المياه في شبه جزيرة سيناء في مصر، وقد دعت الحاجة لهذه الدراسة بسبب قيام مستثمري المياه بحفر العديد من الآبار لأغراض متعددة في المكان غير المناسب وبدون استشارة جيولوجيين أو استخدام التقنيات الحديثة في تحديد المناطق الأفضل إضافة إلى عدم وضع الفلاتر داخل البئر بالعمق المطلوب وبالطريقة الصحيحة مما أدى إلى خسائر فادحة، من هنا أتت أهمية الاستشعار عن بعد في تحديد الطبقات التي تحتمل وجود المياه ومن ثم التأكيد عليها بالطرق الجيوفيزيائية، ولتحقيق الهدف تمّ استخدام صور

القمر الصناعي لاندسات 7 والتي تغطي كامل منطقة الدراسة مع استخدام برامج لمعالجة الصور الرقمية بغرض تحسين الصورة الجوية وتوقيع الإحداثيات الحقيقية للمنطقة وتصنيفها، ثم تحليل هذه الصورة ومقارنتها بالطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في تحديد الآبار الجوفية، توصل البحث إلى أن الخزانات الواقعة غرباً على عمق (150-300 m) هي أفضل الخزانات المنتجة للمياه في المنطقة وأوصى بضرورة إنشاء سجلات الآبار الجيوفيزيائية لتحديد مجال توضع الطبقات الحاملة للمياه وأعماقها وبالتالي وضع الفلاتر بشكل موازي لها للوصول إلى الاحتياج المائي المطلوب بكفاءة عالية وبأقل كلفة ممكنة [29].

يعرف النموذج على أنه مجموعة متتالية من العمليات، ويتيح برنامج نظام المعلومات الجغرافية أدوات النمذجة للمستخدم ويتم التعبير عنه في صورة Script (أي نص مكتوب للأوامر المتتابعة)، حيث أصبحت البرمجة تعتمد على استخدام اللغات العامة في كتابة Script مثل (, python visual basic). ويتم بناء النماذج لعدة أسباب، فالنموذج قد يستخدم لعملية اتخاذ القرار التي يريد فيها المستخدم إيجاد حل لمشكلة مكانية بناءً على أفضل السيناريوهات الممكنة. فيمكن للنموذج أن يقدم للمستخدم التجريب والتعامل مع نموذج يحاكي العالم الحقيقي وذلك عندما تكون تكلفة إجراء التجارب الحقيقية عالية، أو عندما يكون الحصول على النتائج من النموذج أسرع، كما أن النماذج تعطي للمستخدم إمكانية فحص وتحليل الظواهر الديناميكية فكلما تغيرت المدخلات أمكن للمستخدم معرفة كيف ستتغير النتائج [٧٦, ١٠٢] .

تعد لغة البايثون من أهم اللغات التي تستخدم في عالم البرمجة، وأهم مميزاتا أنها لغة سهلة الاستخدام للغاية فهي تستخدم كلمات ومفاهيم انكليزية شائعة، بينما تستخدم اللغات البرمجية الأخرى علامات الترقيم كما أنها سريعة في عملية تطوير التطبيقات المختلفة. تستخدم لغة البايثون في العديد من المجالات المتنوعة والمختلفة، وتعتمد عليها مجموعة من البرامج المهمة، وتستخدم

في تطوير الشبكات فضلاً عن استخدامها في تطوير أنظمة التشغيل وعمل الواجهات المرسومة. ابتكرها وطورها جايدو فان أواخر ثمانينات القرن الماضي في مركز العلوم والحاسب الآلي في امستردام وقد تمّ الإعلان عنها أول مرة عام 1991 [59].

هنالك عدة مزايا للغة بايثون على مستوى برنامج GIS كاختصار الوقت والجهد في تنفيذ العمليات الجيومكانية والتي يتطلب العمل تكرارها لأنه يمكن من أتمتة هذه العمليات وإدارتها، ومناسب للمشاريع الصغيرة والكبيرة ويمكن إلحاقه في الكثير من المنصات platforms. كما أنه ملحق في كثير من برامج GIS وغالباً يستخدم كلغة نصية scripting language. إن أحد الأمثلة الجيدة عن إمكانية بايثون في زيادة كفاءة GIS من خلال الحالة التي يريد فيها المستخدم اختبار إحداثيات لآلاف من البيانات لكن مع استخدام بايثون تحتاج فقط لكود مؤلف من بضع أسطر وخلال دقائق أو ساعات سيتم إنجاز المهمة. كما أنها تزود بأدوات للمعالجة من خلال إنشائها بلغة بايثون التي تعدّ لغة فعالة بالنسبة للمستخدم وتزود بحلول سهلة لإيجاد حقل للحسابات باستخدام كود التعابير [62, 63, 74].

ووفقاً للتحري الذي أجراه العديد من الباحثين عام 2018 تبين أن 84% من المبرمجين يستخدمون بايثون كلغة رئيسية بينما 16% منهم يستخدمونها كلغة ثانوية، بينما كانت التحريات عام 2017 بنسبة للاستخدام الرئيسي وللإستخدام الثانوي على التوالي 79%, 21% مما يدل على استخدام بايثون كلغة رئيسية بشكل متسارع وخلال فترة قصيرة جداً [71, 80, 100].

يهدف الانحدار المتعدد إلى الحصول على الصورة الرياضية للعلاقة التي تربط المتغير (المتغيرات) المستقلة بالمتغير التابع. لو أمكن الحصول على هذه الصورة لأطلق عليها اسم معادلة الانحدار (Regression Equation). إن تقنية الانحدار المتعدد بين متغيرين مستقلين أو أكثر لظاهرة معينة تسمح بنمذجة وشرح هذه الظاهرة والتنبؤ بالقيم في مكان وزمن آخر من خلال إظهار

درجة الملاءمة بين هذه المتغيرات، مما يسمح باتخاذ القرارات المناسبة [٤٦] .

وتحليل الانحدار ملائم لمعرفة كم من التباين يستطيع المتغيران معاً أن يفسرانه من التباين في المتغير التابع. ولمعرفة تباين المقدار الذي يشرحه المتغير الأول ومعرفة تباين المقدار الذي يشرحه المتغير الثاني نستطيع أن نكشف عن الأهمية لكل من المتغيرين [٦٦].

بصفة عامة يمكن أن يكون الانحدار خطياً Linear وقد يكون غير خطي Non Linear فإذا كان لدينا متغيران وكانت العلاقة بينهما خطية فيمكن تمثيل العلاقة بينهما بمعادلة خط مستقيم، أما إذا كانت العلاقة غير خطية فإنه يمكن تمثيل العلاقة بينهما بمعادلة غير خطية [٧٠].

مما سبق يتبين انتشار طريقة التحليل الهرمي لتحديد أوزان العوامل المؤثرة في تشكل المياه الجوفية في العديد من الدراسات المرجعية وذلك بالاعتماد على آراء الخبراء والدراسات السابقة، كما أن العوامل التي تحدد قطاعات الأمل المائي الجوفي مختلفة وتتباين من دراسة إلى أخرى وبالتالي لا توجد منهجية ثابتة تصف التأثير المتبادل بين هذه العوامل وهنا تأتي أهمية هذا البحث من خلال تطوير أداة في برنامج نظام المعلومات الجغرافية لتثقيل العوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي لإعطاء نتائج دقيقة في المنطقة المدروسة والاستفادة من تقنية بناء النماذج في برنامج نظام المعلومات الجغرافية من أجل بناء نموذج لتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي في منطقة الدراسة والانتقال منه للتطبيق في أي منطقة أخرى ذات معطيات مشابهة للمنطقة المدروسة، كما تتبين أهمية هذا البحث في إيجاد نموذج رياضي يربط بين عوامل التأثير الداخلة والمأمولية المائية من خلال تطبيق خوارزمية الانحدار المتعدد .

3-1 - إشكالية البحث (Research problem)

أدى الاستثمار المفرط للمياه الجوفية المتوفرة إلى استنزافها وبالتالي فإن تقييم مناطق المأمولية المائية مهم جداً لحماية نوعية المياه وإدارة أنظمة المياه الجوفية مما يسهم في اختيار أفضل المواقع في إنشاء الآبار بحيث تلبي الهدف المطلوب منها.

من جهة أخرى فإنه لا توجد منهجية ثابتة تصف التأثير المتبادل بين العوامل المؤثرة في التغذية المائية الجوفية، حيث وجد العديد من الباحثين في العالم أن العوامل التي تحدد مناطق الأمل المائي الجوفي مختلفة وتتباين بشكل واضح من دراسة إلى أخرى مما يؤدي بالتالي إلى تباين النتائج التي يتم الحصول عليها بشكل واضح .

وكما يبدو أن إعطاء الوزن المناسب لكل عامل يكون بناء على الخبرة الشخصية للباحث وعلى الدراسات السابقة والتجارب الحقلية المحلية رغم المحاولات المختلفة التي جرت لإدخال عوامل التنقيط لكن بشكل محدود.

1-4- أهمية البحث (Research importance)

إن الطرق الرئيسة للتحري عن المياه الجوفية هي التقنيات الجيوفيزيائية والجيوكهربائية والتي تستهلك زمناً وكلفة كبيرة نسبياً وتحتاج إلى مهارة شخصية عالية. وبالتالي فإن دمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية وتسخيرها في تحديد مناطق الأمل المائي بالمنهجية التي ستدرس يوفر الجهد والكلفة في استكشاف المياه الجوفية .

كما يعدّ نظام المعلومات الجغرافية من التطبيقات المهمة في مجال تخطيط وإدارة الموارد المائية

والمحافظة عليها من أخطار الاستنزاف فهو وسيلة لدعم القرار من خلال تزويد هذا البرنامج بالمعطيات الموثوقة والدقيقة ثم معالجتها وتحليلها وإعطاء نتائج سريعة ومضمونة. من جهة أخرى فإن طريقة التحليل الهرمي (AHP) من الطرق الهامة التي تستخدم آراء الخبراء المحليين في تقدير الوزن للعوامل المؤثرة في تحديد مناطق الأمل المائي.

وبالتالي الوصول إلى حالة يمكن تطبيقها في أي قطاع من خلال الاتجاه إلى إدخال أكبر عدد من العوامل المساهمة وتحديد نسب التثقيل (التوزين) لكل عامل بحسب أهميته في تواجد المياه الجوفية، مما يساعد في تحديد المأمولية المائية بدقة أكبر والانتقال من الخبرة إلى المنهجية .

1-5- أهداف البحث (Research Objectives)

1- إيجاد مصفوفة رياضية لتثقيل أوزان العوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي وذلك باستخدام طريقة التحليل الهرمي التي تعتمد على المراجع وآراء الخبراء المحليين وهذا يستدعي أداة وتطويرها في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية للحصول على أوزان العوامل المؤثرة وبالتالي الاتجاه إلى إدخال عدد أكبر من العوامل المساهمة وتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي بدقة أكبر.

2- اقتراح نظام رياضي بالاعتماد على بناء النماذج Modelbuilder في برنامج نظام المعلومات الجغرافية، وبالتالي الوصول إلى الحالة التي يمكن تطبيقها في أي قطاع والانتقال من الخبرة إلى المنهجية.

3- تطبيق النموذج الرياضي ومصفوفة التثقيل على منطقتين دراسيتين للحصول على قيم دليل المأمولية المائية والتأكد من دقة النموذج في ضوء المصفوفة المقترحة باستخدام تقنية الانحدار

1-6- مبررات البحث (Research reasons)

- ١- عدم وجود منهجية ثابتة تصف التأثير المتبادل بين العوامل المؤثرة (الرئيسية والثانوية) على التغذية المائية الجوفية، حيث وجد العديد من الباحثين أن العوامل التي تحدد مناطق الأمل المائي الجوفي مختلفة وتتباين بشكل واضح من دراسة إلى أخرى مما يؤدي إلى تباين النتائج التي يتم الحصول عليها بشكل واضح .
- ٢- إعطاء الوزن المناسب ضمن مصفوفة تتقيل تبادل تأثير العوامل حسب أهميتها (رئيسية وثانوية) يكون بناء على الخبرة الشخصية للباحث وعلى الدراسات السابقة والتجارب الحقلية المحلية رغم المحاولات المختلفة التي جرت لإدخال عوامل التثقل لكن بشكل محدود .
- ٣- تعميم النموذج الرياضي المقترح من خلال الاتجاه إلى إدخال أكبر عدد من العوامل المساهمة وتحديد نسب التثقل (التوزين) لكل عامل بحسب أهميته في تواجد المياه الجوفية، وبالتالي تحديد المأمولية المائية بدقة أكبر والانتقال من الخبرة إلى المنهجية.
- ٤- إن طرق تحريات المياه الجوفية الرئيسة هي التقنيات الجيوفيزيائية والجيوكهربائية والتي تستهلك زمناً وكلفة كبيرة نسبياً وتحتاج إلى مهارة شخصية عالية، وبالتالي فإن استثمار التقنيات الرديفة (الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية) وتسخيرها في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي سيوفر الجهد والكلفة ويحقق الدقة بما يؤدي إلى توصيف أفضل للمناطق المستقبلية.

الفصل الثاني

الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية

Remote sensing and geographic information system

لقد أصبح استخدام تقنيات الاستشعار RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS من أهم التقنيات العلمية الحديثة التي أفرزتها ثورة المعلومات وعلوم الفضاء والتي وظفت خلال العقود الثلاثة الماضية بكفاءة عالية وذلك في مجال دراسة الموارد الطبيعية والتي من ضمنها الموارد المائية، وقد بينت الدراسات أن للاستشعار عن بعد أهمية كبيرة في تحديد الطبقات الحاملة والتطبيقات المتعددة في مجال الهيدرولوجيا وتزويد المختصين بالمعلومات الضرورية لتوجيه أعمال التنقيب عن الموارد المائية وكذلك أهميتها بدراسة الأحواض المائية الواسعة والمشاركة .حيث تتميز الصور الملتقطة

والمرسلة من الأقمار الصناعية بالشمولية لكونها تعطي معلومات وبيانات شاملة عن المنطقة والدقة والحساسية العالية وإمكانية اختراق الطبقة السطحية المفككة من سطح الأرض، كما تتميز هذه التقنيات بالتكرارية، حيث يمكن الحصول على بيانات ومعلومات الأقمار الصناعية في تواريخ متعاقبة ومنظمة مما يساعد في سرعة إنجاز الدراسات المختلفة وإجراء مقارنة من ناحية التغير مع الزمن . وترجع أهمية نظم المعلومات الجغرافية إلى استخداماتها في إدخال وتخزين وبناء قاعدة بيانات للمعلومات التي تم الحصول عليها وتحليلها مع سهولة إجراء التعديلات اللازمة بالإضافة أو الحذف عند الحاجة إليها، وتنتشر نظم المعلومات الجغرافية بشكل واسع الآن وخاصة في مجال تقييم وإدارة المصادر المائية بسبب تنوع أساليب التفسير والمعالجة.

2-1- أنظمة الاستشعار عن بعد (Remote sensing systems):

2-1-1- عودة إلى التاريخ الحديث للاستشعار عن بعد

:(A return to the modern history of remote sensing)

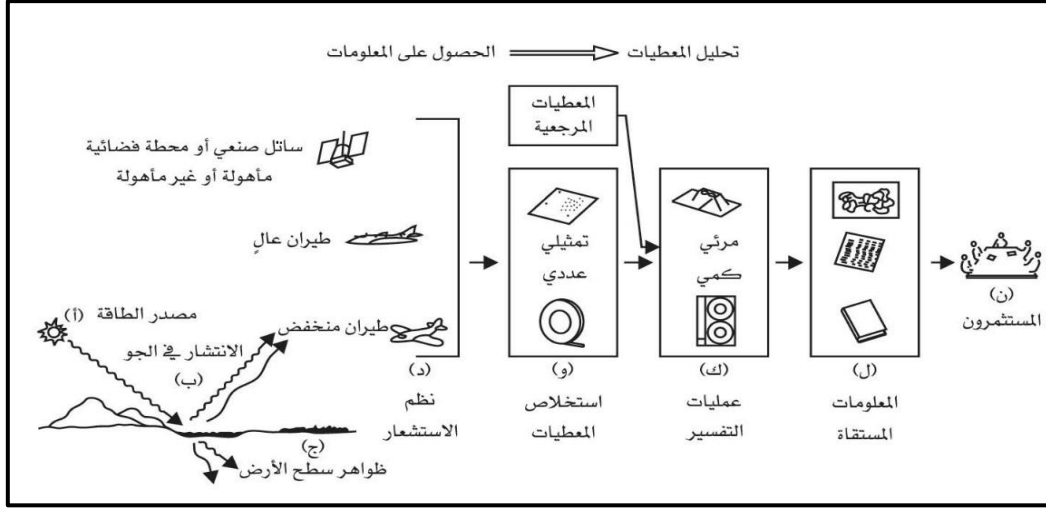
بدأ استخدام الاستشعار عن بعد لأول مرة عام ١٨٣٩ بتصوير الأرض من منطاد هوائي باستخدام اختراع حديث آنذاك وهو كاميرا التصوير. ازدهرت تقنية الاستشعار عن بعد منذ عام ١٩٧٢ عندما تم تركيب أدوات وأجهزة الاستشعار على منصة سكاي لاب (فيما بعد مكوك الفضاء) وعلى القمر الصناعي لاندسات، واعتماد نظام عملياتي لجمع المعلومات حول الأرض على فترات زمنية متكررة، حيث يتم الحصول على ملايين المرئيات منذ ذلك الحين وحتى الآن. استخدمت هذه المرئيات لدراسة وتقييم موارد الأرض الطبيعية ويعتبر التصوير الطيفي بالأقمار الصناعية ومنها سلسلة لاندسات من أحدث طرق المسح.

ويُطلق على الأقمار المختصة برصد وتصوير الموارد الأرضية اسم أقمار استشعار المصادر الأرضية، وأهمها حتى الآن قمر لاندسات (Landsat) الأمريكي، واسبوت (Spot) الفرنسي،

و (IRS) الهندي.

2-1-2- تعريف الاستشعار عن بعد (Definition of Remote Sensing):

يعرف الاستشعار عن بعد بأنه مجموعة التقنيات والوسائل المتقدمة التي تستخدم لدراسة الظواهر على سطح الأرض أو أي كوكب آخر عن بعد دون أن يكون هنالك تماس فيزيائي مباشر معهما عن طريق مستشعرات خاصة محمولة على متن أقمار اصطناعية أو طائرات خاصة. وتستخدم هذه المستشعرات مجالات مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي، يبدأ من الأشعة تحت البنفسجية مروراً بالطيف المرئي والأشعة تحت الحمراء والرادار وغيرها. حيث تهدف عملية المسح الطيفي لتحديد خصائص الهدف أو الظاهرة المدروسة حيث تستقبل المعلومات المسجلة بواسطة القمر الاصطناعي في محطات الاستقبال الأرضية ثم تعالج بواسطة الحاسبات طبقاً لأنظمة وبرامج خاصة ومن ثم يتم تقديمها على شكل صور فضائية رقمية ليتم تحليلها إحصائياً أو بصرياً لتعرض نتائجها على هيئة تقرير يحوي إحصاءات وخرائط متعددة الاستخدامات. كما يبين الشكل (1-2). وبشكل مختصر، الاستشعار عن بعد هو علم وفن الحصول على المعلومات حول كائن أو منطقة أو ظاهرة من خلال تحليل البيانات التي تم الحصول عليها من الأجهزة غير متصلة مع الكائن أو المنطقة أو الظاهرة قيد الدراسة، وهو أداة فعالة لمسح الموارد والمخزون والمصدر الأساسي للبيانات الجغرافية المحدثّة [11].



الشكل (1-2): تسلسل عمليات الاستشعار عن بُعد وعناصرها

3-1-2- جهاز الاستشعار (المستشعر) (Sensor):

• تعريف المستشعر (Definition of the sensor):

جهاز الاستشعار هو أداة يمكنها أن تستقبل وتسجل الأشعة المنعكسة عن المادة المدروسة أو المنبعثة منها ضمن مجال طيفي واحد أو عدة مجالات طيفية. هذه الأداة يمكن أن تكون عبارة عن ماسحات إلكترونية وكاميرات متحسسة لعدة أطواف كهرومغناطيسية أو أجهزة التقاط رادارية وحرارية أو ليزيرية وغيرها وقد تمّ تصميم مستشعرات خاصة لدراسة الأرض من الفضاء تتلاءم مع النوافذ الجوية. وفي حالات خاصة يتمّ تصميم مستشعرات نوعية تتلاءم مع جو معين أو طبيعة الدراسة.

• أنواع المستشعرات (Types of sensors):

- كاميرات الفيديو والتصوير الجوي وكاميرات التصوير الفضائي.
- أجهزة قياس الأشعة (الراديو متر) التي تسجل الأشعة ضمن نطاقات طيفية معينة.
- أجهزة قياس الطيف (سبيكترومتر) التي تسجل الأشعة ضمن مجال طيفي معين.

- الماسحات الضوئية: مثل الماسح المتعدد الأطياف (S.S.M) والماسح الغرضي (أو الموضوعي) (T.M)

• قدرات التمييز للمستشعرات (دقة التمييز)

:(Discrimination capabilities of the sensors (discrimination accuracy))

- قدرة التمييز المكاني: وهي أصغر مساحة يمكن أن يميزها المستشعر على سطح الأرض وتدعى عنصر الصورة (Pixel).

- قدرة التمييز الطيفي: وهي عدد النطاقات الطيفية التي يمكن أن يسجلها المستشعر.

- قدرة التمييز الإشعاعي: وهي أصغر كمية من الطاقة يمكن أن يسجلها المستشعر، والقيمة الإشعاعية أو شدة سطوع عنصر الصورة (البكسل) هي معدل القيمة الإشعاعية الواردة من أجزاء البكسل كافة.

- قدرة التمييز الزمني: وهي المدة الزمنية الفاصلة بين المسح والآخر للمنطقة نفسها. أي المدة الفاصلة بين الزيارة والأخرى للمنطقة من قبل القمر الصناعي [١١] .

2-1-4- أدوات الاستشعار عن بعد (Remote sensing tools):

تعد الطائرات والأقمار الصناعية المنصات الأكثر شيوعاً واستخداماً لعمليات الرصد والتسجيل. يقتصر استخدام مصطلح الاستشعار عن بعد على العملية التي تستخدم تطبيقات الطاقة الكهرومغناطيسية بشكل أساسي لاكتشاف وقياس ومعالجة وتفسير خصائص الهدف التي نحصل عليها من هذه المنصات.

تستخدم الرادارات المحمولة بالأقمار الصناعية والطائرات لدراسة سطح الأرض وما عليه من مكونات وذلك من خلال إرسال نبضات كهرومغناطيسية بترددات معينة ومن ثم التقاط النبضات المرتدة عن سطح الأرض والقيام بتحليلها باستخدام معالجات الإشارات الرقمية لرسم صور عن

المنطقة المسوحة. وتستخدم هذه الصور لاستخلاص معلومات مهمة عن طبيعة الأرض التي تم مسحها من قبل شعاع الرادار ومن هذه المعلومات طبيعة التضاريس الأرضية وطوبوغرافيتها ونوع الغابات والنباتات والمحاصيل المزروعة والآفات الزراعية والظروف المناخية والبيئية والبراكين والأعاصير والفيضانات والثروات المعدنية والمياه الجوفية والبتروول[١١٤].

ويوجد أنواع مختلفة من رادارات الاستشعار عن بعد يتم تصميمها بناء على نوع المعلومات المراد استشعارها وغالباً ما يعتمد هذا على مقدار التردد المستخدم في الرادار فالبحث عن ثروات الأرض يتطلب استخدام ترددات تقل عن (1 GHz) وذلك لقدرتها على اختراق سطح الأرض بينما يتطلب رسم خارطة طبوغرافية ترددات أعلى من ذلك بكثير للحصول دقة تمييز عالية لتضاريس الأرض.

تصنّف منصات الاستشعار عن بعد إلى مجموعتين رئيسيتين: [٨]

• أقمار الاستشعار عن بعد (remote sensing satellites):

تدرس أقمار الاستشعار عن بُعد سطح الأرض لمختلف الأغراض (زراعية . جيولوجية . مناخية . علمية)، وتستخدم عينات متعددة من الأجهزة والمستشعرات تعمل على استشعار الانعكاسات الضوئية، أو الاختلافات الحرارية لسطح الأرض، والأجسام الموجودة عليه طبقاً لنوع هذه المستشعرات، وإظهار تفاصيل المناطق اعتماداً على اختلاف درجات (الانعكاس/ الانبعاث/ الامتصاص) بين هذه المناطق والأهداف .

تقوم هذه الأقمار من خلال التجهيزات الاستشعارية التي تحملها بالنقاط صور فضائية رقمية تنبثها إلى محطات أرضية، لتجرى عليها معالجات رقمية بهدف تصحيح كل خطأ في مجالات المسح باستخدام أنظمة معالجة رقمية تقوم بدمج البيانات الطيفية للحصول على صور فوتوغرافية مُحسَّنة. وتجري بعد ذلك في المحطات الأرضية جميع التعديلات على الصور لاستثمارها حسب اختصاص المستفيد. فإذا كان باحثاً زراعياً فإنه يستخدم المعالج الرقمي للاستفادة من تصنيفات التربة إلى

جانب تصحيح حدود الصور لتمييز نوع الغلة الزراعية. وفي حال كان المستفيد جيولوجياً فإنه يحصل على البيانات الرقمية للقنوات الطيفية المختلفة التي تستقبلها الكواشف والماسح الإلكتروني باستخدام برمجيات خاصة تحولها إلى صور فوتوغرافية تعنى بالتضاريس والتشوهات الأرضية. وللماسح الإلكتروني الذي يحمله القمر الصناعي دور مهم في الرصد الاستشعاري. فالماسح المحمول على قمر لاندسات مزوّد بسبع قنوات طيفية تمثل الألوان المرئية وغير المرئية، لذا يعطي راسم الخرائط الموضوعي الذاتي (Thematic Mapper) TM سبع صور مستقاة من الأقنية الطيفية السبع، تُدمج ثلاث منها للحصول على صورة واحدة ملوّنة. وتسمح هذه التقنية بدمج القنوات الطيفية المرئية وغير المرئية للحصول على بيانات لا تُرى بالعين المجردة إلا بعد معالجتها إلكترونياً.

ويمكن للماسحات أخذ صور ردارية مستقاة من قنوات راداريه عدة تتميز بقدرتها على تصوير الأرض دون أن تتأثر بعوامل الطقس الجوية من أمطار وغيوم وعواصف، على عكس الصور الضوئية التي تتأثر بهذه العوامل، إضافة إلى قدرة الصور الردارية على اختراق سطح الأرض إلى عمق 40 m في بعض المواقع.

وتدخل أقمار الاستشعار عن بُعد في العديد من التطبيقات، مثل:

- مسح وتقدير الأراضي الخاصة بالمحاصيل الزراعية.
- إعداد خرائط الموارد الطبيعية.
- رصد ومتابعة ظواهر التصحر وزحف الرمال.
- متابعة الزحف العمراني على الأرض الزراعية.
- انتخاب أنسب المواقع للمدن الجديدة، والتخطيط لإنشائها.

- مراقبة الكوارث الطبيعية كالفيضانات وحرائق الغابات والبراكين .

ومن أمثلة أقمار الاستشعار عن بعد، الشكل (2-2)، القمر الأمريكي (Landsat) المزود بمستشعرات متعددة النطاقات الطيفية بقدرة تحليلية (30 m)، والقمر الفرنسي (Spot) المطور من قبل مركز الفضاء الفرنسي والذي يقوم أيضاً بجمع البيانات، والذي تبلغ درجة تميزه المكاني 10m، وتتكرر تغطية المنطقة الواحدة على سطح الأرض مرة كل 26 يوماً، ويعتمد ذلك على خط العرض وزاوية جهاز المسح الرقمي وارتفاع القمر وسرعته.

• رادارات الاختراق الأرضي (Ground Penetrating Radar):

يستخدم الرادار الخارق للأرض في تطبيقات لا حصر لها في الجيولوجيا لمعرفة عمق وسمك الطبقات الصخرية وأنواع التربة والرواسب ووضع خرائط للتركيب الجيولوجية وتحديد الكهوف والشقوق الطبيعية والصدوع وكشف المياه الجوفية وآبار النفط والغاز. ويستخدم في التطبيقات البيئية لكشف التسريبات في خزانات المياه ووضع خرائط لمراقبة المواد الملوثة في المياه السطحية وكشف مواقع دفن النفايات وتحديد مواقع خزانات الوقود المدفونة وبراميل الزيت وتحديد مواقع التسريبات النفطية. فضلاً عن استخداماته في مجالات الهندسة المدنية والآثار والتطبيقات العسكرية والمجتمعية.



الشكل (2-2): بعض أقمار الاستشعار عن بعد

5-1-2- تصنيف الأقمار الصناعية (Satellite classification):

• حسب طبيعتها:

- أقمار مأهولة: تحمل بشر وهي تسمى في الغالب مركبات فضائية، ومن أمثلتها ميركوري وجيميني أبوللو وغيرها.

- أقمار غير مأهولة: لا تحمل بشراً كأقمار لاندسات، وسبوت، وآي آر إس، وإيكونوس، وكوبك بيرد وغيرها.

• حسب مصدر الطاقة:

تحتاج صور الأقمار الاصطناعية مثل بقية الصور الى موجات تنعكس عن الجسم المراد

تصويره، لكي تلتقط على اللوح الحساس للقمر، وبالتالي هناك نوعان من الصور:

- صور نشطة (Active): تعتمد على مصدر طاقة مثبت على القمر نفسه، مثل أقمار الرادار.
- صور غير نشطة (Passive): تعتمد على مصادر الطاقة الطبيعية، مثل أشعة الشمس أو الاشعاع الطبيعي.

2-1-6- مبادئ عمل نظام الاستشعار عن بعد

(Working principles of the remote sensing system):

يقوم أي نظام للاستشعار عن بعد على مبدئين أساسيين هما [٨]:

- الحصول على البيانات (جمع البيانات) (data acquisition).

- تحليل البيانات (تفسير وتصنيف المرئيات) (data analysis).

• الحصول على البيانات (Data acquisition):

تعد مصادر الطاقة وعمليات استحداثها وتفاعلاتها وبالتكامل مع أجهزة الاستشعار عن بعد هي باختصار عناصر الحصول على البيانات. ليس الضوء المرئي وحده شكلاً من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية فالأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة غاما هي أشكال أخرى مألوفة لهذه الطاقة نشع طبقاً لنظرية الموجات الكهرومغناطيسية الأساسية.

وتحمل أقمار لاندسات نوعين من أجهزة المسح الرقمي، أولهما: عبارة عن أجهزة المسح الرقمي متعددة الأطياف (M.S.S) أما الثاني: فتستخدم فيه الكاميرات التي تسجل أجهزة المسح الرقمي فيها كثافة الضوء المنعكس من الموجات المختارة ومن ثم ترسل من القمر الصناعي إلى المجسات الأرضية. وتكرر الأقمار الصناعية لاندسات تغطية نفس المنطقة على سطح الكرة الأرضية كل (16) يوماً، وتتراوح درجة التميز المكاني لأقمار لاندسات بين (15-20)m، وتوجد أعداد ضخمة

من المرئيات في الوقت الحاضر وكذلك توجد العديد من البرمجيات الخاصة بمعالجة البيانات وتصنيفها وتفسيرها والتي تعمل على النطاق الدولي، حيث أنها ساهمت مساهمة فاعلة في توفير بيانات الاستشعار عن بعد خلال العقود الماضية. كما توجد العديد من النظم المساعدة للحاسب الآلي لتعديل المرئيات وإجراء التركيز وتحسين الألوان، وتنقية البيانات وتدرج الكثافة وذلك لإجراء أعمال تحليل المرئية بالاعتماد على التجمع الإقليمي للمرئية بنفس مدى المستويات الرمادية أما معالجة المرئيات فتتمثل في القيام بكثافة الأعمال الخاصة من خلال تصحيح الأخطاء وإجراء التعديلات اللازمة.

• تفسير وتصنيف المرئيات (Interpretation and classification of visuals):

يعدّ معرفة الواقع على سطح الأرض والظروف المحيطة به أفضل تطبيقات الاستشعار عن بعد. تعتمد كثير من استخدامات الاستشعار عن بعد على تدخل الإنسان في أعمال تحليل وتفسير وتصنيف البيانات، وبذلك تعتمد على مقدرات وإمكانات المفسر في دمج وتكامل مخرجات الاستشعار عن بعد.

يستخدم مفسر المرئيات كل الدلائل والمؤشرات المتاحة لدراسة المنطقة مثل الاستعانة بالخرائط الطبوغرافية والموضوعية، والصور الجوية والبيانات الأخرى أو القيام بزيارات ميدانية للموقع، ويمكن أن يقوم المفسر بتفسير البيانات بالعين المجردة، لكن كثيراً من العناصر يمكن التعرف عليها بدقة أكبر من خلال الحاسبات الآلية والبرمجيات الذكية، كما أضافت نظم المعلومات الجغرافية وسيلة جديدة لتصنيف البيانات، وذلك لأن هذه النظم لها مقدرة كبيرة في التحليل والتعامل مع البيانات المكانية والتي يمكن الحصول عليها من مصادر متعددة، كالخرائط والنماذج الرقمية للتضاريس والمرئيات، مع إمكانية استخدامها لإنتاج خريطة جديدة تشتمل على البيانات المطلوبة.

2-1-7- مميزات صور الاستشعار عن بعد الحديثة [١١]:

:(Advantages of modern remote sensing images)

تتميز الصور الحديثة للاستشعار عن بعد بأنها بيانات ذات نوعية عالية المستوى لأنها

تمتلك الخواص التالية:

- ارتفاع دقة التمييز (درجة التفريق):

حيث انتقلت من (79m×57m) في جيل الأقمار (MSS) إلى (30m×30m) في جيل الأقمار (TM)، و (20m×20m) أو (10m×10m) في حالة القمر الفرنسي (Spot)، ثم جاءت طفرة الجيل الثالث ليقدّم دقة إيضاحية عالية للصورة الفضائية، وذلك بتصغير المساحة الأرضية، التي تمثل النقطة الأساسية (Pixel)، حيث بلغت هذه المساحة (3m×3m) في الأقمار (Early Birds) ثم (1m×1m)، و (4m×4m) في أقمار (Quick Birds) .

- ارتفاع درجة الدقة الطيفية (Spectral Resolution):

ويقصد به ضيق المدى الطيفي، أو قصر الطول الموجي، الذي يتم خلاله التقاط الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الأجسام الأرضية، حيث يتباين المدى الموجي من (90-110) نانومترات في القمر الفرنسي (Spot)، ويتراوح هذا المدى في الجيل الثاني (TM) بين (70 نانومتراً) في القمر (TM-1) و (250) نانومتراً بالنسبة للقمر (TM-6). ثم جاء الجيل الثالث لينقلنا إلى مدى طيفي ونوعية فضائية وطيفية وتعدد طيفي آخر، وذلك عند استخدام أجهزة الاسبكترومتر، والتي تعرف باسم (CASI)، والتي تعتمد على ديناميكية المدى الطيفي للقنوات (Range Spectral Band)، وديناميكية درجة التفريق .

- تعدد القنوات، أو الأطوال الموجية، التي يتم عليها التقاط انبعاثات الأجسام الأرضية، فبنظرة إلى بيانات صور القمر (Spot)، نجد أنها تلتقط فقط على ثلاث موجات، بينما يعطي الجيل الأول من أقمار لاندسات بياناته على أربع قنوات، وقد زادت إلى سبع قنوات في بيانات الجيل الثاني

(TM)، وجاء الجيل الثالث، من بيانات الاستشعار السالب، ليقفز بعدد القنوات إلى (545) قناة.

- بيانات الجيل الثالث لا تحتاج إلى إجراء تصحيحات هندسية، ولا تعاني الإزاحة الطبوغرافية.
- إمكانية تغيير المساحة الأرضية، التي تمثلها النقطة الأساسية للصورة، وذلك بتغيير ارتفاع الطيران، وكذلك سهولة تغيير عدد القنوات وأطوال موجاتها، وبالتالي تعدد مجالات الاستخدام.

2-1-8- استخدامات وفوائد الاستشعار عن بعد

(Uses and benefits of remote sensing):

تمثل تطبيقات الاستشعار عن بعد في أعمال الجيولوجيا أهم التطبيقات، حيث تزود الجيولوجيين بمعلومات عن تشكيل طبقات الأرض ومعرفة أماكن الفوالق والتشققات الأرضية والمعالم الجيولوجية، كما ساعد الاستشعار عن بعد في زيادة كفاءة تصنيف أنواع الصخور باستخدام تقنيات التحليل وإعداد الخرائط من المرئيات الفضائية، كما تعرض معلومات الاستشعار عن بعد في خرائط بمقاييس رسم مختلفة مفيدة في أعمال التنقيب عن المعادن والنفط وخلافه، كما تعد مرئيات الاستشعار عن بعد ذات جدوى اقتصادية وقيمة عالية في الدراسات لتغطيتها مناطق شاسعة الأبعاد وقد تأتي بيانات غير معروفة في السابق من خلال إجراء المسوحات الأرضية لذا فإن دمج المرئيات الفضائية مع البيانات الأخرى ذات الصلة يساعد في تحسين تمييز وتفسير تكوينات وتشكيل سطح الأرض، وكذلك دمج معطيات المرئيات الفضائية مع القياسات الجيوفيزيائية ساعد في الحصول على تفسيرات جيدة لجيولوجية المنطقة المدروسة وإجراء الدراسات التفصيلية لها [٢١].

أضافت تقنيات الحاسوب والتقدم في مجال الالكترونيات العديد من التحسينات والتعزيزات للمرئيات والمعطيات الرقمية، فقد أدى ذلك إلى الحصول على التفسير الدوري المستمر والجيد والمنطقي

لمعطيات المرئيات الفضائية. ومما تقدم ذكره، يمكن إبراز فوائد الاستشعار عن بعد في الآتي: [٩]

- زيادة وتحسين البيانات في مناطق الدراسة التي أجريت عليها دراسات سابقة والمناطق التي لما

تجرى عليها بعد والتي يصعب الحصول على بياناتها بالطرق الأخرى.

- انسجام وتناسق البيانات المكانية مما يسهل أعمال التحليل وتفسير البيانات والاستفادة منها.

- بيانات الاستشعار عن بعد تعتبر بيانات مكانية مستمرة مقارنة ببيانات طرق المسح الأرضي

الأخرى، كما توفر بيانات مكانية ومعلومات أكثر وأفضل.

- تكون بيانات الاستشعار في شكل يناسب إجراء معالجة البيانات بأجهزة الحاسب الآلي.

- إمكانية الحصول على بيانات بصفة دورية.

- تعدّ قياسات الاستشعار عن بعد، مكملة للقياسات والمسوحات الأرضية الأخرى.

- يساعد الاستشعار عن بعد على الحصول على بيانات كثيرة بتكلفة أقل وفي فترة زمنية مناسبة.

2-1-9- تطبيقات الاستشعار عن بعد في مجال التنقيب عن المياه الجوفية

(Remote sensing applications in groundwater exploration):

يعدّ التنقيب عن المياه الجوفية من أهم التحديات التي تواجه تقنيات الاستشعار عن بعد، إذ

تتسم البيانات الفضائية بضعف احتوائها على المعلومات المشيرة بشكل مباشر لمناطق تواجد المياه

الجوفية وهذه نتيجة طبيعية لخصائص البيانات الفضائية التي تستقي بياناتها مباشرة من سطح

الأرض، ومع ذلك فإنه يمكن الاستدلال من تلك البيانات بشكل غير مباشر ويعتمد في ذلك على

كفاءة المستخدم وقدرته وخبرته الميدانية على استنباط المعلومات المفيدة والمساعدة في عمليات

التنقيب واستكشاف الأحواض المائية وأماكن تغذيتها. لقد أصبح الاستشعار عن بعد وسيلة هامة

عند القيام بمشاريع تنمية المياه الجوفية، فبالإضافة إلى توفر الخرائط الجيدة تستخدم الصور الجوية

والفضائية كوسيلة مكملة للحصول على المعلومات السطحية الضرورية وذلك لأن الخريطة لا

تظهر جميع التفاصيل. حيث تستخدم تقنيات الاستشعار كمرحلة أولية في استكشاف المياه الجوفية وذلك برسم الخرائط الطبيعية الأساسية ذات المقاييس المختلفة المناسبة في تحليل الصور الجوية الملتقطة لمعرفة التراكيب الجيولوجية من صدوع وطيّات وشقوق وكهوف. والاهتمام بتحليل آثار الانكسارات الجيولوجية للبحث عن مصادر المياه الجوفية التي تعد أحد العوامل الناجحة التي يستخدمها الهيدروولوجيين وخصوصاً في المناطق ذات التكوينات الجيولوجية الجيرية [٢٦].

تتركز المياه الجوفية كما نعلم في الفراغات والمناطق ذات الانكسارات الشديدة (Fracture Zone) لعدة أنواع من الصخور. ويمكن معرفة هذه الانكسارات من دراسة الظواهر والسمات الخطية (Linear Feature) في الصور الجوية وصور الأقمار الصناعية، وتتم دراسة إمكانية الاستكشاف والتقيب عن المياه الجوفية بواسطة الأقمار الصناعية الخاصة بعمليات الاستشعار عن بعد، حيث يتعلق البحث عن مناطق مائية واحدة بكل من أنظمة الاستشعار عن بعد المستخدمة، وأنظمة المعلومات الجغرافية التي تستخدم مجموعة من البرمجيات المتقدمة تنظم عمليات المعالجة والتحليل وإخراج المعلومات المكانية والوصفية والاحصائية بتطبيق مجموعة العمليات المنطقية وغيرها لوضع النماذج والخرائط الموضوعية والحلول المقترحة، وكما يتعلق البحث أيضاً بالبيانات الهيدروجيولوجية التقليدية والتحريرات السابقة والحالية. استناداً إلى ذلك يتم إقرار تنفيذ العديد من الآبار في منطقة معينة [١١١, 97].

أما بخصوص الخرائط التي تتألف منها قاعدة البيانات لمشروع التقيب عن المياه الجوفية هي [١٣]:

أ- خريطة المواد (صخور وتربة): حيث تبين طبيعة المواد وأنواعها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، ومواقعها الجغرافية وسماكة الطبقات وميلها. ومن المعروف أن المسامية porosity والنفاذية permeability تختلف من صخر إلى آخر. فعلى سبيل المثال المسامية والنفاذية

جيدة في الصخور الرملية ولذا فإنها غالباً تخزن المياه وتسمح للمياه بالحركة خلال مسامها، الأمر الذي يجعل إنتاجية البئر في مثل هذا الخزان عالية ومجدية اقتصادياً. وعلى العكس من ذلك الصخور الطفلية Shale تكون المسامية فيها جيدة ولكن النفاذية فيها منخفضة ولذا فإنها قادرة على تخزين الماء ولكنها لا تسمح باستغلاله. وهذا يعني أن التعرف على أنواع الصخور يدل على خزانات المياه الجوفية وخصائصها الطبيعية والكيميائية، ويمكن الاستعانة بسجل الآبار المحفورة داخل الحوض المائي لعمل المقارنة والمضاهاة فيما بينها، كما وأنه لا بد من الاطلاع على الجيولوجيا التاريخية لمعرفة خصائص البيئات القديمة.

ب- خريطة القسمات الخطية: حيث تستخدم البيانات الفضائية ذات القدرة التمييزية العالية لإنتاج خرائط القسمات الخطية وذلك بعد معالجتها باستخدام برمجيات الفلترة، وتبين هذه الخرائط الفوالق والشقوق والطيات المحدبة والمقعرة وصفاتها الهندسية من حيث الامتداد الطولي والعرضي والعمودي، وكثافة القسمات الخطية أهمية خاصة في هذا المجال بما يخص عملية التغذية الجوفية للطبقات المائية. ومن المفيد الاستعانة بالطرق الجيوفيزيائية لمعرفة عمق وميول القسمات الخطية ولاكتشاف الفوالق والشقوق الموجودة تحت السطح وعلاقتها بما هو على السطح، ومن المهم أيضاً معرفة اختراق هذه الفوالق للطبقات الحاملة للمياه، وذلك لتحديد طرق ومسالك التغذية للطبقات الحاملة للمياه.

ج- خريطة الأحواض المائية السطحية: يتم تحديد حدود الأحواض المائية السطحية الرئيسية والثانوية بدقة ومعرفة خصائصها المورفومترية من النموذج الرقمي للارتفاع كما يمكن التعرف على الانحدارات واتجاه الانحدارات. إذ تفيد هذه المعلومات بمعرفة اتجاه حركة المياه وتغير سرعة الجريان السطحي بتغير الانحدار على مسار الوادي، ويمكن استنتاج معدلات الرشح لتغذية الحوض الجوفي كما يمكن اشتقاق مجسم ثلاثي الأبعاد يوضح الوضع الطبوغرافي

وأشكال التضاريس ويعطي فكرة جيدة عن جيومورفولوجية المنطقة.

د- خريطة شبكات الأودية السطحية: يمكن رسم شبكات الأودية السطحية (Drainage) مباشرة من البيانات الفضائية بدقة وذلك اعتماداً على زيادة القدرة التمييزية للبيانات الفضائية، كما يمكن رسم شبكة الأودية السطحية من النموذج العددي للارتفاعات، وتبين هذه الخريطة شبكة الأودية السطحية وأنماطها وخصائصها المورفومترية وكذلك كثافتها، وهناك علاقة مابين نوعية المواد المتكشفة على السطح (الصخور والتربة) وأنماط الشبكة المنتشرة عليها، حيث إنها تعطي مدلولات مهمة للموارد المائية السطحية والتي يجب أخذها بعين الاعتبار .

هـ - البيانات الوصفية: وهي معلومات مرافقة للمواقع الجغرافية والمادة الموصوفة حيث يتم تبويبها في جداول خاصة تبين نسب النفاذية والمعطائية والناقلية لمختلف أنواع المواد وكذلك معدلات الأمطار السنوية ونسب التبخر والنتح، ومستويات المياه في الآبار المحددة كمواقع وإحداثيات جغرافية وكميات التصريف من الينابيع والخواص الكيميائية لمياه الينابيع وغيرها من المعطيات والبيانات الهيدروجيولوجية والهيدروولوجية.

يتضح مما تقدم أهمية المعلومات التي يمكن توفيرها من البيانات الفضائية والمتعلقة بالموارد المائية استكشافاً وإدارة ويعتمد ذلك على مدى كفاءة المستخدمين وتوفر الامكانية المادية وقناعة أصحاب القرار بنجاعة هذه التقنيات ليس على مستوى التطبيقات بل على مستوى توفير الوقت والجهد والمال .

2-2- نظام المعلومات الجغرافية (Geographic information system):

2-2-1- ما هو نظام المعلومات الجغرافية (Geographic Information System):

نظام المعلومات الجغرافي والمعروف اختصاراً بـ (G.I.S.) هو تقنية حاسوبية أو معلوماتية تسمح بدراسة معطيات منسوبة جغرافياً إلى منطقة من سطح الأرض وبالتالي عرض وتحليل كافة

الأشياء المتواجدة على سطح أو داخل الكرة الأرضية بالإضافة للأحداث التي تنتج عنها.

الغرض من نظام المعلومات الجغرافي هو إيجاد إطار عمل مكاني حاسوبي يدعم عملية اتخاذ القرار في الاستخدام الذكي لمصادر الأرض وإدارة البيئة المحيطة بالإنسان.

ضمن هذا الإطار، فإن أنظمة المعلومات الجغرافية يمكنها تقديم أجوبة عن أسئلة مطروحة اعتباراً من قواعد بيانات موزعة جغرافياً [٥].

2-2-2- ما الحاجة إلى الـ (G.I.S.) ؟ (What is the need for the G.I.S.):

- عدم القدرة حالياً على الاحتفاظ بالبيانات والخرائط بسبب عوامل الاهتلاك والتلف.
- تقادم الخرائط الورقية والإحصائيات وصعوبة تحديثها.
- البيانات والمعلومات الورقية غير الدقيقة بسبب عوامل تشويه الورق مثل الطباعة.
- البحث عن المعلومة يحتاج إلى جهد كبير ووقت كبير.
- لا يمكن التشارك بالبيانات والمعلومات الورقية.
- صعوبة اتخاذ القرار اعتماداً على المصادر الورقية.

2-2-3- نظام المعلومات الجغرافية وعلاقته بالأنظمة الأخرى

(Geographic information system and its relationship with other systems):

- أنظمة التصميم بمعونة الحاسب (Computer-Aided Design ;CAD): تتيح الوصول إلى قواعد البيانات ولكن بشكل محدود وإمكانياتها التحليلية محدودة.
- الأنظمة الكارتوغرافية (Computer Cartography ;CAC): بنية المعلومات فيها بسيطة ولكن

تفتقر إلى العلاقات المكانية (topology)، وقدراتها التحليلية محدودة أيضاً.

- أنظمة إدارة قواعد البيانات (Database Management Systems ;DBMS): تخزين وتجمع

وتعالج البيانات الوصفية، إمكانياتها الرسومية محدودة، تفتقر إلى إمكانية التحليل المكاني.

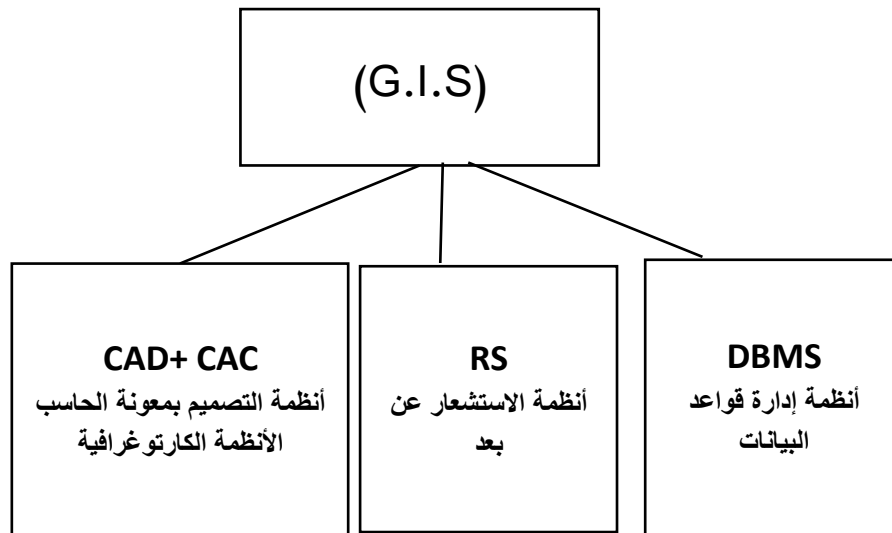
- أنظمة الاستشعار عن بعد (Remote Sensing Systems ;RS): تجمع وتخزن وتعالج البيانات

النقطية وتفتقر هذه الأنظمة إلى القدرة على معالجة البيانات الشعاعية، وإمكانية ربطها مع

البيانات الوصفية محدودة.

لا يحل نظام المعلومات الجغرافي محل الأنظمة السابقة في أداء عملها بل يستفيد من بعض

إمكانياتها لإجراء التحاليل الجغرافية المختلفة، (الشكل: 2-3).



الشكل (2-3): العلاقة بين GIS والأنظمة الأخرى

تمثل أنظمة المعلومات الجغرافية (G.I.S.) واحدة من أكثر التقنيات الواعدة والمثيرة للاهتمام في

العقود الأخيرة، فهي أداة مثالية لنمذجة العالم الحقيقي، تصنيف، مراقبة الظواهر، والتنبؤ بالتغيرات

المستقبلية (النمذجة التنبؤية). لقد أصبحت أنظمة المعلومات الجغرافية أداة متزايدة الأهمية لفهم

ومعالجة المشاكل. بالإضافة إلى أن تقنيات ومفاهيم (G.I.S.) تساعد على تجميع وتنظيم البيانات

المتعلقة بمشكلة معينة وفهم العلاقات المكانية الموجودة بينها [١٢].

2-4-2- مكونات نظام المعلومات الجغرافية

:(Geographic information system components)

هو عملية تكامل بين خمسة مكونات أساسية وهي :

الأشخاص والبيانات والأجهزة والبرامج والإجراءات، كما يبين الشكل (2-4) [١٢].

1-4-2-2 الأشخاص المستثمرون (People) (المستخدمون) :

لهم خبرة في تنظيم المعلومات وأرشفتها وإدارتها حاسوبياً، وقدرة جيدة على التحليل، وإعطاء نتائج دقيقة وصحيحة، منهم الطبوغرافيون، الجيولوجيون، الهيدرولوجيون والهيدروجيولوجيون، المبرمجون وخبراء المعلوماتية وغيرهم من الاختصاصيين حسب مجال استخدام النظام أو النموذج بحيث يشكل هؤلاء فريقاً متكاملًا لحل المشكلة، ويعتبر غياب الفنيين من أهم معوقات استخدام النظام.

2-4-2-2 البيانات (Data) :

وهي العنصر الأساسي من عناصر نظام المعلومات الجغرافي إذ أنه للحصول على نتائج صحيحة ودقيقة يجب أن تكون البيانات المستخدمة صحيحة ذات مصادر موثوقة، فتوفر ودقة البيانات وتوزعها على منطقة الدراسة تؤثر على النتائج والاستفسارات والتحليل وبدون البيانات لا يمكن أن ننجز أعمالاً، حتى ولو توافرت بقية العناصر، وتعتبر البيانات أكثر مكونات النظام كلفة إذ يتطلب الأمر تجميعها من المصادر المختلفة وتحويلها من أشكالها المتنوعة إلى الشكل المناسب للتخزين والاستخدام في قاعدة بيانات النظام.

3-4-2-2 البرامج (Software) :

وتتضمن كافة الأنظمة (أنظمة تشغيل أو أنظمة جغرافية)، ويجب التأكد من أن هذه الأنظمة

تعمل مع بعضها بشكل صحيح، وبشكل عام تصنف هذه الأنظمة في ثلاث مجموعات:

برمجيات معالجة الملفات (File Processing Design): وتعتمد على عزل البيانات حيث يتم الدمج بينها أثناء عمليات التحليل والمعالجة وفق توابع خاصة.

برمجيات التصميم الهجين (المختلط) (Hybrid Design): وتعتمد على تخزين البيانات في نظام إدارة قواعد البيانات والرسوم في برمجيات خاصة ثم الدمج بين القسمين الرسومي والبياني وفق توابع خاصة.

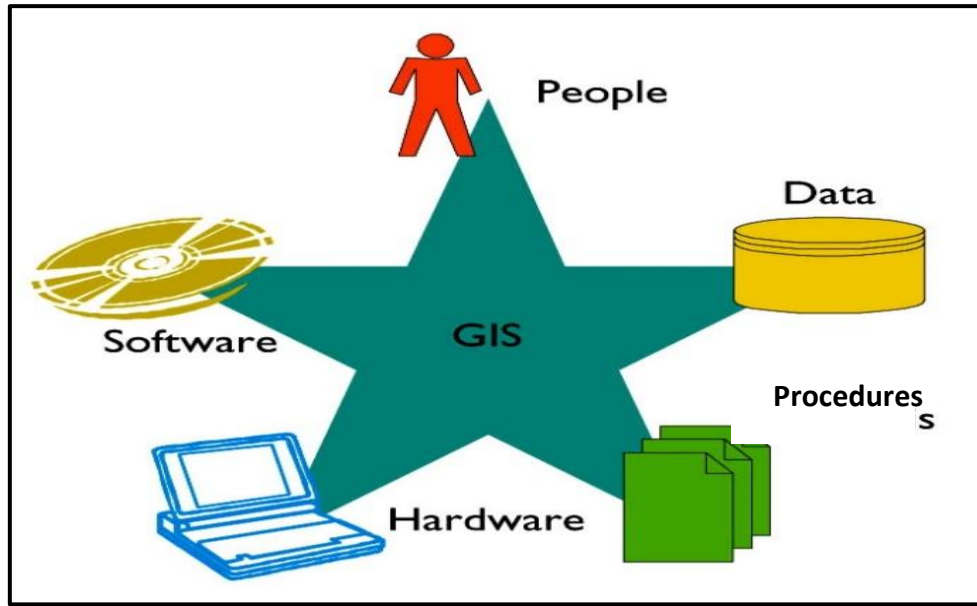
برمجيات التصميم الموسع (Extended Design): حيث يتم تخزين البيانات الوصفية والمكانية في نظام إدارة قواعد البيانات وبذلك تتأمن إمكانيات للتحليل المكاني.

2-2-4-4 الأجهزة (Hardware):

تؤثر كفاءة التجهيزات على سرعة المعالجة وسهولة الاستخدام ونوع الخرج الممكن الحصول عليه. عن طريق هذه الأجهزة يتم تشغيل النظام، وإعطاء النتائج إما على ورق، أو إعطاء نسخ رقمية للتداول بين المؤسسات، أو على خطوط الإنترنت، ومنها: أجهزة الكمبيوتر، الطابعات (Printers)، راسمات الخرائط (Thematic Mapper)، المرقمن (Digitizer)، الماسحات الضوئية (Scanners)، وغيرها...

2-2-4-5- الإجراءات (Procedures) (التحليل):

وهي عنصر مهم حيث لابد من تحديد الإجراءات التي نريد القيام بها من أجل الحصول على النتائج المطلوبة. حيث يتطلب التحليل منهجيات ذات صياغة دقيقة من أجل الحصول على نتائج قابلة للاستخدام.



الشكل (2-4): مكونات نظام المعلومات الجغرافية

2-2-5 أنواع البيانات التي يتعامل معها نظام المعلومات الجغرافية

: (The types of data that the geographic information system deals with)

يتعامل البرنامج مع نوعين أساسيين من البيانات بشكل مباشر، كما يبين الشكل (2-5)، وهما [١] :

2-2-5-1 البيانات الوصفية (Descriptive Data):

مجموعة من البيانات تصف عنصر مكاني ولا تظهر على المخطط وتكون على هيئة جداول أو نصوص. يمكن أن تسمى أحياناً بالمعطيات اللامكانية (Non-Spatial Data)، أو الغرضية، كما يمكن تصنيفها في مجموعتين:

أ- بيانات تعبر عن النوعية (Qualitative Data): كأسماء الآبار، البحيرات، السدود، الطبقات الصخرية، التربة، التجمعات السكانية...

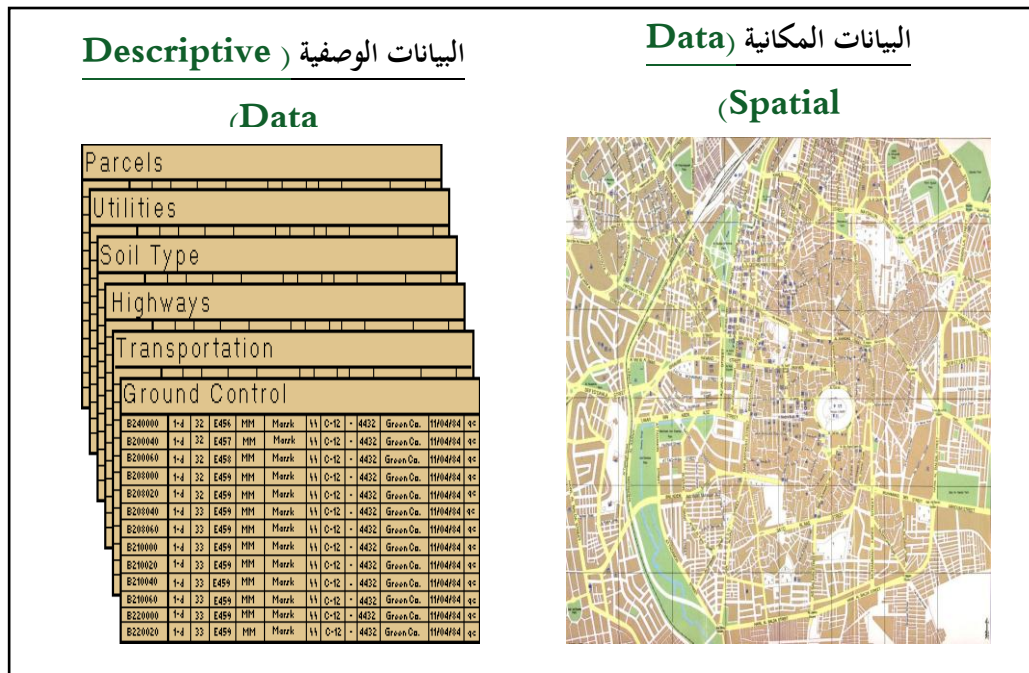
ب- بيانات تعبر عن الكمية (Quantitative Data): كغزارة الضخ من البئر، مساحة البحيرة، سعة تخزين بحيرة السد، سماكة المقطع الليتولوجي، عدد السكان ضمن تجمع سكاني....

وغالباً ما تكون المجموعتان السابقتان موجودتين في جدول البيانات (Attribute table) نفسه، لكن

تمّ التصنيف السابق للإيضاح.

2-5-2-2 البيانات المكانية (Spatial Data):

تتضمن معلومات عن موقع وشكل المعالم الجغرافية وتخزن عادة في إحداثيات. وبشكل عام تشكل قاعدة البيانات المكانية القسم الرسومي في نظام المعلومات الجغرافية (الخارطة).



الشكل (2-5): البيانات التي يتعامل معها GIS (الخارطة)

2-2-6 الحصول على البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية:

Data acquisition in geographic information systems

إن مصادر قاعدة البيانات لأنظمة المعلومات الجغرافية كثيرة ومتنوعة وتختلف حسب الغاية والهدف الذي وضع النظام من أجله، ونذكر منها [١٢]:

2-2-6-1 الخرائط الورقية:

بأنواعها الطبوغرافية، الجيولوجية، العقارية... حيث يتم إجراء مسح لها وإعادة إدخالها بشكل رقمي عن طريق عملية الرقمنة البيانية (Digitizing). ويبين الشكل (2-6) أول مخطط

مساحي لمدينة حلب القديمة والمعروف بمخطط يونغ 1/10/1938 والذي تمّ تحويله أول مرة إلى خريطة رقمية في أوتوكاد عام 1998 باستخدام برامج عرفت سابقاً بـ R2V.



الشكل (2-6): تحويل الخريطة إلى صيغة رقمية

2-6-2-2 الصور الجوية والاستشعار عن بعد (Aerial photos and remote sensing):

من خلال صور الأقمار الصناعية المتخصصة كالقمر الأمريكي (Landsat) المزود بمستشعرات متعددة النطاقات الطيفية بقدرة تحليلية 30 m، والقمر الفرنسي (Spot) بقدرة تحليلية 10m أو بواسطة أجهزة الـ (G.P.S.) وهو جهاز يستخدم لتحديد أي موقع جغرافي لأي نقطة على سطح الأرض (خط طول، خط عرض) أو لمسار معين من خلال تخزين إحداثيات مجموعة من نقاطه.

ومن المهام التي يمكن أن تقوم بها الأقمار الصناعية الخاصة بالاستشعار عن بعد هي:

- مسح وتقدير الأراضي الخاصة بالمحاصيل الزراعية

- إعداد خرائط الموارد الطبيعية

- رصد ومتابعة ظواهر التصحر وزحف الرمال
- متابعة الزحف العمراني على الأرض الزراعية
- انتخاب أنسب المواقع للمدن الجديدة، والتخطيط لإنشائها
- مراقبة الكوارث الطبيعية كالفيضانات وحرائق الغابات والبراكين.

2-2-6-3- البيانات الرقمية (Digital Data):

أي عن طريق البيانات الرقمية الموجودة مسبقاً مثل ملفات (AutoCAD) أو ملفات من برنامج جغرافي آخر، أو من نفس البرنامج عن طريق المؤسسات الأخرى، أو عن طريق الانترنت.

2-2-6-4- بيانات أخرى (Other data):

بيانات جدولية، إحصائية، بيانات وقياسات حقلية.

2-2-7- وظائف أنظمة المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems)

(Jobs) :

ينبغي لأي نظام معلومات جغرافي أن يكون قادراً على إنجاز العمليات الأساسية الموضحة

في الشكل (2-7) كي يكون مفيداً في إيجاد الحلول للمشاكل التي تواجهها [٣].

جمع البيانات

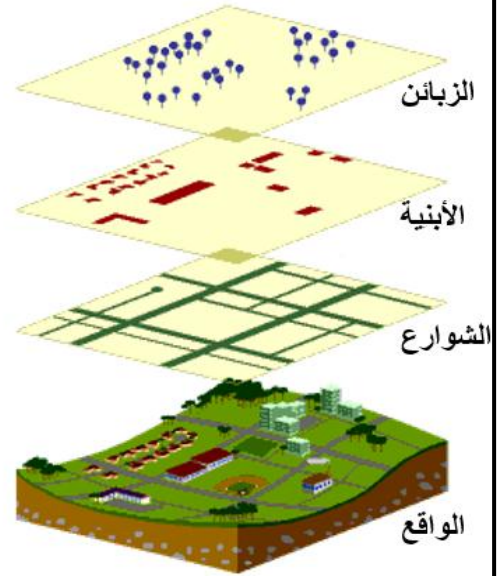
التخزين

الاستفسار

التحليل

العرض

الايخراج



الشكل (2-7): وظائف أنظمة المعلومات الجغرافية

2-7-2-1 - جمع البيانات (Capturing Data):

ينبغي أن يقدم نظام المعلومات الجغرافي وسائل إدخال البيانات الجغرافية والبيانات الجدولية (الوصفية). وكلما ازدادت وسائل الإدخال، ازداد نظام المعلومات الجغرافي تطوراً. ولأن قاعدة البيانات هي الجزء الأكثر كلفة والأطول عمراً في مكونات نظام المعلومات الجغرافي، فإن إدخال البيانات يكتسب أهمية خاصة. يستخدم (ArcGIS) مجموعة كبيرة من مصادر البيانات مقدماً بذلك عدداً من خيارات الإدخال. يقدم (ArcGIS) طرقاً فعالة لإدخال البيانات من أجل أتمتة الخرائط الورقية كأجهزة الرقمنة والمساحات الضوئية وغيرها من مصادر البيانات غير الرقمية. وللاستفادة من المجموعات الواسعة من البيانات الرقمية ذات البعد الجغرافي التي يمكن أن تكون موجودة، يوفر (ArcGIS) مجموعة كبيرة من أدوات التحويل بين الصيغ البرمجية إلى الشكل الرقمي المناسب لبيئة عمل النظام. كما أن إمكانيات (ArcGIS) المتكاملة في التعامل مع البيانات تسمح بالاستفادة من إمكانيات التشارك على البيانات مع التطبيقات الأخرى دون الحاجة إلى تحويلها وذلك باستيراد قاعدة البيانات الخام.

2-7-2-2 - تخزين البيانات (Data Storage):

يمكن أن تخزن البيانات الجغرافية بالصيغة الشعاعية (Vector) أو النقطية (Raster):

• البيانات الشعاعية (Vector Formats):

يمثل نموذج البيانات الشعاعي السمات الجغرافية بالطريقة نفسها المستخدمة في الخرائط باستخدام: النقطة - الخط - المساحة. ويستخدم نظام الاحداثيات الديكارتي (x,y).
- النقطة: وهي مكون عديم البعد، وتمثل تفاصيل أو عناصر منفردة كآبار مثلاً. وهي تحدد موقع العناصر على الطبيعة وذلك نسبة لجملة إحداثيات مستوية متعامدة. ويتم تعريف النقطة

بإحداثياتها.

- الخط: مكون ذو بعد واحد، ويستخدم لتمثيل العناصر الخطية مثل النهر، مسيلات مائية، فوالق،
قسمات خطية، خطوط نقل الطاقة...، ويتم تعريف الخط بنقطة بدايته ونقطة نهايته وطوله،
أو بطوله واتجاهه.

- السطح: وهو مكون ذو بعدين، وله صفة الاستمرارية بالنسبة لصفة ما. ويستخدم لتمثيل
العناصر التي لها بعدين كالمسطحات المائية وغيرها من العناصر التي لها مساحة على
الخريطة. ويعرف السطح بمساحته وبخطوط محيطه الخارجي التي تشكل مضلعاً مغلقاً يحتوي
السطح. كاستخدامات الأراضي وبعد النموذج النقطي مناسباً تماماً من أجل إجراء التحليلات
المكانية ومن أجل تخزين البيانات التي تم جمعها بصيغة (grid). يعتمد مقدار التفاصيل
التي يمكن معاينتها على حجم الخلية المستخدمة لتمثيل السمات وهو الأمر الذي يجعل
الصيغة المصفوفية غير مناسبة للتطبيقات التي يكون من الهام معرفة الحدود الدقيقة للسمات
فيها كتطبيقات إدارة العقارات.

• البيانات النقطية (Raster Format):

بدلاً من تمثيل السمات باستخدام إحداثياتها الديكارتية (x,y)، يتم التعبير عن مكونات الواقع
الحقيقي باستخدام مكون يدعى عنصر صورة (Pixel)، وهو مصطلح مشتق من كلمتي (Picture)
و (Element) وهي مربعات بالغة الصغر حيث يتم تقسيم الفراغ لشبكة من الأسطر والأعمدة
تشكل بدورها مربعات كما في الصور الجوية وصور الأقمار الاصطناعية، يعتمد نموذج البيانات
النقطية على إسناد قيمة لونية لكل خلية (Cell) من الخلايا التي تغطي موقع السمة، وتعرف
الخلية برقم سطرها ورقم عمودها في مصفوفة الخلايا التي تمثل البيانات المكانية. تفيد الصيغة
النقطية في تمثيل الظواهر المتصلة كالارتفاعات، أو البيانات غير المتصلة (discrete) .

ينبغي لنظام المعلومات الجغرافية أن يقدم الأدوات اللازمة للعثور على السمات التي تحقق شروطا معينة تتعلق بمواقعها أو خصائصها، ويشمل:

• الاستفسار عن الموقع (What is at...?) ماذا يوجد في الموقع التالي؟

يهدف إلى التعرف على سمات محددة، من الاستفسارات الشائعة معرفة ما هو موجود في موقع محدد. في هذا النوع من الاستفسارات، يكون المستخدم على علم أين تقع السمة لكنه يريد معرفة ماهية الخصائص التي تحملها هذه السمة. كأن نسأل مثلا عن منسوب المياه الجوفية في موقع معين. ويمكن إجراء هذا النوع من الاستفسارات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لأن السمات المكانية تكون مربوطة ببيانات وصفية.

• الاستفسار الشرطي (Where is it...?)

التعرف على السمات أو المواقع التي تحقق شرطا محددًا. في هذه الحالة، يكون المستخدم على علم بماهية الخصائص التي تهتمه، ويريد أن يجد أين تقع السمات التي تحقق هذه الشروط. كالاستفسار مثلا عن المواقع التي يرتفع فيها منسوب المياه الجوفية عن حد معين. ويدعى هذا النوع من الاستفسارات بالتقاطع (Intersection)، عندما يشمل تحقيق عدة شروط معا لمعطيات أو بيانات مختلفة كأن يطلب مثلا إيجاد المواقع التي يقل فيها منسوب المياه الجوفية عن حد معين والتي تكون تربتها من نوع محدد والتي لا تقل كثافة السكان فيه عن مقدار محدد بهدف حفر بئر أو التحريج مثلا، فمن تطبيقات (G.I.S.) المفيدة دراسة المخزون المائي وكفايته وتحديد الأماكن التي تحتاج لتحريج باعتبار أن عملية التحريج تساعد في تغذية المياه الجوفية.

• الاستفسار عن المسارات (Routing) أو (what is the best way...?) ما هو أفضل مسار؟

حيث يتم الاستفسار عن أفضل أو أقصر أو أسرع مسار بين موقعين أو عدة مواقع،

كالاستفسار مثلا عن أقصر طريق من قرية لا يتوفر فيها بئر إلى بئر مستمر.

• الاستفسار عن التغيرات (Trend) (what has changed since...?) ما الذي تغير منذ؟

حيث يتم الاستفسار عن التغيرات التي تحدث في المواقع مع مرور الزمن، كالاستفسار مثلا عن المناطق التي لم تكن مأهولة في زمن ما وأصبحت مأهولة أو العكس، فالجواب على هذا الاستفسار يكون بتحديد المواقع التي حدث تغير في حاجتها للمياه.

• الاستفسار عن الأنماط (Patterns) (what is the pattern...?) ما هو نمط توزع الظاهرة؟

ويتضمن هذا الاستفسار مقارنة لتوزع الظواهر مكانيا بغية فهم العلاقة بين هذه الظواهر، كأن يراد الاستفسار عن علاقة انتشار مرض ما بالقرب من بئر معين، فيجري إسقاط توزع الظاهرة (انتشار المرض) مكانيا على الخرائط ومقارنة هذا التوزع، بتوزع الآبار التي تستخدم في المنطقة. إن هذا النوع من الاستفسارات وتطبيق عمليات التحليل المكاني عليها مستخدم بشكل واسع في الدراسات البيئية والاجتماعية والتخطيطية.

• الاستفسار بالنمذجة (Modeling) (what if...?) ماذا لو؟

يتطلب هذا النوع من الاستفسارات تحديد النتائج الناجمة عن تطبيق نموذج أو عدة نماذج على موقع، كالاستفسار عن المناطق التي سيرتفع منسوب المياه الجوفية فيها إذا ما هبت عاصفة بشدة مطرية معينة بعد وضع نموذج لهذه العاصفة (نمذجة العاصفة)، والجواب على هذا الاستفسار هو تحديد المواقع المتأثرة بذلك. كتطبيق على هذا النوع من الاستفسارات تحديد المواقع التي ستتأثر أساسات المنشآت فيها بارتفاع منسوب المياه الجوفية بغية إيجاد سبل حمايتها. أو دراسة تأثير استنزاف المياه الجوفية من آبار في منطقة لا يمكن الوصول إليها (مناطق حدودية) على منطقة أخرى.

2-2-7 -4 التحليل (Analysis):

ينبغي أن يكون نظام المعلومات الجغرافية قادراً على الإجابة عن الأسئلة التي تتعلق بالعلاقات المكانية التي تربط بين السمات. يدخل في عمليات التحليل عادة أكثر من شريحة واحدة ويتطلب إجراء مجموعة من الخطوات. من الضروري معرفة العلاقات بين السمات عند استثمار (G.I.S.) لتحليل هذه العلاقات، فيتم إنجاز تحاليل مكانية جغرافية وترجع كلمة مكانية إلى طريقة تنظيم المعلومات على المخطط أو الخارطة اعتماداً على المواقع النسبية على سطح الأرض. ومن عمليات التحليل التي يمكن تنفيذها من خلال هذا النظام: يوجد ثلاثة أنواع شائعة من التحليل كما يبين الشكل (2-8).

• التحليل التقريبي (Proximity Analysis):

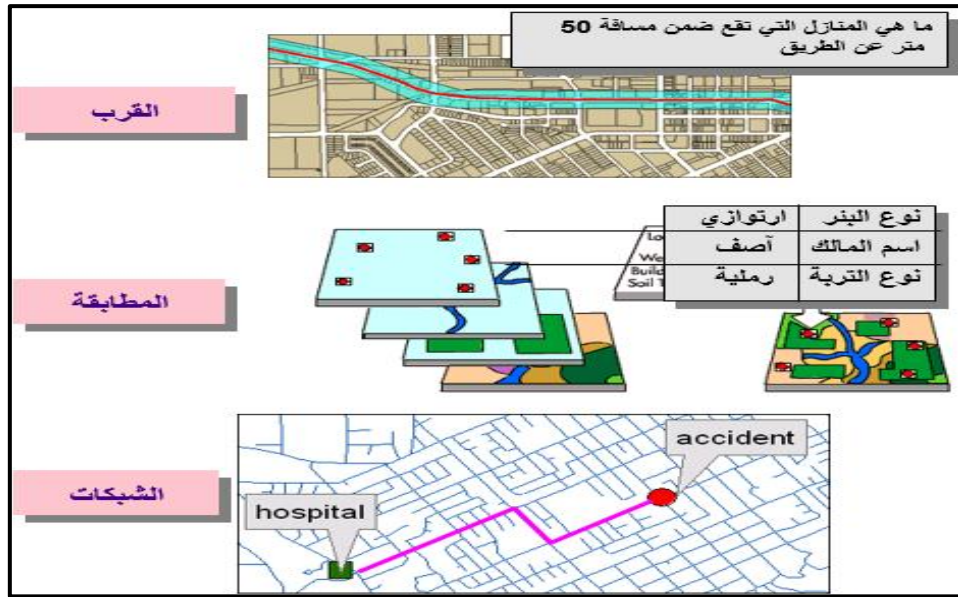
كأن نحدد العقارات التي تبعد عن طريق معين مسافة معينة (حرم الطريق - حرم نهر) Bufer.

• تحليل المطابقة (Overlay Analysis):

يستخدم تحليل المطابقة السمات الموجودة في شريحتين أو أكثر لإنشاء شريحة جديدة تتضمن خصائص الشريحتين الأساسيتين. يمكن تحليل الشريحة الناتجة لتحديد السمات المتقاطعة أو لإيجاد عدد السمات التي تقع في منطقة أو أخرى وبالتالي الوصول إلى هدف معين. يمكن تنفيذ تحليل المطابقة على شرائح التربة والنباتات من أجل حساب مساحات نبات ما في نوع معين من التربة.

التحليل الشبكي (Network Analysis):

يختبر هذا النوع من التحليل كيفية ترابط السمات الخطية مع بعضها وكيفية الانتقال عبر الشبكة.



الشكل (2-8): بعض التحليلات باستخدام GIS

2-7-5- العرض (Display):

يتم إظهار المعلومات لاستخدامها في إظهار البيانات الجغرافية بثلاث طرق كما في الشكل

(2-9) هي:

- الرسومات البيانية

- الخرائط الرقمية

- التقارير الرقمية

ينبغي أن يقدم نظام المعلومات الجغرافي الأدوات اللازمة لعرض السمات الجغرافية باستخدام مختلف طرق الترميز (رسوم بيانية، خرائط، تقارير). في العديد من أنواع العمليات الجغرافية، تكون الخريطة أو المخططات البيانية هي أفضل طريق لمعاينة النتائج. تعتبر الخرائط فعالة من أجل تخزين المعلومات الجغرافية وعرضها بشكل مفهوم. ينتج الكارتوغرافيون خرائط قياسية، ولكن نظم المعلومات الجغرافية تقدم أدوات جديدة ومثيرة للاهتمام لدعم علم وفن الكارتوغرافيا بحيث يمكن تزويد الخرائط بالتقارير والمشاهد ثلاثية الأبعاد والصور الفوتوغرافية وغير ذلك من الوسائط. وقد

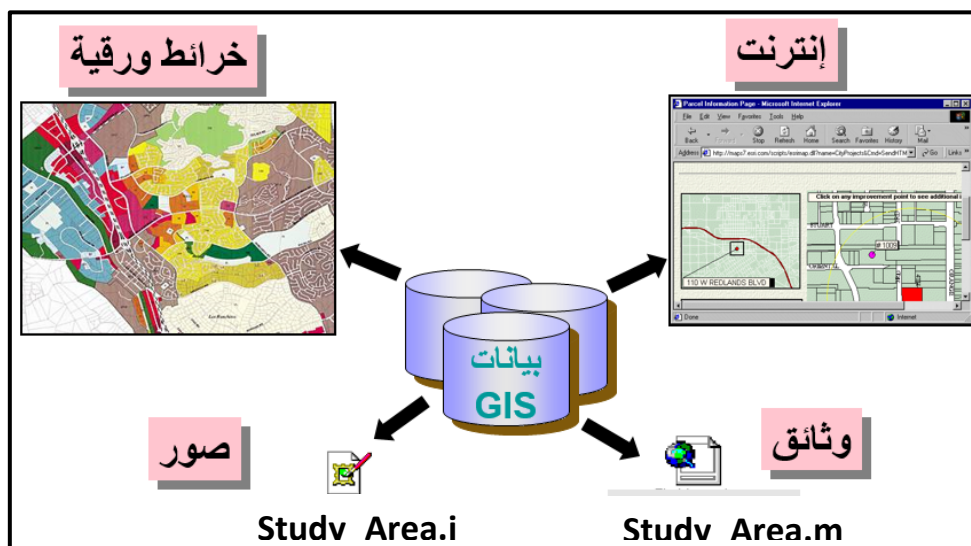
تساهم عمليات الإظهار والعرض للنماذج الرقمية للتضاريس الممثلة لمنطقة ما من سطح الأرض بشكل مباشر في صناعة القرار، دون أن يتضمن بالضرورة تحليلاً كمياً لمعلوماته.



الشكل (2-9): طرق العرض في GIS

2-2-7-6- الإخراج (Output):

ينبغي لنظام المعلومات الجغرافي أن يكون قادراً على عرض النتائج بمختلف الصيغ كالخرائط الورقية والتقارير والمخططات البيانية كما في الشكل (2-10).

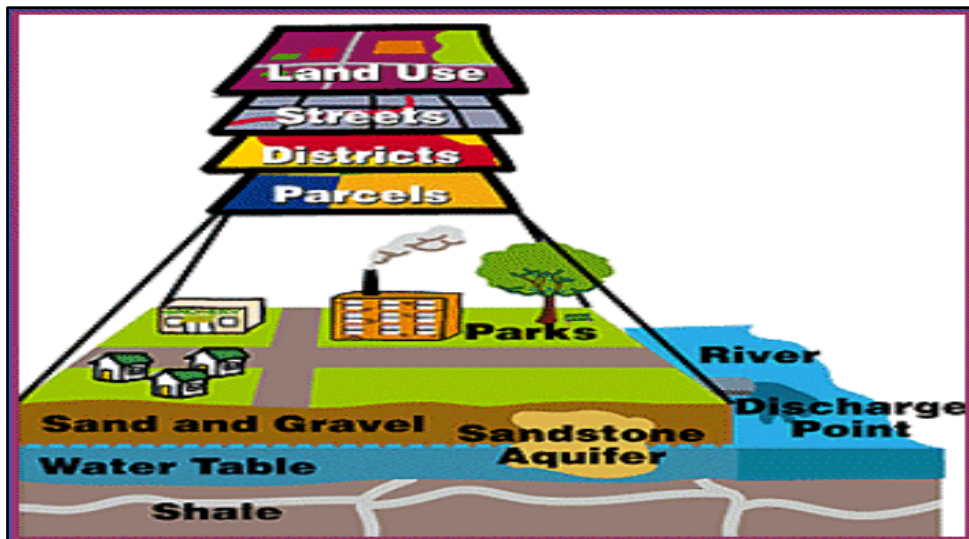


الشكل (2-10): نماذج الإخراج باستخدام GIS

إن مشاركة الآخرين بنتائج عملك واحدة من أهم مبررات استخدام نظم المعلومات الجغرافية. ويعد تحويل نتائج التحليل إلى صيغ قابلة للتوزيع من أفضل الطرق للقيام بذلك. وكلما ازدادت الخيارات التي يقدمها نظام المعلومات الجغرافي للقيام بذلك، تزداد فرصة وصول نتائج العمل إلى الأشخاص المعنيين.

2-8- تنظيم البيانات الجغرافية (Organization of Geographic Data):

من الضروري جداً تنظيم البيانات الجغرافية حيث تجتمع السمات الجغرافية التي تتمتع بمواصفات متشابهة من حيث مكونات خصائصها في شريحة واحدة كما في الشكل (2-11). شريحة التربة - شريحة الطبقات المائية - شريحة العقارات - شريحة الطرقات - شرائح استخدامات الأراضي - شرائح الأنهار ... وغيرها من البيانات التي تقع في الحيز الجغرافي نفسه، ومن أجل ذلك فإن نظام المعلومات الجغرافي ينظم البيانات ويخزنها على شكل مجموعة من الشرائح الغرضية يجمعها ببعضها الرابط الجغرافي. هذا المفهوم البسيط لكن القوي أثبت فعالية لا تقدر بثمن من أجل حل مشكلات تتراوح بين التخطيط لسير شاحنات توزيع البضائع وصولاً إلى نمذجة الدورة المناخية على مستوى الأرض.



الشكل (2-11): تصنيف البيانات في شرائح

- مفهوم بنية "البصلة": يمكن تصور العالم الحقيقي على أنه "بصلة" كبيرة. عندما يتم تقشير البصلة، فإننا نجد أنها مؤلفة من عدد من الشرائح. يمكن النظر إلى الواقع بهذه الطريقة، إذ يمكن "تقشير" الأرض إلى عدد من الشرائح يمثل كل منها موضوعاً معيناً. إذ يمكن أن توضع كافة الشوارع مثلاً في شريحة وكافة طرق استخدام الأرض في شريحة أخرى. وبقدر ما يمكننا أن نتخيل، فإن تعقيد الأرض يسمح لنا بإنشاء عدد لا متناهي من الشرائح، وعندئذ تصبح المسألة هي الوصول إلى أفضل تمثيل لمكونات الواقع في أشكال هندسية يمكن التعامل معها (نقاط، خطوط، مضلعات) وتخزينها رقمياً.

2-9- النمذجة في نظام المعلومات الجغرافية [8]:

(Modeling in a Geographic Information System)

النمذجة أو التمثيل الفعلي للعالم الحقيقي افتراضياً بشكل رقمي أصبح قضية رئيسة لفهم ومحاكاة الواقع ويمثل أداة مثالية وهامة جداً في حل المشاكل المطروحة في جميع مجالات الهندسة المدنية، حيث تسمح النمذجة بدراسة جميع الظواهر الموجودة على الكرة الأرضية والتفاعلات التي تجري بينها. في هذه الحالة ينبغي استخدام أفضل الأدوات المتاحة للنمذجة من أجل تحديد خصائص المشكلة، والتنبؤ بالآثار المستقبلية وتطوير نظام للإدارة واتخاذ القرار . ففي بعض الأحيان قد تتكون النمذجة من تحليل بسيط للمدخلات والحصول على نتائج، وفي أحيان أخرى قد تشمل عملية النمذجة حلقة loop من الخطوات لمحاكاة النمذجة وتقدير تأثير عدة عوامل على

العملية. وبالطبع فإن النمذجة المكانية تتم عادة في بيئة رقمية باستخدام الكمبيوتر والبرامج ومن ثم فالبعض يستخدم مصطلح الحسابات الجغرافية geo-computation لوصف تطبيقات النماذج الحسابية على المشكلات الجغرافية، وقد تشمل النماذج المكانية عمليات التصميم للبحث عن أفضل البدائل مثل إيجاد أفضل موقع لمنشأة جديدة، كما قد تشمل إجراء عمليات حسابية لمؤشرات التنبؤ المستقبلي مثل نمذجة تغيرات المياه الجوفية في منطقة محددة. وفي هذا الإطار فإن جوهر النمذجة المكانية يكمن في إدارة البيانات الجغرافية من خلال عدة مراحل.

تعتمد النمذجة المكانية على مستوى التفاصيل المتاحة في قاعدة البيانات المستخدمة، وهو ما يطلق عليه درجة الوضوح المكاني Spatial resolution، وأيضاً تعتمد النمذجة على درجة الوضوح المؤقتة temporal resolution وهي التي تدل على أقصر فترة زمنية تم عندها رصد تغيرات الظواهر الجغرافية.

يمكن تعريف النموذج على أنه مجموعة متتالية من العمليات ومعظم برامج نظم المعلومات الجغرافية تتيح أدوات النمذجة للمستخدم ، حيث يمكن للنموذج أن يقدم للمستخدم التجريب والتعامل مع نموذج يحاكي العالم الحقيقي وذلك عندما تكون تكلفة عمل التجارب الحقيقية عالية أو عندما يمكن الحصول على النتائج من النموذج أسرع، وأيضاً فالنماذج تعطي للمستخدم إمكانية فحص وتحليل الظواهر الديناميكية، فكلما تغيرت المدخلات أمكن للمستخدم معرفة كيف ستتغير النتائج. ومن أهم مميزات برامج نظم المعلومات الجغرافية أنها تتيح برامج خاصة لبناء النماذج مثل برنامج Modelbuilder المتوافر في Arcgis، فبعد بناء النموذج يتم تطبيقه على عدد من المدخلات (عدة مناطق بصورة آلية). والنموذج قد يتم التعبير عنه في صورة Script (أي نص مكتوب للأوامر المتتابعة) أو في صورة بصرية مثل خرائط التدفق Flowcharts ، حيث أصبحت البرمجة تعتمد على استخدام اللغات العامة في كتابة الاسكربت مثل لغات Python,Perl,Visualbasic ومن ثم

أصبح الاسكريبت يتم تطبيقه لتنفيذ عمليات نظم معلومات جغرافية تتطلب مدخلات من المستخدم ثم تعرض النتائج.

2-9 -1- الدقة والفعالية (اختبار النماذج):

بالطبع فإن أي نموذج يجب معرفته واختباره على بيانات حقيقية لتحديد أفضل قيم لعناصره، والتأكد من أنه يصلح للتطبيق بكفاءة . عادة فإن العلماء يختبرون نتائج نماذجهم بمقارنتها بالحقائق الفعلية، لكن في حالة النماذج المكانية المستقبلية فلا توجد حقائق فعلية. ومن ثم فيجب اللجوء لطرق أخرى لاختبار دقة وجودة النماذج المكانية. من طرق اختيار جودة النماذج المكانية ما يعرف باسم طريقة Cross-Validation الفعالية المتقاطعة ، وهي الطريقة التي تعتمد على تقسيمات البيانات المتاحة إلى جزأين الأول يستخدم في بناء ومعايرة النموذج Calibration والثاني Validation يستخدم في التحقق من فعالية نتائجه، ويمكن تطبيق هذه الطريقة بتقسيم البيانات إما إلى جزأين زمنيين (كلاً منهما يغطي فترة زمنية مختلفة) أو جزأين مكانيين (كلاً منهما يغطي منطقة مكانية مختلفة). لكن يجب أخذ الحيطة والحذر في حال أن الظاهرة قيد الدراسة تتغير مع مرور الزمن أو تتغير بتغير موقعها المكاني. إن أي نموذج مكاني لن يمثل العالم الحقيقي المعقد بصورة مثالية، ويجب النظر إلى النموذج من خلال الاعتبارات التالية:

- يمكن للنموذج المكاني أن يعكس الواقع في الحالات المثالية، أي أنه يعدّ مبدأً لمقارنة الحقيقة.

- لا يمكن تقويم النموذج بناء على مدى قربته من الحقيقة، إنما على مدى تقليله لعدم اليقين Uncertainty عن المستقبل. أي إن النتائج المستقبلية للنموذج يجب أن يصاحبها مقاييس منطقية لعدم اليقين.

- النموذج هو وسيلة لبناء المعرفة اعتماداً على عدد من المصادر ويقدم توصيات تعتمد

على المعلومات التي تم بناؤه منها.

- غالباً فإن النمذجة المكانية تقدم أفضل إطار تحليلي علمي متاح لمتخذي القرار في الوقت الراهن.

2-9-2- الطرق متعددة المعايير:

في بعض تطبيقات اتخاذ القرار هنالك عدة عوامل تؤثر معاً على الظاهرة قيد الدراسة ويجب أخذها جميعاً في الاعتبار. فعلى سبيل المثال عند دراسة ظاهرة نقص المياه الجوفية في بقعة محددة فإن الدراسة ستعتمد على ميل الأرض والمسافات من المجاري المائية واستخدامات الأراضي في هذه المنطقة. ولكل عنصر من هذه العناصر معايير تحدد درجة تأثيره على المياه الجوفية، فمثلاً كلما زادت المسافة من المجاري المائية كلما قل تواجد المياه الجوفية. فإذا أردنا ترجمة هذه المعايير في صورة رياضية فسيكون هناك عدد من العناصر سنرمز لها بالرموز X_1 إلى X_n وسنرمز لتأثير كل عنصر منهم بدالة $f(x_i)$ ، وحيث إن وزن كل عنصر سيكون متغيراً فنرمز للأوزان بالرمز W_i ، ومن ثم يمكننا تكوين المعادلة للتعبير عن تأثير هذه العناصر مجتمعة:

$$I = \sum_{i=1}^n W_i \cdot f(x_i)$$

في هذه المعادلة يجب تحديد الدالة $f(x_i)$ والوزن W_i لكل عنصر من العناصر، فمثلاً دالة عنصر الميل ستكون دالة متناقصة بمعنى أنه كلما قل الميل كلما قل تأثير هذا العنصر. ويتم دراسة تأثير كل عنصر أولاً، ثم يتم دمج كل هذه التأثيرات معاً مع إعطاء الوزن المناسب لكل عنصر. هذا الأسلوب في النمذجة يسمى بأسلوب اتخاذ القرار بناءً على معايير متعددة multi-criteria decision making ومن الممكن أن يتم أخذ آراء الجمهور والاعتماد عليها في تحديد الوزن المناسب لكل عنصر، بحيث تكون عملية اتخاذ القرار عملية تشاركية بين التنفيذيين والجمهور.

كما أن هذا الأسلوب يسمح بدمج تأثير عدد من العناصر الهندسية والبيئية والاقتصادية والاجتماعية قبل اتخاذ القرار الأفضل في المشروعات التنموية. ومعظم برامج نظم المعلومات الجغرافية تتيح إمكانيات النمذجة بالمعايير المتعددة.

يتبين مما سبق أهمية الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية في استكشاف المياه الجوفية، حيث تزود تطبيقات الاستشعار عن بعد بمعلومات عن تشكيل طبقات الأرض ومعرفة أماكن التشققات والفوالق والمعالج الجيولوجية من خلال الحصول على بيانات ومعلومات الأقمار الصناعية في تواريخ متعاقبة ومنتظمة. أما نظم المعلومات الجغرافية فتستخدم في إدخال وتخزين وبناء قاعدة بيانات المعلومات التي تم الحصول عليها ومعالجتها وتحليلها والتعديل عليها عند الحاجة بتطبيق مجموعة من البرمجيات المتقدمة التي تستخدم عمليات منطقية لوضع النماذج والخرائط الموضوعية والحلول المقترحة واستناداً إلى ذلك يتم إقرار تحديد القطاعات المحتملة للأمل المائي في منطقة معينة وتطوير نظام فعال لإدارتها.

الفصل الثالث

النمذجة الرياضية لتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي

Mathematical modelling For Determining groundwater potential zones

لقد تزايد الاهتمام بضرورة الاستثمار الأفضل لمصادر المياه الجوفية من خلال الإدارة المتكاملة والتقييم الأنسب لتلك المصادر وذلك بدمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية. وقد أثبتت الدراسات أن ذلك كان ناجحاً ومفيداً في فهم سلوك المياه الجوفية في أي منطقة من خلال تحليل وتفسير البيانات وتحديد سمات الأرض المتعددة التي تخدم كمؤشر مباشر أو غير مباشر في تواجد المياه الجوفية، كما تزود بمعلومات سريعة ومفيدة حول البارامترات التي تتحكم بتواجد وحركة المياه الجوفية مثل الجيولوجيا، التكتونيك، استخدام الأرض، الميل، المسيلات المائية.... وفعالية التأثير المتبادل بين هذه البارامترات في تحديد قطاعات الأمل المائي من خلال عملية التنقيط ومن ثم التصنيف وبالتالي الدقة بما يؤدي إلى توصيف أفضل للمناطق المستقبلية.

3-1 - أهم العوامل المؤثرة في تواجد المياه الجوفية :

بعض العوامل الرئيسية التي من الممكن أن تتحكم في حدوث المياه الجوفية هي: البنية الجيولوجية، الهطول المطري، كثافة التكتونيك (الفوالق والقسمات الخطية)، كثافة المسيلات، الميل. فالتحليل المتكامل لهذه العوامل مع بعضها ومع البيانات المساعدة المتوفرة بشكل جيد في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS يساعد في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي وهذا يساعد في تضيق المساحات التي نلجأ إليها لإجراء الاستطلاعات الجيوفيزيائية والهيدروجيولوجية المفصلة على الأرض وبالتالي تحديد مواقع الحفر (التقيب) [١٤].

3-1-1 - البنية الجيولوجية:

تعد البنية الجيولوجية من العوامل الأساسية التي تتحكم بالوضع الهيدروجيولوجي للمنطقة، حيث إن أية محاولة لحصر تقييم أو استغلال المياه الجوفية لابد أن يسبقها معرفة تامة للوضع الجيولوجي بسحناته وتركيباته المختلفة.

يؤثر التركيب الجيولوجي في طبوغرافية المنطقة و تشكل ظروف ملائمة لتجمع المياه المناسبة ضمن الصخور النفوذة وتشكيل طبقات حاملة للمياه الجوفية والتي يمكن أن تتصرف مياهها في أسرة الأنهار، حيث تتكشف صخور الطبقات الحاملة للمياه. يتم من خلال عملية المسح الجيولوجي والهيدروجيولوجي كشف الواقع الحقيقي للطبقات الجيولوجية تحت سطح الأرض وتتابعها الليتولوجي وعلاقتها مع بعضها البعض، ومن ثم تحديد الطبقات الحاملة للمياه الجوفية وأعماقها.

3-1-2 - الهطول المطري:

يعد الهطول المطري المصدر الرئيسي للموارد المائية السطحية والجوفية سواء كان هذا الهطول على شكل أمطار أو ثلج أو برد، ويمكن القول إن كل أنواع الجريان السطحي ناجمة بشكل مباشر أو غير مباشر عن الهطول. كما يعد الهطول المطري مصدر تغذية للمياه الجوفية التي تخترق التربة والصخور وتتغلغل في مساماتها وتشققاتها متجهة نحو الأعماق حتى تصل إلى

مستوى مائي يسمى الطبقة الحاملة للمياه الجوفية والتي تختلف سماكتها وعمقها عن السطح. وبالتالي فإن للهطول المطري دوراً أساسياً في تحديد المواقع الملائمة لتغذية المياه الجوفية لأنه يحدد كمية المياه التي تهطل على منطقة محددة، وتختلف معدلات الهطول المطري من منطقة لأخرى على سطح الأرض كما تتفاوت الكميات المتوفرة من الموارد المائية بين منطقة وأخرى، فالمناطق التي تتلقى هطولاً مطرياً أكثر تكون أكثر احتمالاً أن تكون فيها تغذية جوفية من تلك ذات الهطول المطري الأقل .

3-1-3- كثافة الفوالق والقسمات الخطية :

تعد الفوالق مناطق ضعف في الصخور مما يسهل عملية حركة المياه الجوفية الرأسية (الترشيح) وأحياناً الأفقية (الجريان) من خلالها، ويعرف الفالق أو الصدع على أنه كسر في صخور القشرة الأرضية مصحوباً بإزاحة للكتل على سطح الكسر حيث تلعب دوراً هاماً في تحديد اتجاه المياه الجوفية كما تعمل كحواجز تمنع انتشار المياه الجوفية من خلال تجميعها بالقرب منها أو على امتدادها. بينما تعرف القسمات الخطية بأنها شقوق وكسور ومواقع ضعف في القشرة الأرضية والظاهرة على شكل تراكيب خطية تولدت من خلال تغيرات الضغوط مع الزمن. حيث أثبتت الدراسات الهيدرولوجية للاستشعار عن بعد بأنه يمكن الاعتماد عليها لتعيين المواقع التي تتصف بالنفاذية العالية والتي تساعد الصخور على تجميع المياه. إذ إن تواجد المياه الجوفية يعتمد على مسامية الصخور porosity وكثافة القسمات الخطية التي تعطي النفاذية للصخور permeability ويتم استخلاص القسمات الخطية من خلال الصور الجوية وصور الأقمار الصناعية، وباستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS يتم الحصول على خريطة كثافة القسمات الخطية .

3-1-4- كثافة المسيلات:

يمكن تصور الجريان السطحي في منطقة ما من خلال مخطط المسيلات المائية والذي يتم

الحصول عليه من الصور الفضائية والخرائط الطبوغرافية وباستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS. تعتبر دراسة المسيلات المائية ذات أهمية كبيرة ومؤشر هام في مجال البحث عن المياه الجوفية، حيث تقوم المسيلات المائية بتغذية بعض الطبقات الحاملة للمياه ولا سيما عند مسابقتها للفوالق والقسمات الخطية وعند تقاطعها معها، من جهة أخرى فإن كثافة المسيلات العالية متعلقة بالترشيح الأقل للماء إلى الأرض والتي بدورها تعود إلى جريان سطحي عال وبالتالي تغذية جوفية منخفضة والعكس بالعكس .

3-1-5- الميل:

إن الميل هو أحد العوامل الرئيسية المؤثرة في اختيار مواقع تغذية المياه الجوفية، حيث إن سرعة المياه متعلقة بشكل مباشر بزاوية الميل عن الأرض. فالمناطق ذات الميل المنخفض لديها فرصة أكبر للتغذية من المناطق ذات الميل العالي. يتم الحصول على مخطط الميل لمنطقة ما من الخرائط الطبوغرافية وباستخدام تقنيات برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS.

3-2- تحديد أوزان العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي:

نظراً لتباين العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي من حيث مقدار مساهمتها في تغذية المياه الجوفية واختلاف هذه المساهمة بين منطقة وأخرى. ولتوخي الدقة في صنع أي قرار مرتبط بتحديد مناطق الأمل المائي الجوفي فإن كل الدراسات ذات الصلة تعتمد على التنقيط وإعطاء أوزان مرتبطة بحجم المساهمة لكل عامل [30, 25, ١٠٣] وما يميز معظم الدراسات السابقة اعتمادها على الخبرة في تحديد وزن كل عامل منفرداً. لكن تطور البرمجيات وتقنيات صنع القرار سمح بإدخال التأثير المشترك لأوزان أهم العناصر الفاعلة ضمن نظام مصفوفات رياضية. وسنحاول فيما يلي إيجاد نظام رياضي لتحديد أوزان العوامل حسب درجة تأثيرها وتطوير نمذجة

أداة للنظام المقترح ضمن بيئة نظام المعلومات الجغرافية ومن ثم بناء نموذج لقطاعات الأمل المائي .

تعد خوارزمية التحليل الهرمي إحدى طرق صنع القرار متعدد المعايير واسعة التطبيق في مجال إدارة الموارد المائية والبيئة، وتقدم الإطار الرياضي المنطقي المتكامل لحل مسائل صنع القرار متعدد المعايير عن طريق جمع العناصر الفعالة المؤثرة ضمن بنية هرمية. يتيح العمل بهذه الطريقة لمجموعات صنع القرار على اختلاف مستواهم من الاشتراك في التقييم من خلال عملية المقارنة الثنائية التي تتلخص بإمكانية مقارنة أهمية أي عنصرين من نفس المستوى بالنسبة لعنصر في المستوى الأعلى وهكذا لبقية العناصر ولأي مستوى. حيث تتم مقارنة العناصر في هذه الطريقة وفق مقياس الأولوية لـ Saaty من (9-1) كما هو مبين بالجدول (3-1) الذي يبين تقييم الوزن لكل معيار وفقاً لأهميته حيث القيمة (9) تظهر الأهمية الأعلى بينما تظهر القيمة (1) الأهمية الأقل لكل معيار. ويتم تخصيص نقاط رقمية لكل عنصر حسب أهميته في تحقيق الهدف من النموذج وذلك بالاستناد إلى عدد من الخبرات، وبالتالي فإن المقارنات الثنائية تشكل الدخل في هذه الطريقة، بينما تكون الأوزان (الأهميات النسبية) للمعايير هي الخرج [103].

يجب أن تمتلك قاعدة المعايير (العوامل) بعض المميزات لتمثل بشكل كاف الطبيعة متعددة المعايير لمسألة صنع القرار، فهذه المعايير يجب أن تكون مترابطة بشكل منطقي، وأن تكون محيطة بشكل شمولي للمسألة بمعنى عدم إهمال أي عامل مهم، وألاً تشمل معايير فائضة عن الحاجة (مكررة التأثير)، وأن تكون أصغر في ضوء هذه الشروط والبيانات المتوفرة في منطقة الدراسة ستعتمد العوامل (المعايير) التالية: الهطول المطري، الميل، الجيولوجيا، كثافة التكتونيك (الفوالق والقسمات الخطية)، كثافة المسيلات [104].

الجدول (3-1): قيم الأوزان حسب Saaty [103]

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremely	Very Strongly	Strongly	Moderate	Equally	Moderate	Strongly	Very Strongly	Extremely
Less important				Equal	More important			
من الممكن استخدامها عندما يوجد عدد تصنيفات أكثر (2 , 4 , 6 , 8 , 1/2 , 1/4 , 1/6 ,1/8)								
Source: Saaty 1980								

يتم حساب قيم الأوزان وفق طريقة التحليل الهرمي من مصفوفة المقارنة المزدوجة PCMS التي يتم تشكيلها بالاستناد إلى آراء الخبراء الذين يتم اختيارهم بالارتكاز إلى معرفتهم بمنطقة الدراسة في مجال الهيدرولوجيا والجيولوجيا والهيدروجيولوجيا. في دراستنا بلغ عدد الخبراء ٢٥ خبيراً. حيث تمت مقابلتهم بشكل فردي ليزودوا بقيمة للأهمية ضمن المجال (1-9) لكل مقياس مؤثر، وتقييم رأي الخبير تم التعبير عنه باستخدام مصفوفة المقارنة المزدوجة ذات الصلة والتي تتضمن تحديد أخطاء الاجتهادات لرأي الخبير من خلال اختبار نسبة الاتساق CR والتي يجب أن تكون أقل أو تساوي 0.1 مما يشير إلى أن آراء الخبراء كانت متناسقة ، بينما إذا كانت CR أكبر من 0.1 فإن الخبراء ينبغي أن يصححوا (يعدلوا) الأوزان المقترحة. ولتمثيل كل آراء الخبراء واستخدام العلاقة بينها تم الاعتماد على المتوسط الحسابي الذي يعتبر عادة مفضلاً لتقييم آراء الخبراء المختلفة.

3-2- ١ النظام الرياضي المقترح لتحديد أوزان المعايير حسب درجة تأثيرها:

تم إجراء تحليل مصفوفة التثقيل لكل خبير لتقييم الأهمية المعطاة من قبله وذلك من خلال

الإجراءات التالية [٧٣,٧٩]:

أ - تحديد المقياس المهم في المشكلة (في دراستنا تحديد قطاعات الأمل المائي).

ب- تقييم الأهمية المتعلقة بكل معيار بالنسبة للآخر وعادة يتم إجراؤها من قبل الخبراء باستخدام مقياس (1-9) وهذه الخطوة تتضمن ثلاثة إجراءات رئيسية:

١- حساب الموجه الأولي (priority vector) أو حساب مصفوفة المقارنة المزدوجة للمعايير

٢- حساب معامل التحول الخطي (Principal Eigen Value) من العلاقة:

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum \text{Sum}}{n} \geq n \quad (1-3)$$

λ_{\max} : معامل التحول الخطي

$\sum \text{Sum}$: مجموع الأعمدة و الأسطر في المصفوفة.

n: عدد المعايير

يجب أن يكون معامل التحول الخطي دائما أكبر أو يساوي عدد المعايير (n) من أجل القيمة

الإيجابية، بينما إذا كانت مصفوفة المقارنة المزدوجة هي المصفوفة الثابتة عندئذ $\lambda_{\max} = n$.

وإذا كان هناك عدم تطابق بين آراء الخبراء فيتم الإشارة إلى ذلك بالاختلاف بين λ_{\max} , n ولهذا

فإن $(\lambda_{\max} - n)$ يمكن أن يصنف كمقياس لدرجة عدم الاتساق.

٣- حساب دليل الاتساق CI والذي يعطي معلومات حول الاتساق المنطقي بين كل رأيين من

أجل المقارنة التامة، ففي حال $CI = 0$ فهذا يدل أنه يوجد تطابق منطقي بين المقارنات

المزدوجة أو تعتبر نسبة الاتساق 100% (Perfect consistency)، ويتم حساب دليل

الاتساق بالاستناد إلى λ_{\max} من العلاقة :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2-3)$$

CI : دليل الاتساق.

تحديد القيمة التقديرية لدليل الاتساق العشوائي ورمزه RI حيث إن دليل الاتساق العشوائي هو دليل

الاتساق لمصفوفة المقارنة المزدوجة المولدة بشكل عشوائي ويعتمد على عدد المعايير كما هو مبين بالجدول (2-3) الذي يوضح قيم دليل الاتساق العشوائي لأعداد مختلفة من المعايير تتراوح بين (1-15)، حيث نلاحظ أنه كلما زاد عدد المعايير كلما زادت قيم دليل الاتساق العشوائي. في دراستنا تم اختيار خمسة معايير اعتمدنا عليها في تحديد قطاعات الأمل المائي في المنطقة المدروسة والتي تتضمن: الهطول المطري، كثافة المسيلات، كثافة التكتونيك (الفوالق والقسمات الخطية)، الجيولوجيا، الميل.

ج- حساب نسبة الاتساق $CR = \frac{CI}{RI}$ وهي عبارة عن مقارنة بين دليل الاتساق ودليل الاتساق

العشوائي فإذا كانت قيمة نسبة الاتساق (consistency ratio) أصغر أو تساوي 10 % فإن عدم الاتساق مقبول، وبالمقابل إذا كانت نسبة الاتساق أكبر من 10 % فإن رأي الخبير ينبغي أن يرفض.

$$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0.1 \quad (3-3)$$

RI: دليل الاتساق العشوائي (يتم الحصول عليه من الجدول 2-3 حسب عدد المعايير).

CR: نسبة الاتساق.

الجدول (2-3): قيم دليل الاتساق العشوائي [103]

عدد المعايير	1	2	3	4	5	6	7	8
دليل الاتساق العشوائي (RI)	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
عدد المعايير	9	10	11	12	13	14	15	
دليل الاتساق العشوائي (RI)	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59	

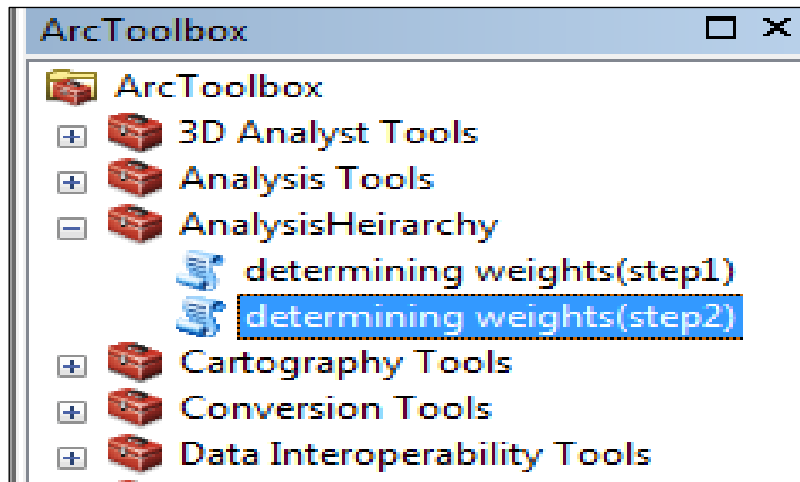
٣-٣- تطوير نمذجة أداة للنظام الرياضي المقترح في بيئة برنامج GIS لتحديد

أوزان العوامل المؤثرة في تشكيل قطاعات الأمل المائي:

تمّ الاعتماد على لغة بايثون البرمجية ضمن بيئة برنامج GIS نظراً لمزاياها على مستوى برنامج GIS كاختصار الوقت والجهد في تنفيذ العمليات الجيومكانية والتي يتطلب العمل تكرارها لأنها تمكن من أتمتة هذه العمليات وإدارتها، ومناسبة للمشاريع الصغيرة والكبيرة ويمكن إلحاقها في الكثير من المنصات platforms كما أنها ملحقة في كثير من برامج GIS وغالباً تستخدم كلغة نصية scripting language . كما أنها لغة سهلة الاستخدام للغاية فهي تستخدم كلمات ومفاهيم انكليزية شائعة بينما تستخدم اللغات البرمجية الأخرى علامات الترقيم، كما أنها سريعة في عملية تطوير التطبيقات في العديد من المجالات المتنوعة والمختلفة، وتعتمد عليها مجموعة من البرامج المهمة، وتستخدم في تطوير الشبكات فضلاً عن استخدامها في تطوير أنظمة التشغيل وعمل الواجهات المرسومة [94 , 33] .

إن أحد الأمثلة الجيدة عن إمكانية بايثون في زيادة كفاءة GIS من خلال الحالة التي يريد فيها المستخدم اختبار إحداثيات لآلاف من البيانات لكن مع استخدام بايثون تحتاج فقط لكود مؤلف من بضع أسطر وخلال دقائق أو ساعات سيتم إنجاز المهمة [48, 44] .

ويبين الشكل (٣-١) ملف الأداة البرمجية الممثل لتحديد الأوزان.



الشكل (3-1): ملف الأداة البرمجية الممثل لتحديد الأوزان

وبناء عليه تمّ إنجاز الأداة البرمجية المدرجة وفق ما يلي :

```
#Importing Libraries
```

```
import arcpy
```

```
import numpy as np
```

```
import numpy
```

```
from array import array
```

```
import math
```

```
import os
```

```
#pointing to the current opened mxd
```

```
mxid = arcpy.mapping.Map Document ("CURRENT")
```

```
#Pointing to top dataframe in the mxd (REGARDLESS OF IT  
ACTIVITNESS)
```

```
df = arcpy.mapping.ListDataFrames (mxid)[0]
```

```
#listing all the layers in that dataframe
```

```
listlyr= arcpy.mapping.ListLayers(mxid, "", df)
```

```
#Getting the name of the geodatabase and the table
```

```
geodatabase=arcpy.GetParameterAsText(0)
```

```
Tablename=arcpy.GetParameterAsText(1)
```

```
Tablepath=geodatabase+"\\ "+Tablename
```

```

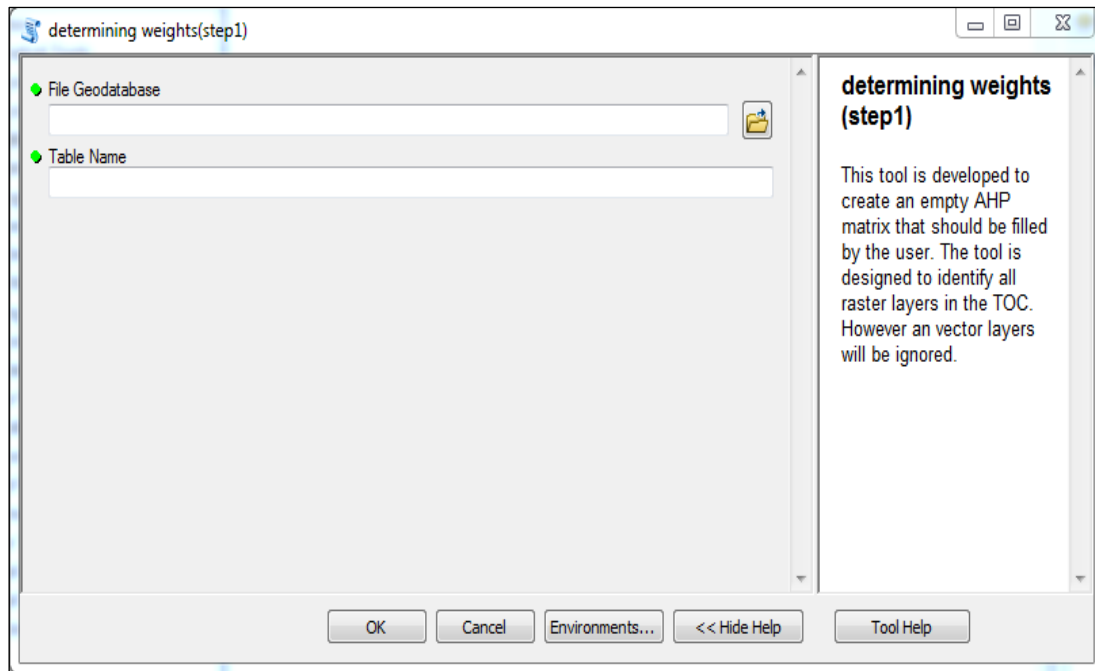
#Creating a new table
arcpy.CreateTable_management (geodatabase, Tablename)
#Adding the first column
arcpy.AddField_management(Tablepath,"layername","TEXT")
#listing only raster layer in that first columns
n=0
for lyr in listlyr:
    if lyr.isRasterLayer == True:
        arcpy.AddField_management(Tablepath,lyr.name,"DOUBLE")
        n=n+1
cursor = arcpy.da.InsertCursor (Tablepath, ["layername"])
#if there is no raster layers in that columns, an error will appear
if n==0:
    cursor.insertRow(["Tamadour: No Raster Data, SORRY , you cannot
    continue"])
arcpy.AddError("Tamadour: No Raster Data, SORRY, you cannot
continue")

else:
    for lyr in listlyr:
        if lyr.isRasterLayer == True:

            cursor.insertRow ([lyr.name])
            n=n+1
            del cursor

```

بعد عملية برمجة هذه الأداة يظهر الشكل (2-3) واجهة الأداة البرمجية المعدة لإنشاء مصفوفة فارغة.



الشكل (2-3): واجهة الأداة البرمجية المعدة لإنشاء مصفوفة فارغة

بعد ذلك تمت عملية البرمجة للحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق وفق الخطوات التالية:

```
#Importing Libraries
```

```
Import arcpy
```

```
Import arcpy
```

```
Import numpy as np
```

```
Import numpy
```

```
from array import array
```

```
import math
```

```
import os
```

```
#Getting the table path and creating another table with a suffix CI
```

```
TablepathC=arcpy.GetParameterAsText(0)
```

```
arcpy.Copy_management(str(TablepathC), str(TablepathC)+"CI")
```

```
Tablepath=str(TablepathC)+"CI"
```

```
#Converting the table to array
```



```

arr = arcpy.da.TableToNumPyArray(Tablepath,"*")
#doing all the math
Cursor=arcpy.da.SearchCursor(Tablepath,"*")
l=0
for row in Cursor:
    l=l+1
    j = list (row[2:30])
    if l=1:
        u=np.array(j)
    else:
        u = numpy.vstack([u, j])
del Cursor
d=u.sum(axis=0)
Matsize=math.sqrt(u.size)
#Error Trap1
if Matsize<2:
    arcpy.AddError("Tamadour: SORRY, The Min. number of raster layers
is 2. You cannot continue")
g=u*(1/d)
k = (1/ Matsize)*(g .sum(axis=1) )
ws = numpy.dot(u , k .T)
hh = ws*(1/k)
lamda=hh.mean()
Matsize=math.sqrt(u .size)
#Error Trap2
If Matsize<2:
    arcpy.AddError("Tamadour: SORRY , The Min. number of raster layers
is 2. You cannot continue")
ci=(lamda-Matsize) / (Matsize-1)

```

```

#adding all necessary fields
arcpy.AddField_management (Tablepath,"weight","DOUBLE")
arcpy.AddField_management (Tablepath,"CI","DOUBLE")
arcpy.AddField_management (Tablepath,"RI","DOUBLE")
arcpy.AddField_management (Tablepath,"CR","DOUBLE")
arcpy.AddField_management (Tablepath,"Notes","TEXT")
#filling the new columns
# filling the "weight" column
cursor2 = arcpy.da.UpdateCursor(Tablepath, ["weight"] )
n=0
for row2 in cursor2:
    cursor2.updateRow([k[n]])
    n=n+1
del cursor2
# filling the "CI" column
cursor3 = arcpy. da .UpdateCursor(Tablepath, ["CI"])
n=0
for row3 in cursor3:
    cursor3.updateRow( [ci] )
    n=n+1
del cursor3
# filling the "RI" column
cursor4 = arcpy. da. UpdateCursor (Tablepath, ["RI"])
n=0
RI table = {'1.0': 0, '2.0': 0, '3.0': 0.52,'4.0': .89, '5.0': 1.12, '6.0': 1.26,'7.0': 1.36,
            '8.0': 1.41, '9.0':1.46 , '10.0': 1.49, '11.0': 1.52, '12.0':1.54 , '13.0':1.56,
            '14.0':1.58 , '15.0': 1.59}
CISRTING = str(Mat size)
For row4 in cursor4:
    cursor4.updateRow( [RItable [CISRTING]])
    n=n+1
del cursor4
CR=ci/RI table[CISRTING]
# filling the "CR" column

```

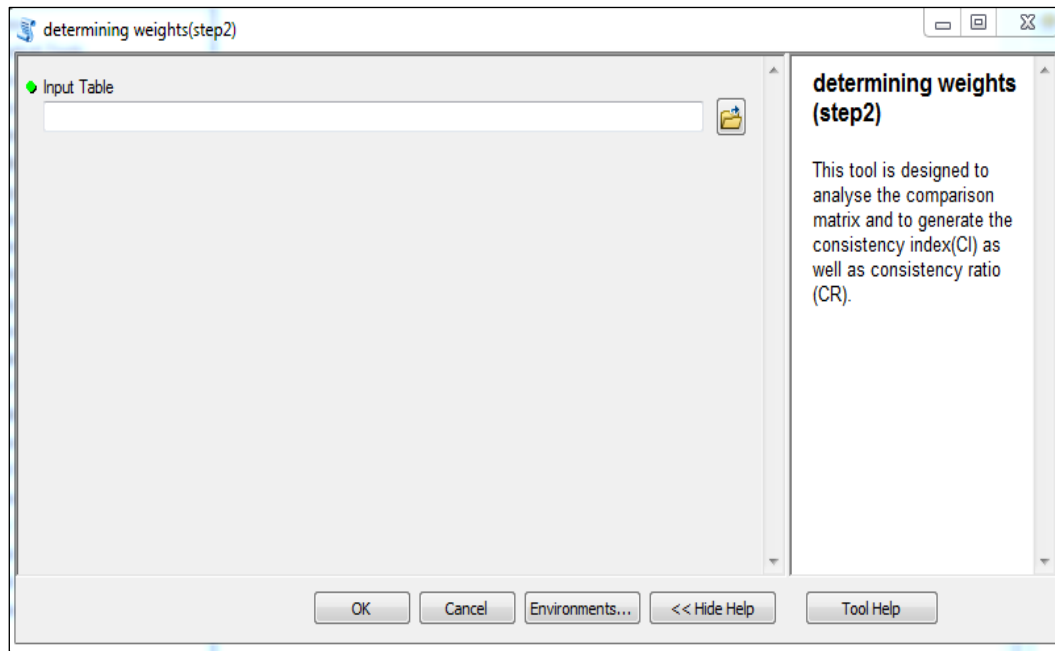
```

cursor5 = arcpy. da. Update Cursor (Table depth, ["CR"])
n=0
for row5 in cursor5:
    cursor5.updateRow( [CR] )
    n=n+1
del cursor5
# filling the "Notes" column
cursor6 = arcpy. da. Update Cursor(Table path, ["Notes"] )
n=0
for row6 in cursor6:
    if CR<=0.1:
        cursor6.updateRow ( ["The matrix is considered to be consistent enough."])
    else:
        cursor6.updateRow (["The comparison matrix should be improved."])
    n=n+1
del cursor6

Done#

```

بعد عملية برمجة هذه الأداة يظهر الشكل (3-3) واجهة الأداة البرمجية المعدة للحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق.



الشكل (3-3): واجهة الأداة البرمجية المعدة للحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق

3-4- بناء نموذج لمواقع الأمل المائي باستخدام Modelbuilder في برنامج نظام

المعلومات الجغرافية:

ModelBuilder هو أداة لأتمتة سلاسل العمليات (النماذج) بالاعتماد على واجهة المستخدم الرسومية، حيث إن الهدف من بناء النماذج باستخدام Modelbuilder هو أتمتة المهام التي تتكرر بشكل مستمر والذي تختلف فيه المعاملات التي تؤثر على عمل النموذج وبالتالي على النتائج. ويعد Modelbuilder أحد التطبيقات المهمة التي نستخدمها لإنشاء النماذج وتحديثها وإدارتها في برنامج نظام المعلومات الجغرافية من خلال تخصيص معاملات إدخال للنموذج لكي يتم تطبيقه على مناطق مختلفة باستخدام بيانات إدخال مختلفة ليتمكن مستخدمو النموذج ببساطة من إدخال المعاملات الخاصة بهم في منطقهم دون الحاجة إلى معرفة الكثير من المعلومات حول واقع عمل النموذج [81]. وقد تمّ تقديم نموذج باستخدام باني النماذج (Modelbuilder) ضمن برنامج نظام المعلومات الجغرافية لتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي للوصول إلى الحالة التي

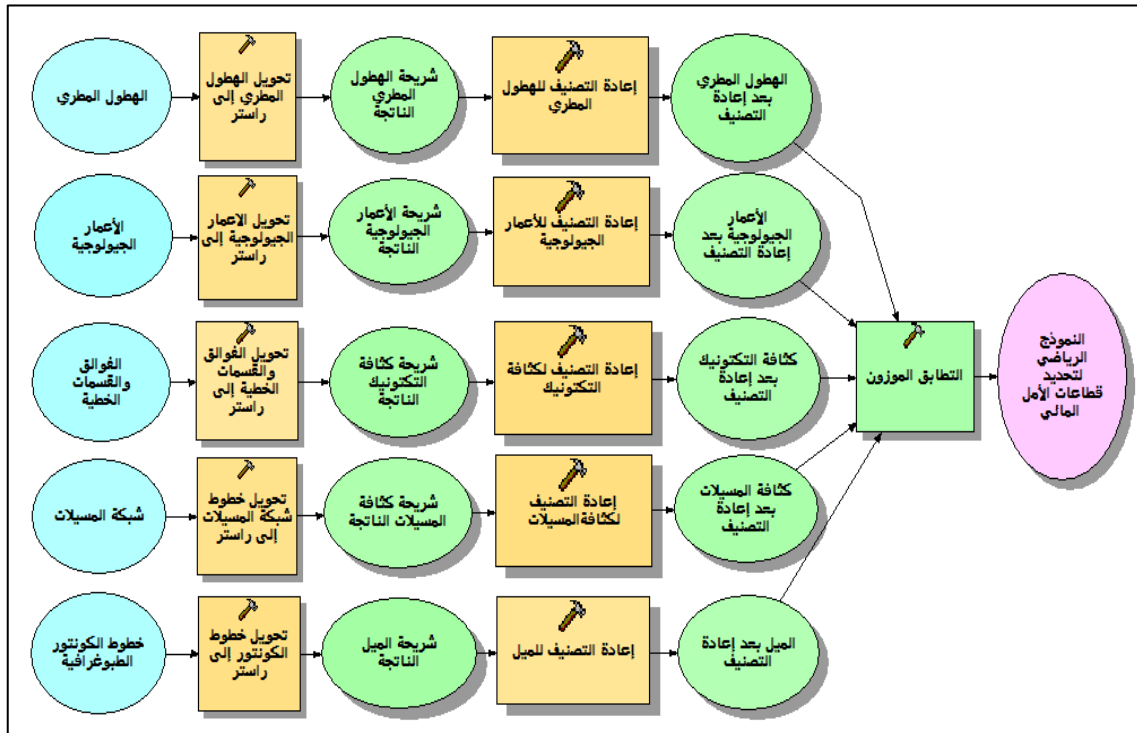
يمكن تطبيقها في أي منطقة بإدخال المعطيات الخاصة بها .

ويبين الشكل (3-4) خطوات بناء النموذج للحالة الدراسية الأولى والتي تشمل المنطقة الواقعة

جنوب محافظة حمص حيث يحدد الامتداد الجغرافي بين: خطي العرض $34^{\circ} 24'$ و $34^{\circ} 22'$

شمالاً. وخطي الطول $36^{\circ} 46'$ و $36^{\circ} 31'$ شرقاً. وذلك باستخدام بناء النماذج model

builder في برنامج نظام المعلومات الجغرافية GIS.



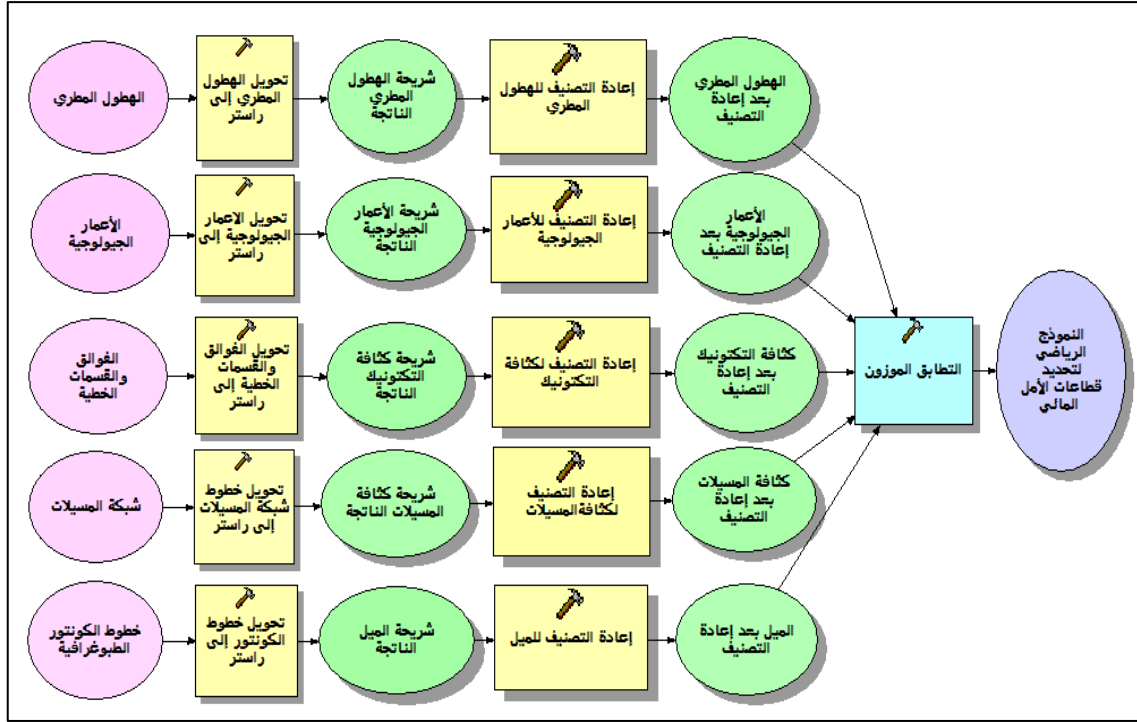
الشكل (3-4): خطوات بناء النموذج للحالة الدراسية الأولى باستخدام بناء النماذج model builder

ويبين الشكل (3-5) خطوات بناء النموذج للحالة الدراسية الثانية والتي تقع في منطقة المخرم،

حيث يحدد الامتداد الجغرافي لمنطقة الدراسة بين خطي العرض $34^{\circ} 45'$ و $34^{\circ} 30'$ شمالاً، وخطي

الطول $37^{\circ} 45'$ و $37^{\circ} 15'$ شرقاً. وذلك باستخدام بناء النماذج model builder في برنامج نظام

المعلومات الجغرافية GIS .



الشكل (3-5): خطوات بناء النموذج للحالة الدراسية الثانية باستخدام بناء النماذج model builder

5-3- استخدام التحليل المكاني في برنامج نظام المعلومات الجغرافية

(Use of spatial analysis in GIS):

بعد تحديد قطاعات الأمل المائي يتم التحقق من النتائج التي تمّ التوصل إليها باستخدام

التحليل المكاني في برنامج نظام المعلومات الجغرافية.

يعتمد التحليل المكاني على أن لكل ظاهرة حيز أو نطاق مكاني ولها انتشار وتوزيع معينين (أي نمط توزيع Pattern) ويهدف هذا النوع من التحليلات إلى (كشف العلاقات والارتباطات المكانية المتبادلة بين مفردات الظاهرة) وأيضاً بين عدة أنواع من الظواهر في نفس الحيز المكاني للوصول إلى بناء نموذج مكاني للظواهر المكانية، فهو أسلوب لقياس العلاقات المكانية بين الظواهر اعتماداً على قياسات الموقع والشكل والأبعاد والمساحات والاتجاهات والمجاورة والمطابقة والارتفاع والانخفاض والتصنيف والتجميع والترتيب. بغرض تفسير العلاقات المكانية

والاستفادة منها، وفهم أسباب وجود وتوزيع الظواهرات على سطح الأرض، والتنبؤ بسلوك تلك الظواهرات في المستقبل.

إنَّ الاستيفاء المكاني هو إجراء لتحديد قيم الخصائص عند مواقع غير معينة بالاستناد إلى القيم التي نحصل عليها عند مواقع معروفة. وقد تمَّ تطوير عدد كبير من طرق الاستيفاء للاستخدام ببيانات نقطية خطية ومساحية ، حيث إنَّ معظم طرق الاستيفاء تعطي نتائج متشابهة عندما تكون البيانات وفيرة [20] .

وهذه الطرق هي: مقلوب المسافة الموزون (Inverse distance weighted) , (Kriging). حيث إنَّ كل طريقة تستخدم وجهة نظر مختلفة في تحديد قيم الخلية الناتجة والطريقة الأكثر ملاءمة ستعتمد على توزيع نقاط العينة .

يمكن تعريف كل طريقة كما يأتي [112] :

1- طريقة (Inverse distance weighted) :

وهي من الطرق التي تفترض بشكل واضح أن الأشياء التي تكون قريبة من بعضها هي أفضل من تلك التي تكون في الجزء الأبعد ومن أجل توقع القيمة لأي موقع غير مقاس فإن هذه الطريقة ستستخدم القيم المقاسة المحيطة بالموقع الذي ينبغي توقع القيمة له وهي القيم التي تكون أقرب إلى هذا الموقع وتكون متأثرة أكثر بقيم الموقع المراد توقع قيمته مقارنة مع تلك القيم الأبعد. تستخدم هذه الطريقة عندما تكون مجموعة من النقاط كثيفة بشكل كاف ، حيث تحدد قيم الخلية باستخدام التوضع الخطي الموزون لمجموعة نقاط العينة. أي أنها تزن النقاط الأقرب من الموقع المتنبأ به أكثر من تلك النقاط الأبعد لذلك تسمى مقلوب المسافة الموزونة.

يعطى الشكل العام للتابع بالعلاقة الآتية:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^u \lambda_i \cdot Z(S_i) \quad (4-3)$$

$\hat{Z}(S_0)$: القيمة التي نحاول التنبؤ بها للموقع S_0 .

u : عدد النقاط المقاسة المحيطة بالمنطقة المنتبأ بها والتي تستخدم في التنبؤ.

λ_i : التأثير المخصص لكل نقطة مقاسة مستخدمة.

(التثقيل) تأثير الوزن: سينقص بزيادة المسافة.

$Z(S_i)$: القيمة للموقع S_i

- الصيغة التي تحدد التثقيل (الوزن) تأخذ الشكل الآتي:

$$\lambda_i = \frac{d_{io}^{-P}}{\sum_{i=1}^u d_{io}^{-P} \sum_{i=1}^u \lambda_i} = 1 \quad (5-3)$$

كلما ازدادت المسافة فإن التثقيل ينقص من خلال المعامل P .

المقدار d_{io} : هو المسافة بين الموقع المنتبأ به S_0 وبين كل موقع مقاس S_i .

إنَّ أس الحد P يتعلق بتأثير قيم المواقع المقاسة في قيمة الموقع المنتبأ به .

هذا يعني أنه كلما زادت المسافة بين النقاط المقاسة والموقع المنتبأ به فإن تأثير النقاط المقاسة في

الموقع المنتبأ سينقص تصاعدياً. مع ملاحظة أن تأثير النقاط المقاسة المستخدمة في التنبؤ مقاس

وإن مجموعه يساوي الواحد.

2- طريقة Kriging

وهي طريقة جيواحصائية تستخدم قيم معروفة للتنبؤ بالقيم عند مواقع غير مقاسة وتفترض

أن المسافة أو الاتجاه بين نقاط العينة تعكس الارتباط المكاني الذي يمكن استخدامه لشرح التباين

في السطح ، ويستخدم عادة للتطبيقات مثل علم التربة والجيولوجيا. إنَّ كل الطرق تخضع لفرضية

أن نقاط العينة التي تكون أقرب إلى الموقع الذي سيتم استيفاءه ستؤثر بالقيمة التي سيتم استيفائها بشكل وثيق أكثر من نقاط العينة الأبعد [112]. يمكن التعبير عنه بالعلاقة الرياضية البسيطة المبينة في الشكل:

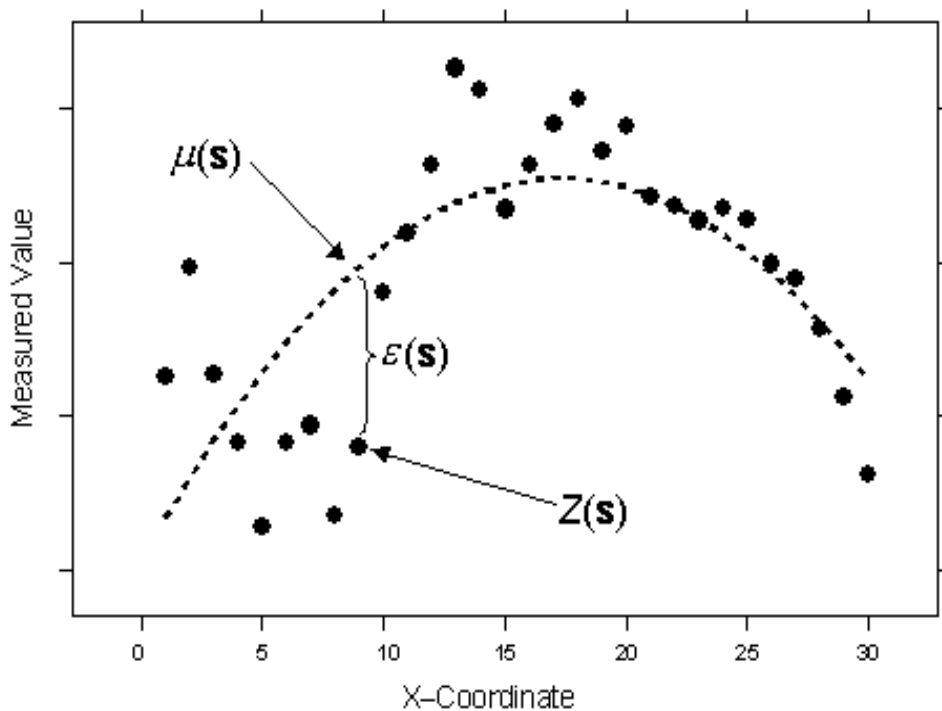
$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s) \dots \dots \dots (6-3)$$

حيث : $Z(s)$ - قيم المتحول قيد الاهتمام.

$\mu(s)$ - اتجاه محدد لهذه القيم.

$\varepsilon(s)$ - أخطاء عشوائية.

وبكلمة أخرى يمكن القول بأن مجموعة القيم الممكنة لمتحول ما مؤلفة من جزأين جزء ثابت $\mu(s)$ وجزء متغير وهو $\varepsilon(s)$ ، حيث يشير الرمز (s) إلى الموقع المدروس كما هو مبين بالشكل (٦-٣) تمثيل بياني للعلاقة الرياضية المعبرة عن طريقة kriging.



الشكل (6-3): تمثيل بياني للعلاقة الرياضية المعبرة عن طريقة kriging

6-3- تحليل الانحدار المتعدد:

من المعروف أن الارتباط الخطي بين متغيرين يقيس العلاقة غير السببية بينهما ليتعرف على درجتها واتجاهها. كلمة العلاقة غير السببية تعني بها أن الارتباط لا يهتم بتصنيف المتغيرات إلى متغيرات مستقلة ومتغيرات تابعة ولا يهتم بمعرفة أي من المتغيرات يؤثر ومن منها يتأثر. نفرض ان لدينا متغيراً (أو مجموعة متغيرات) مستقلاً وآخر تابعاً، يهدف الانحدار إلى الحصول على الصورة الرياضية للعلاقة التي تربط المتغير (المتغيرات) المستقل بالمتغير التابع. لو أمكن الحصول على هذه الصورة لأطلق عليها اسم معادلة الانحدار Regression Equation. وتستخدم معادلة الانحدار في التنبؤ بقيمة المتغير التابع عند قيمة معينة للمتغير (المتغيرات) المستقل. إذا كانت المعادلة مضبوطة يتم التنبؤ بدون خطأ لكن إذا كانت تقريبية يكون التنبؤ بخطأ يمكن تقديره والتحكم فيه [18, 109, 116].

في دراستنا سنستخدم الانحدار المتعدد لإيجاد النموذج الرياضي بين المتغير التابع الذي يمثل دليل المأمولية المائية وبين عدة متغيرات مستقلة وهي المعايير المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي (الميل، كثافة التكتونيك، الجيولوجيا، كثافة المسيلات، الهطول المطري).

6-3-1- معادلة الانحدار الخطي المتعدد:

في الانحدار المتعدد نفترض أن لدينا متغيراً تابعاً واحداً نرسم له بالرمز Y ومجموعة من المتغيرات المستقلة عددها m متغيراً نرسم لها بالرمز X_0, X_1, \dots, X_m كحالة خاصة في الانحدار البسيط يكون $m=1$:

نريد هنا الحصول على أفضل معادله انحدار تمثل العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة

وذلك إذا توافرت لدينا بيانات من عينة حجمها n فيكون النموذج الرياضي الخطي هو [16] :

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_{m-1} X_{mj} + \varepsilon \quad (7-$$

3)

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Y : المتغير التابع المراد التنبؤ بقيمته .

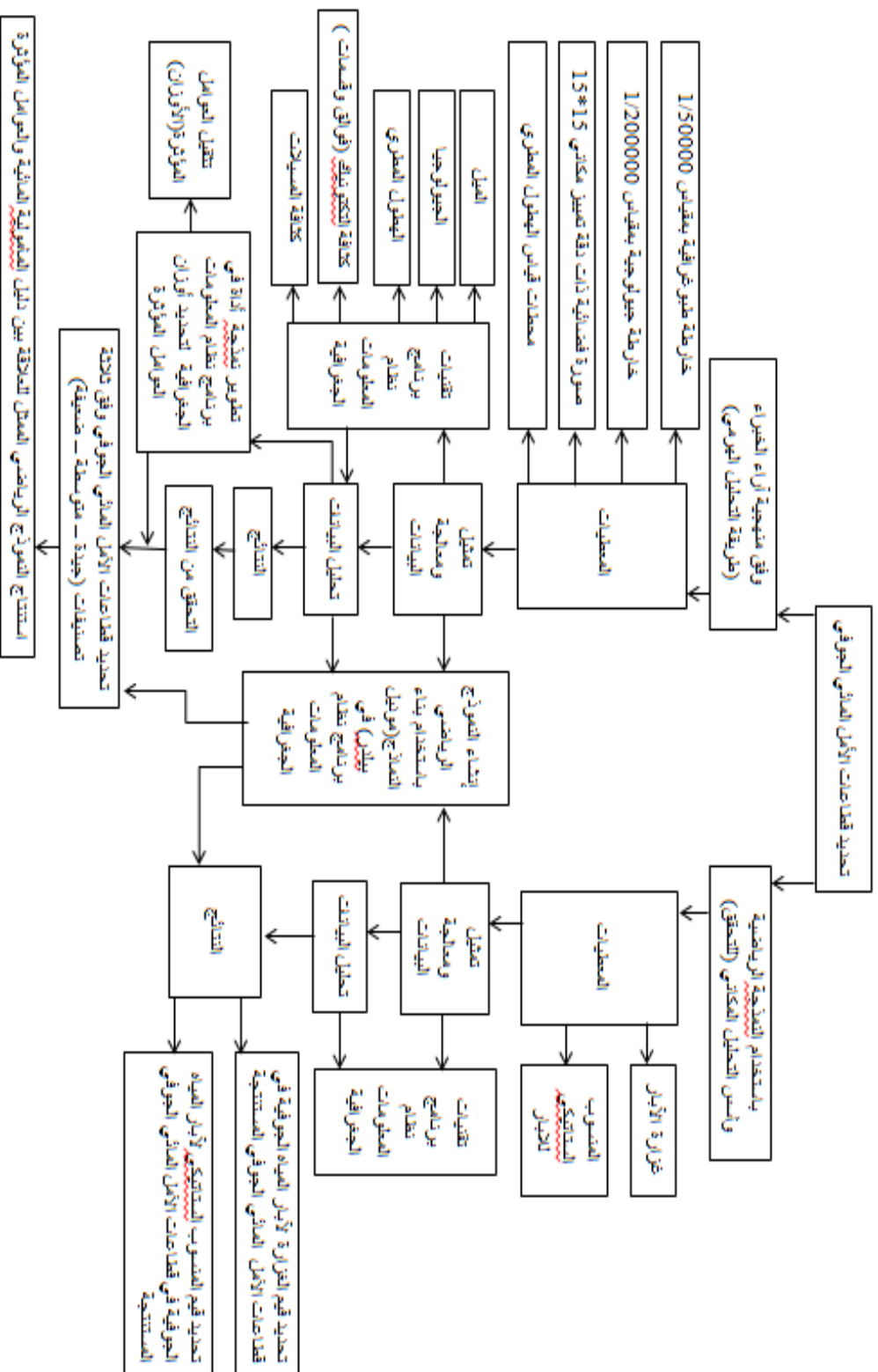
X : قيمة المتغير المستقل.

β : معامل يتم حسابه بأداة الانحدار والذي يمثل قوة أو نوع العلاقة بين Y ، X

ε : البواقي أو ما يسمى بالقيمة التقديرية للأخطاء.

و يبين الشكل (3-7) المخطط الخوارزمي المتبع لإجراء النمذجة الرياضية بهدف تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي.

يتبين مما سبق أن أهم العوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي في منطقة الدراسة هي التركيب الجيولوجي، الهطول المطري، كثافة التكتونيك (الفوالق والقسمات الخطية)، كثافة المسيلات، الميل حيث تم إعطاء أوزان لها حسب مدى مساهمتها في تشكل هذه القطاعات اعتماداً على آراء الخبراء والدراسات السابقة وباستخدام طريقة التحليل الهرمي التي قدمت الإطار الرياضي المنطقي المتكامل من خلال تشكيل مصفوفات المقارنة المزدوجة لاختبار نسبة التطابق بين آراء الخبراء، ومن ثم تطوير نمذجة أداة للنظام الرياضي المقترح في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية لتحديد أوزان هذه العوامل. كما تم تطوير نموذج باستخدام باني النماذج Modelbuilder ضمن بيئة نظام المعلومات الجغرافية لتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي وصولاً إلى الحالة التي يمكن تطبيقها في أي منطقة بإدخال المعطيات الخاصة بها.



الشكل (٣-٧): المخطط الخوارزمي للنمذجة الرياضية لتحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي

الفصل الرابع

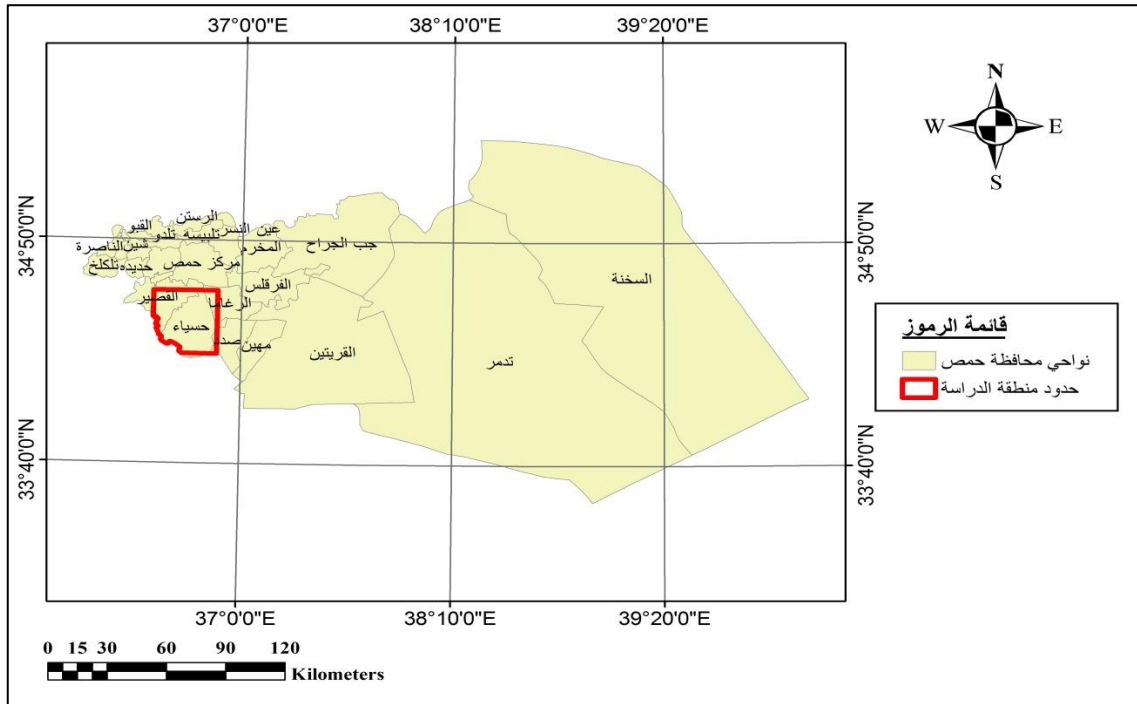
حالات دراسية لتطبيق النموذج الرياضي المقترح

٤-١ - منطقة الدراسة (Study area):

تمَّ اختيار حالتين للدراسة لمعرفة مدى اختلاف تأثير العوامل المساهمة (الهطول المطري والميل والجيولوجيا والتكتونيك (الفوالق والقسمات الخطية) والمسيلات على تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي وذلك تبعاً لتنوع الظروف المناخية والجيولوجية والطبوغرافية والهيدروجيولوجية و.....

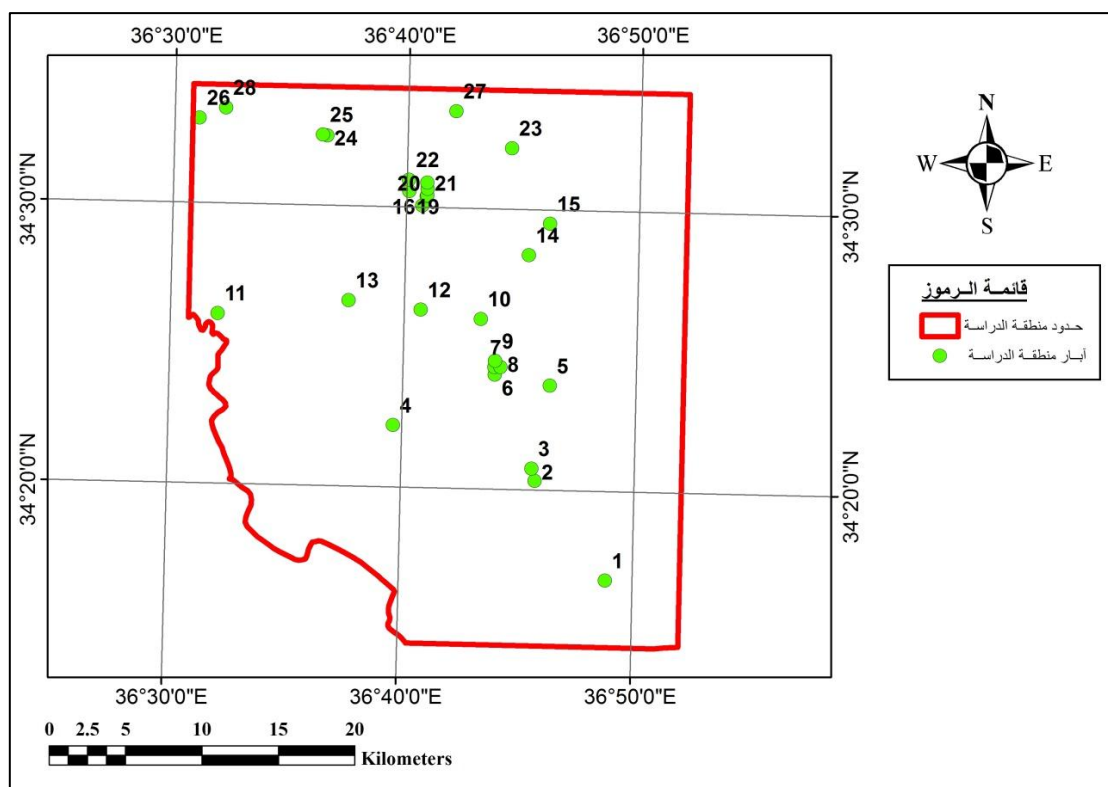
٤-١-1- الحالة الدراسية الأولى (حسياء) (Hyseaa): First case study:

تقع إلى الجنوب من محافظة حمص كما يبين الشكل (4-1) حيث يحدد الامتداد الجغرافي بين: خطي العرض $34^{\circ} 24'$ و $34^{\circ} 22'$ شمالاً. وخطي الطول $36^{\circ} 46'$ و $36^{\circ} 31'$ شرقاً. وتبلغ مساحتها 965km^2 ، وتمتد من سلسلة جبال لبنان الشرقية جنوباً حتى نطاق (المظهرية - الحسينية - الدمينية الشرقية) شمالاً، ومن قمم سلسلة جبال لبنان الشرقية وعين التور وتل النبي مندو غرباً إلى نطاق (الرغامى - الحمرات - صدد - الحفر) شرقاً. تقع المدينة الصناعية ضمن حدود منطقة الدراسة على طريق حمص - دمشق، إلى الجنوب من بلدة حسياء بحدود 5 km تقريباً.



الشكل (4-1): الموقع العام لمنطقة الدراسة في محافظة حمص

ويبين الشكل (4-2) حدود المنطقة المدروسة مع توضيح لمواقع الآبار عليها والتي تتضمن 28 بئراً



الشكل (٤-٢): حدود المنطقة المدروسة مع مواقع الآبار

و يبين الجدول (٤-١) أرقام وأسماء الآبار حسب مواقعها في منطقة الدراسة.

الجدول (٤-١): أرقام وأسماء الآبار حسب مواقعها في منطقة الدراسة

رقم البئر في المنطقة	اسم البئر	رقم البئر في المنطقة	اسم البئر
١	CH2	١٠	البريج
٢	CH1	١١	النزارية
٣	CH6	١٢	CH4
٤	CH5	١٣	العبودية
٥	الديبة الحسينية	١٤	المعمورة
٦	المدينة الصناعية	١٥	جنذر
٧	مدينة صناعية ٢	١٦	دحيريج ٣

تتمة الجدول (1-4):

اسم البئر	رقم البئر في المنطقة	اسم البئر	رقم البئر في المنطقة
دحيريج	١٧	مدينة صناعية ٤	٨
دحيريج ٦	١٨	مدينة صناعية ٣	٩
الضبعة	٢٤	دحيريج ٢	١٩
الضبعة ٢	٢٥	دحيريج ٧	٢٠
تل النبي مندو	٢٦	دحيريج ٥	٢١
الحسينية	٢٧	دحيريج ٤	٢٢
عرجون	٢٨	شمسين	٢٣

٤-١-١ الوضع المناخي (Climatic situation):

تخضع المنطقة لمناخ متوسط شبه جاف وتتميز بصيف حار وشتاء بارد ممطر، تبلغ كمية الهطولات بشكل عام في الجهة الغربية من المشروع (300 - 350) mm/year، وتتناقص نحو الشرق لتصل إلى (150-100) mm/year كما تزداد من الجنوب نحو الشمال من (150 - 300) mm/year .

وطبعاً تتوافق فترة الهطول الأعظمي مع متوسط الحد الأدنى لدرجات الحرارة. إن التغذية الرئيسية للكريتاسي الأعلى تأتي من مناطق ذات معدل أمطار أعلى في سلسلة جبال لبنان الشرقية (خارج منطقة الدراسة)، حيث يزيد متوسط الهطول السنوي عن 500 mm كما تتميز هذه الجبال بانتشار التشققات التي تساعد في رشح مياه الأمطار وتغذية المياه الجوفية [7].

٤-١-٢ الوضع الجيولوجي (geological situation):

تنتشر في المنطقة توضعات مجموعة الكريتاسي والباليوجين والنيوجين.

أولاً- توضعات الكريتاسي (K):

تنتشر رسوبيات الكريتاسي بشكل واسع في المنطقة المدروسة وتغطي قسماً كبيراً منها، وتتألف بشكل عام من الدولوميت والصخور الكلسية وتشمل صخور:

- الكريتاسي الأوسط: حجر كلسي غضاري مع تداخلات صوان.

- الكريتاسي الأعلى: حجر كلسي، مارل.

ثانياً- توضعات الباليوجين (P):

يختلف تركيبه الليتولوجي من مكان لآخر في المنطقة وتغلب عليه السحنة المارلية الغضارية

وهو ممثل بثلاثة أقسام (بالْيوسين - أيوسين - أوليغوسين) وتتألف كافة صخور الباليوجين اعتباراً من الباليوسين حتى الأيوسين الأسفل من المارل الشبيه بالحوار والمارل الغضاري الحجر الكلسي المارلي والمستويات الصوانية.

ثالثاً- توضعات النيوجين (N):

وتعود لأعمار الباليوسين والميوسين الأوسط ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر رملي ومارل [٧].

٤-١-١-3 الوضع الطبوغرافي (Topographic situation):

تتشكل المنطقة عموماً من سهول وهضاب مختلفة الارتفاعات تتراوح بين (700 - 1200) m عن سطح البحر، وتمثل سلسلة جبال لبنان الشرقية الأطراف الغربية لمنطقة الدراسة بارتفاع أعظمي يصل إلى (1900) m عن سطح البحر، وبشكل عام فإن المنطقة تميل إلى الانخفاض من الجنوب والغرب نحو الشمال والشرق [٧].

٤-١-١-٤ الوضع التكتوني (Tectonic situation):

يمكننا وفق المفهوم الجيولوجي أن نميز بين القسمات الخطية والفوالق:

- القسمات الخطية (Lineaments): وفق المفهوم الجيولوجي عبارة عن فوالق محتملة أو صدوع في قشرة الأرض (Crust) ذات امتداد على سطح الأرض بشكل خطي مستقيم، وبعد كل فالق مؤكد في القشرة الأرضية عبارة عن قسمة خطية والعكس غير صحيح، وفي مجال التقيب عن المياه الجوفية يعتقد أن هناك علاقة بين القسمات الخطية والتكوين المائي (إن وجد).

- الفالق (Fault): هي انكسارات وانفصالات في صخور القشرة الأرضية يرافقها إزاحة الكتل الصخرية على جانبي سطح الانكسار وهذا ما يميزها عن الشقوق التي لا تبعد فيها الكتل الصخرية عند جانبي سطح الكسر، وتكون الإزاحة في الفوالق أفقية أو عمودية أو مائلة نتيجة الضغوط المطبقة على الصخور.

تتميز منطقة الدراسة بالكثير من التكررات والفوالق التي تكون في معظمها عرضانية تمتد باتجاه غرب - شرق وبشكل أقل باتجاه شمال جنوب تتحرف قليلاً شمالاً باتجاه الشرق ويكون لهذه الفوالق تأثير على حركة المياه الجوفية في المنطقة.

تتمثل العوامل التكتونية ذات التأثير الهيدروجيولوجي كما ذكرنا بعدد من الفوالق التكتونية العرضانية التي تقطع منطقة الدراسة من الغرب إلى الشرق، وهذه الفوالق تعمل على رفع أو خفض منسوب تشكيلة الكريتاسي الأعلى الحامل للماء في منطقة الدراسة، تسبب هذه الفوالق تأثيرات مختلفة على المياه الجوفية، وتصنف إلى فوالق ذات تأثير هيدروديناميكي يعيق حركة المياه الجوفية بسبب اتجاهها المتعامد مع اتجاه حركة المياه الجوفية، وفوالق تبدي تأثيراً على حركة المياه الجوفية وأخرى لا تؤثر عليها [١٠].

٤-١-١-٥ الوضع الهيدروجيولوجي (Hydrogeological situation):

من المعروف أن تشكل المياه الجوفية يرتبط مباشرة بالهطولات وبظروف تغذية المياه الجوفية في مناطق تكشف صخور الطبقة الحاملة (نوعية الصخور، انتشار التكررات، الطبيعة الجيومورفولوجية..). ولذلك فإن سلسلة جبال لبنان الشرقية التي تتكشف فيها صخور الكريتاسي الأعلى تعتبر مناطق التغذية الرئيسية لهذه الطبقة. أما بالنسبة لصخور الباليوجين والنيوجين والتي تتكشف في المناطق السهلية فهي لا تحصل إلا على تغذية محدودة نظراً لضعف الهائل المطري من جهة في مناطق تكشفها والطبيعة الليثولوجية التي تتميز بوجود صخور غير نفوذة وقد يكون مصدر التغذية الرئيسي لها من رشح مياه الوديان والسيول التي تجري في المنطقة.

يمكن من الناحية الهيدروجيولوجية تصنيف التكوينات الجيولوجية تبعاً لتركيبها الليتولوجي إلى مجموعات حاملة للمياه وأخرى غير حاملة للمياه، وتتوضع في منطقة الدراسة حوامل مائية هامة بدءاً من الكريتاسي وحتى الباليوجين ونبين فيما يلي هذه المجموعات:

- مجموعة الصخور الكربوناتية العائدة للكريتاسي الأعلى: تعتبر صخور الكريتاسي الأعلى حاملة للماء، وتتكون من صخور كلسية ودولوميتية وحوامل مائية كارسيتية تتميز غزارة مياهها تبعاً لتطور الكارست فيها.

إن تكشف هذه الصخور على المرتفعات الجبلية وخاصة في سلسلة جبال لبنان الشرقية التي تتميز بهطولات مطرية مرتفعة نسبياً إضافة إلى الثلوج يساعد في اتساع شبكة الكارست وزيادة الرشح إلى المياه الجوفية وخاصة في المناطق ذات الارتفاعات التي تتجاوز 2000 متراً فوق سطح البحر.

يغوص السطح العلوي لحامل الكريتاسي الأعلى تحت سطح الأرض باتجاه الشمال إلى أعماق كبيرة تتجاوز 700 متر في الطرف الشمالي من منطقة الدراسة، تتميز المياه في هذه المجموعة بنوعية جيدة وبغزارات متفاوتة حيث تكون في الجنوب في حدود 7 لتر/ ثا وتزداد تدريجياً نحو الشمال لتصل إلى ما يزيد عن 20 لتر/ ثا، وبشكل عام فإن متوسط التصريف في الجزء الشمالي من هذه البنية يكون في حدود 10 لتر/ ثا.

- مجموعة صخور الباليوجين: ويكون انتشارها محدوداً وخاصة في الجزء الجنوبي والشرقي من منطقة الدراسة وتتألف من مارل وحجر كلسي وحجر كلسي غصاري، وتكون حاملة للماء بصورة موضعية وضعيفة الغزارة نظراً لتركيبها الليتولوجي وهي ليست ذات أهمية تذكر من الناحية الهيدروجيولوجية.

- مجموعة النيوجين: وتشغل مساحات واسعة في الجزء الشمالي الغربي من منطقة الدراسة وهي عبارة عن حجر رملي ومارل وحجر كلسي وكونغلواميرا وتتباين أهميتها المائية تبعاً لتباين درجة الرشح إليها من مياه الأمطار والجريان السطحي، وهي بالتالي تعتبر ذات أهمية ثانوية من الناحية الهيدروجيولوجية.

- مما سبق يتبين أن مجموعة الكريتاسي الأعلى هي المجموعة الأكثر أهمية هيدروجيولوجياً

ومياها غزيرة إلى حد ما، وتكون أحياناً معزولة عن الطبقات التي تعلوها من خلال توضعات الماستريختيان- دانيان الكتيمة. وتليها من حيث الأهمية الهيدروجيولوجية مجموعة صخور الباليوجين، أما مجموعة النيوجين فهي ليست ذات أهمية هيدروجيولوجية تذكر.

استناداً إلى ما سبق وإلى توزع الهطولات المطرية فإن سلسلة جبال لبنان الشرقية تشكل المصدر الأساسي لتغذية الحامل المائي في تكوينات الكريتاسي الأعلى نظراً لتوافر كافة الشروط الموضوعية لذلك، معدل هطول مطري مرتفع يكون في معظم الأحيان ثلجياً، صخور كربونائية متشققة تسمح برشح مياه الأمطار بسهولة، وبالتالي فإنه يمكن القول أن حركة المياه الجوفية في حامل الكريتاسي تبدأ في تكشفات هذه الصخور في السلسلة الجبلية وتغوص بعدها مع انحدار الطبقات باتجاهين شرق وشمال، أي أن الطبقة المائية تكون حرة في مناطق الكشف تتحول إلى حبيسة تدريجياً حيث تصبح ذات ضاغط عالٍ في المناطق التي تكون فيها عميقة. أما بالنسبة لطبقات الباليوجين والنيوجين والرباعي، فإن تواجد المياه الجوفية فيها يرتبط بالهطولات المطرية (التي تعتبر ضعيفة إلى حد ما) ومن التغذية من مجاري الوديان المنتشرة في المنطقة، غير أن طبيعتها الكتيمة إلى حد ما وخاصة طبقات الباليوجين لا تسمح بتواجد المياه فيها بصورة مستمرة [٧].

٤-١-١-٦ تمثيل ومعالجة وتحليل البيانات:

(The use of a geographic information system in processing and analyzing data):

من تطبيق نظام المعلومات الجغرافية (GIS) تم الحصول على المخططات الممثلة للعوامل التي تم إدخالها في تحديد مناطق الأمل المائي وهي (الجيولوجيا، كثافة التكتونيك، المسيلات المائية، الميول، الهاطل المطري).

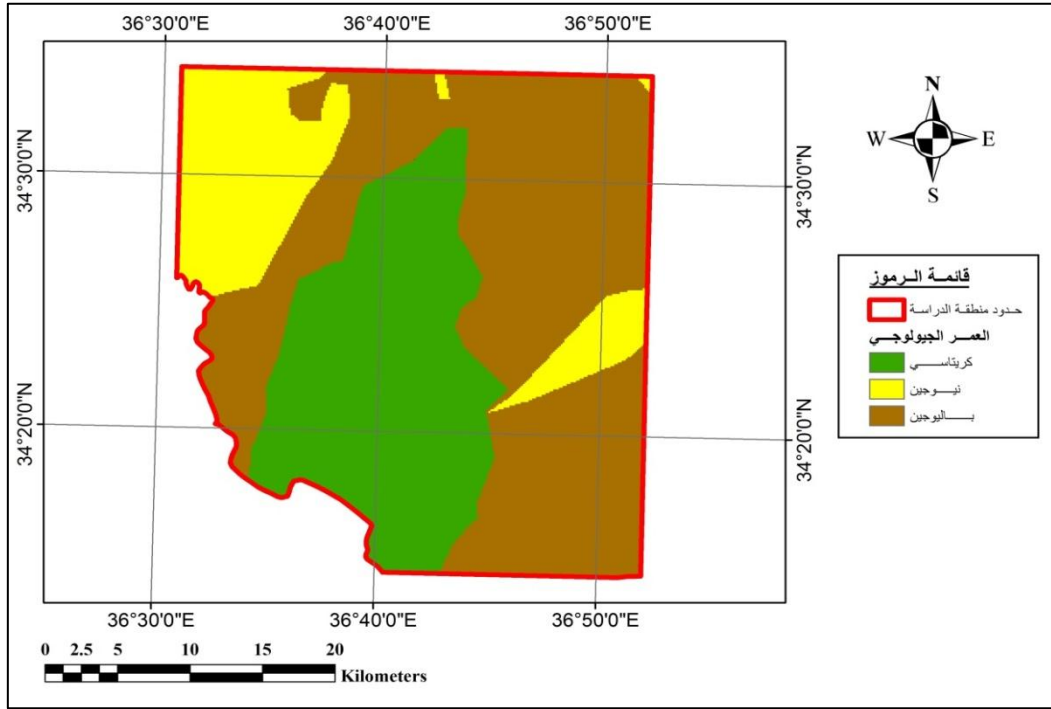
- الجيولوجيا (Geology):

من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1/200000 يتبين أن الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة تعود إلى أعمار الكريتاسي والباليوجين والنيوجين كما يبين الشكل (٤-3) وحيث:

الكريتاسي الأعلى K: مؤلف من حجر كلسي، مارل.

النيوجين N: ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر رملي.

الباليوجين P: ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر كلسي غصاري ومارل.



الشكل (٤-3): الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

- الفوالق والقسمات الخطية (التكتونيك) (Faults and Lineaments (Tectonic) :

الفوالق: من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1/200000 تم إنشاء مخطط توزع الفوالق في

منطقة الدراسة كما يبين الشكل (٤-٤).

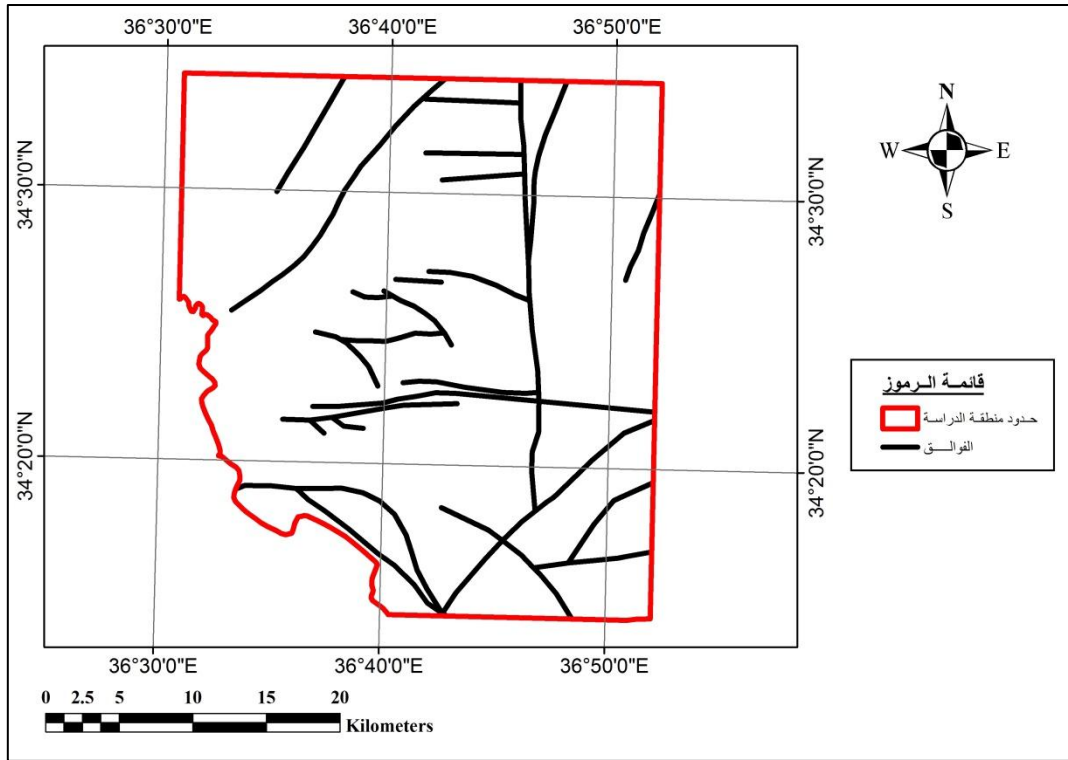
القسمات الخطية: باستخدام صورة فضائية ETM لمنطقة الدراسة تم إنشاء مخطط القسمات

الخطية كما يبين الشكل (٤-٥) ومن مخطط توزع التكتونيك في منطقة الدراسة تم إنشاء مخطط

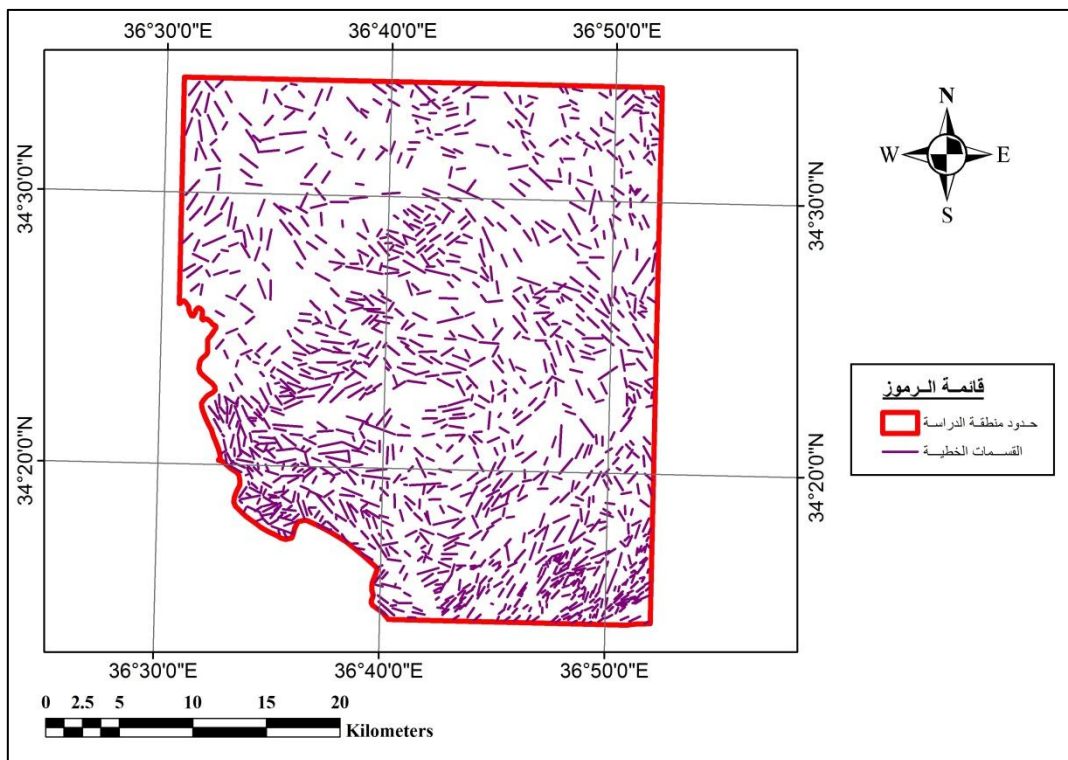
توزع الكثافة للتكتونيك (فوالق وقسمات خطية) اعتماداً على أطوالها كما يبين الشكل (٤-6)،

(حيث يعبر عن وحدة القياس في وحدة المساحة ضمن الكيلومتر المربع) ويدل الرقم الأكبر على

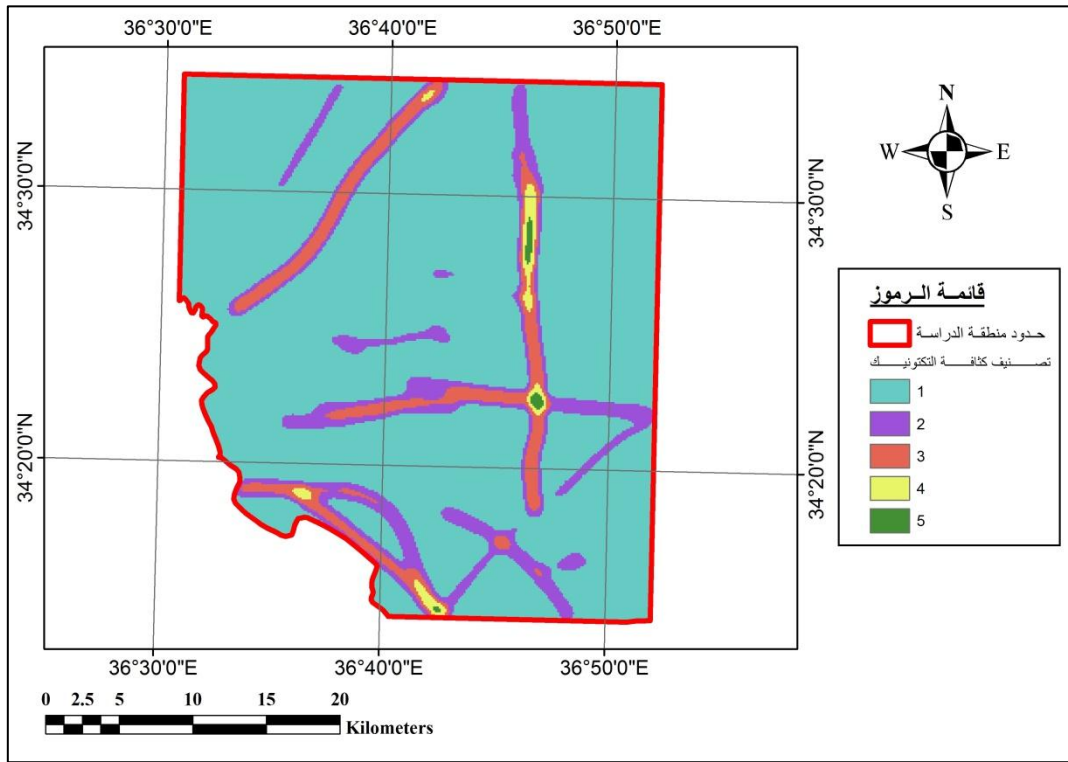
الكثافة الأكبر.



الشكل (٤-٤): توزيع الفوالق في منطقة الدراسة.



الشكل (٤-٥): توزيع القسامات الخطية في منطقة الدراسة



الشكل (٤-٦): توزيع كثافة التكتونيك في منطقة الدراسة.

- الميول (Slope):

من خلال استخدام الخرائط الطبوغرافية في منطقة الدراسة تم إنشاء نموذج الارتفاع الرقمي (DEM). ومنه تم إنشاء خريطة توزيع الميول في منطقة الدراسة، كما يبين الشكل (٤ - ٧) حيث الرقم 5 في التصنيف يشير إلى درجة الميل الأقل .

- الميولات (Drainage):

من الخريطة الطبوغرافية 1/50000 والصورة الفضائية تم إنشاء توزيع شبكة الميولات المائية Drainage في منطقة الدراسة. ومن توزيع شبكة الميولات المائية تم إنشاء كثافة الميولات في منطقة الدراسة وهي عبارة عن وحدة القياس في وحدة المساحة ضمن الكيلومتر المربع. كما في الشكل (٤ - ٨) حيث يشير الرقم الأكبر إلى كثافة الميولات الأعلى.

- الهطول المطري (Rainfall):

نلاحظ أن منطقة الدراسة ممتدة على أربع مناطق استقرار:

الخامسة حيث الهطول السنوي أقل من (200).

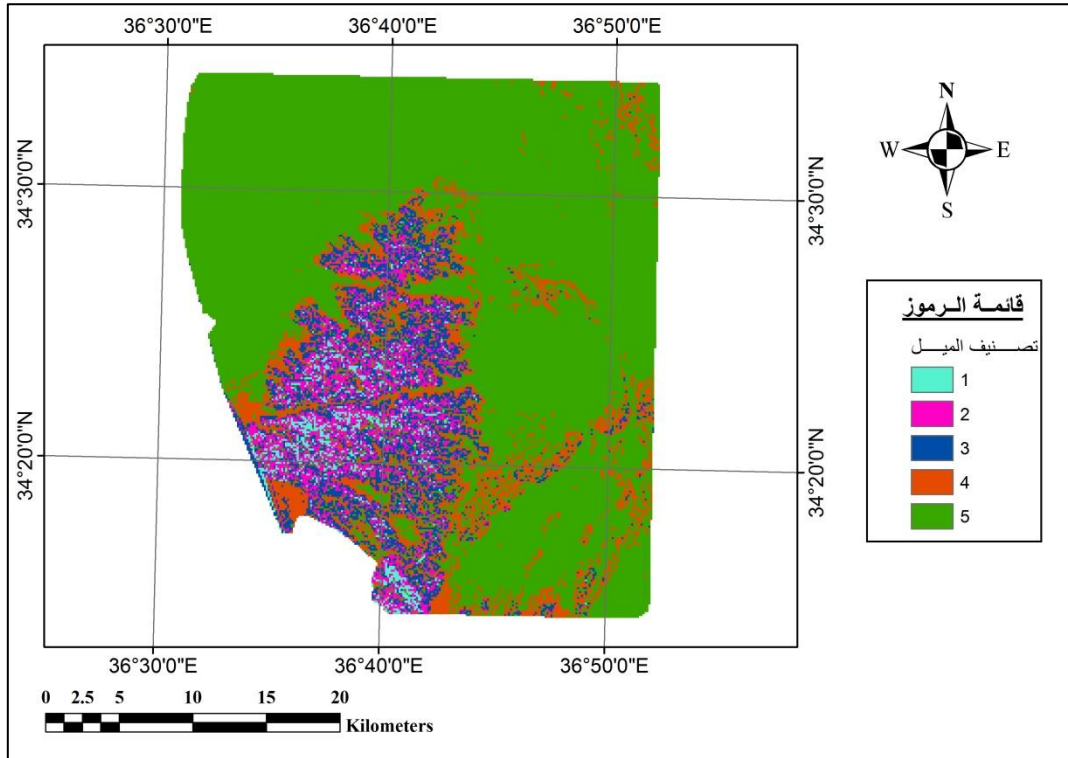
الرابعة حيث الهطول السنوي بين (200-250) mm .

الثالثة حيث الهطول السنوي بين (250 – 300) mm .

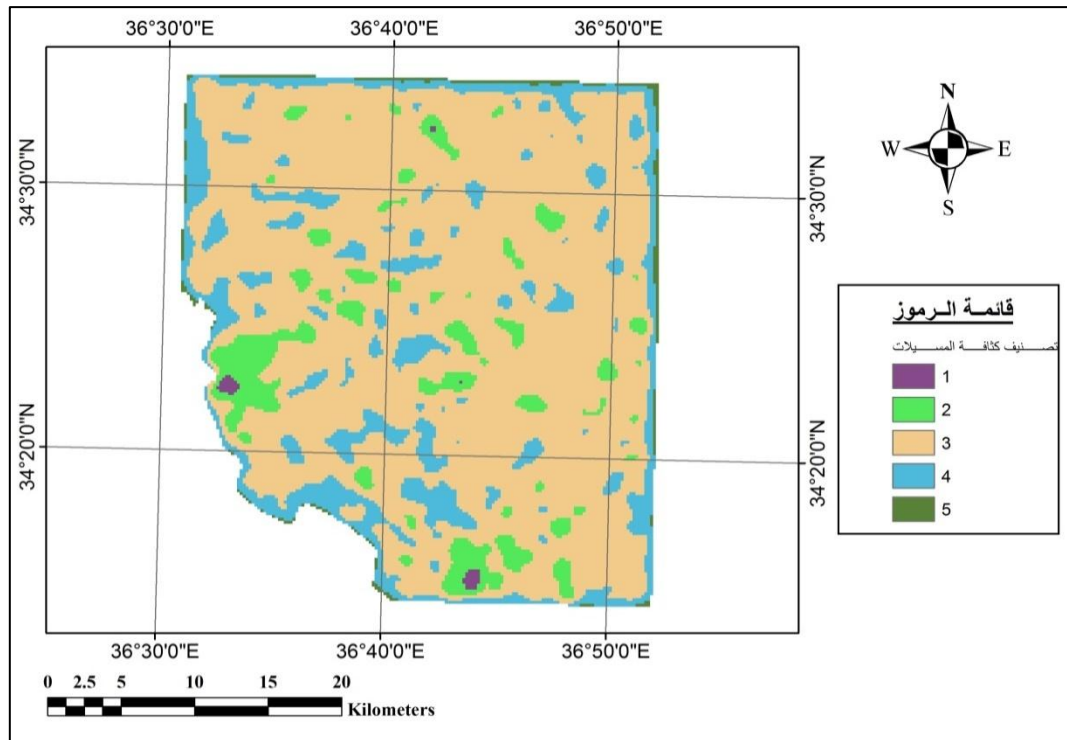
الثانية حيث الهطول السنوي بين (300 – 350) mm .

كما يبين الشكل (٤ - ٩) وقد أعطيت تصنيفات (4 - 1) حيث يشير الرقم 4 إلى الهطول السنوي

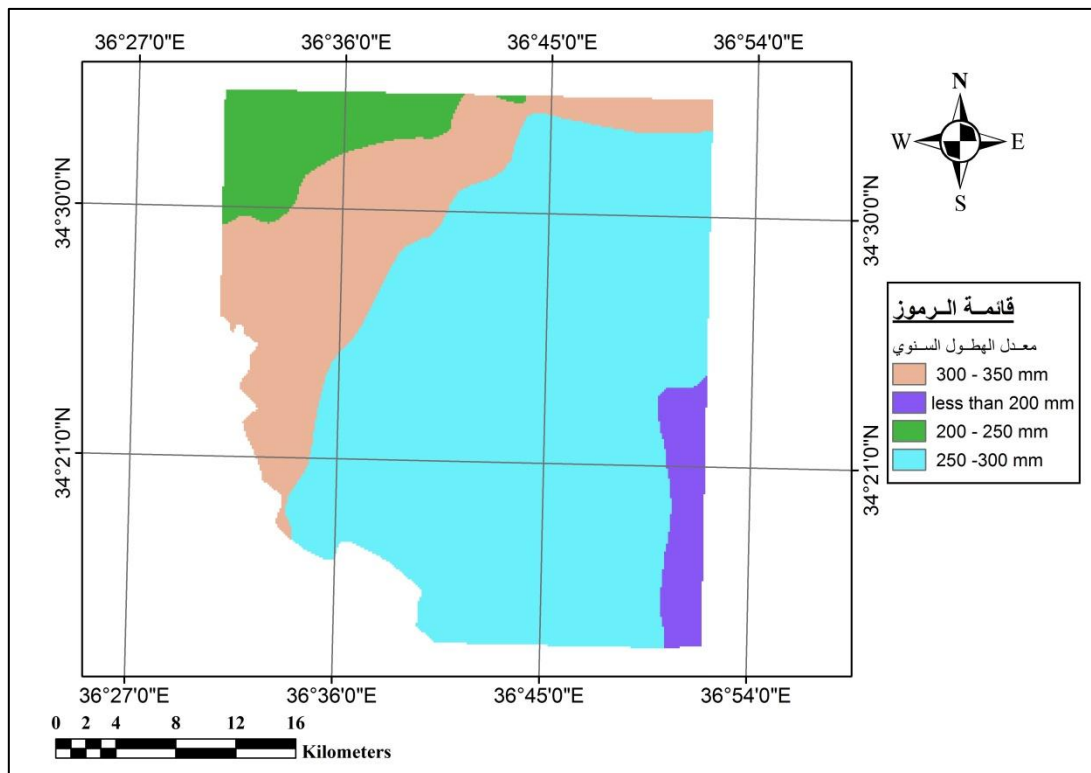
في منطقة الاستقرار الثانية، وهي المنطقة الأكثر أهمية في تشكل قطاعات الأمل المائي.



الشكل (٤ - 7): توزيع الميول في منطقة الدراسة



الشكل (٤ - ٨): كثافة المبيات في منطقة الدراسة.



الشكل (٤ - ٩): توزيع الهطول المطري في منطقة الدراسة.

4-1-1-7 تثقيل العوامل المؤثرة في تشكيل قطاعات الأمل المائي الجوفي:

بناءً على ما ورد في الفصل الثالث فإنه لتحديد قطاعات الأمل المائي لابد من تحديد الأوزان والتصنيف لكل عامل مؤثر حيث استخدمت آراء الخبراء والمراجع لاختيار خمسة معايير فيزيائية مؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي في منطقة الدراسة. وتم الاعتماد على آراء خمسة وعشرين خبيراً في مجال الجيولوجيا والهيدروجيولوجيا والجيوفيزياء، وبالمقابل استخدمت طريقة العملية التحليلية الهرمية (AHP) لتقييم التوافق بين آراء الخبراء عن طريق استخدام نسبة الاتساق (CR) والتي ينبغي أن تكون أقل أو تساوي 0.1 وبالتالي تمّ تحديد الأوزان. ولتحديد خريطة الملاءمة تمّ الاعتماد على أوزان المعايير الناتجة عن متوسط آراء الخبراء. التصنيف لكل معيار تمّ تقييمه بالمقياس (1-5) والذي تمّ اعتماده من قبل معظم المراجع ذات الصلة [١٠٥] . ودونت

النتائج في الجداول (٤-٢٨....., ٤-٢)

الجدول (٢-٤): قيم المقاييس لمصفوفة التثقيف وفق الخمسة والعشرين خبيراً

المعيار عدد الخبراء	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات الخطية	المسيلات
الخبير 1	8	4	9	7	6
الخبير 2	9	5	9	7	5
الخبير 3	8	6	9	8	7
الخبير 4	7	4	8	6	5
الخبير 5	7	5	8	7	5
الخبير 6	8	4	8	6	5
الخبير 7	7	4	7	5	6
الخبير 8	7	4	8	5	6
الخبير 9	9	8	9	7	4
الخبير 10	8	7	8	5	4
الخبير 11	9	8	8	6	5
الخبير 12	8	8	8	7	4
الخبير 13	7	7	9	6	4
الخبير 14	7	7	8	6	4
الخبير 15	7	7	7	6	4
الخبير 16	5	4	7	7	8
الخبير 17	5	4	8	7	8
الخبير 18	5	4	6	8	7
الخبير 19	4	4	6	6	6
الخبير 20	4	5	7	8	8

الخبير 21	5	5	7	8	9
الخبير 22	4	6	8	7	7
الخبير 23	4	6	7	6	7
الخبير 24	5	3	5	6	6
الخبير 25	5	3	5	5	6
متوسط آراء الخبراء	7	5	8	7	6

الجدول (٤-٣): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الأول

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
1.33	1.14	0.89	2	1	الهطول المطري
0.67	0.57	0.44	1	0.5	الميل
1.5	1.29	1	2.25	1.13	الجيولوجيا
1.17	1	0.78	1.75	0.88	القسمات
1	0.86	0.67	1.50	0.75	المسيلات
5.67	4.86	3.78	8.50	4.26	المجموع
17.64	20.58	26.46	11.76	23.47	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.410 \geq 5ok, CI = 0.0103, RI = 1.12, CR = 0.092 \leq 0.1 \rightarrow ok$					

الجدول (٤-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
1.80	1.29	1	1.80	1	الهطول المطري
1	0.71	0.56	1	0.56	الميل
1.80	1.29	1	1.80	1	الجيولوجيا
1.40	1	0.78	1.40	0.78	القسمات
1	0.71	0.56	1	0.56	المسيلات
7	5	3.89	7	3.89	المجموع
14.29	20	25.71	14.29	25.71	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.356 \geq 5 ok, CI = 0.089, RI = 1.12, CR = 0.079 \leq 0.1 ok$					

الجدول (٤-٥): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثالث

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
----------	---------	------------	-------	---------------	--

الهطول المطري	1	1.33	0.89	1	1.14
الميل	0.75	1	0.67	0.75	0.86
الجيولوجيا	1.13	1.50	1	1.13	1.29
القسمات	1	1.33	0.89	1	1.14
المسيلات	0.88	1.17	0.78	0.88	1
المجموع	4.75	6.33	4.22	4.75	5.43
الوزن	21.05	15.79	23.69	21.05	18.42
$\lambda_{\max} = 5.097 \geq 5 \text{ ok}, CI = 0.02425, RI = 1.12, CR = 0.022 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (٦-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الرابع

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	2	0.88	1.17	1.40
الميل	0.57	1	0.50	0.67	0.80
الجيولوجيا	1.14	2	1	1.33	1.60
القسمات	0.86	1.50	0.75	1	1.20
المسيلات	0.71	1.25	0.63	0.83	1
المجموع	4.28	7.75	3.75	5	6
الوزن	24.05	13.21	26.42	19.81	16.51
$\lambda_{\max} = 5.357 \geq 5 \text{ ok}, CI = 0.0892, RI = 1.12, CR = 0.079 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (٧-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الخامس

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.40	0.88	1	1.40
الميل	0.71	1	0.63	0.71	1

الجيولوجيا	1.14	1.60	1	1.14	1.60
القسمات	1	1.40	0.88	1	1.40
المسيلات	0.71	1	0.63	0.71	1
المجموع	4.57	6.40	4	4.57	6.40
الوزن	21.88	15.62	25	21.87	15.62
$\lambda_{\max} = 5.1884 \geq 5$ ok , CI=0.0471, RI= 1.12 , CR= 0.042 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (٤-٨): مصفوفة التثقييل وفق الخبير السادس

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	2	1	1.33	1.60
الميل	0.50	1	0.50	0.67	0.80
الجيولوجيا	1	2	1	1.33	1.60
القسمات	0.75	1.50	0.75	1	1.20
المسيلات	0.63	1.25	0.63	0.83	1
المجموع	3.88	7.75	3.88	5.17	6.20
الوزن	25.81	12.90	25.81	19.36	16.13
$\lambda_{\max} = 5.373 \geq 5$ ok , CI=0.0932, RI= 1.12 , CR= 0.083 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (٤-٩): مصفوفة التثقييل وفق الخبير السابع

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.75	1	1.4	1.17
الميل	0.57	1	0.57	0.8	0.67
الجيولوجيا	1	1.75	1	1.4	1.17
القسمات	0.71	1.25	0.71	1	0.83

المسيلات	0.86	1.50	0.86	1.2	1
المجموع	4.14	7.25	4.14	5.8	4.83
الوزن	25	16.67	22.22	19.45	16.67
$\lambda_{\max} = 5.233 \geq 5$ ok , CI=0.0584, RI= 1.12 , CR= 0.052 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (١٠-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثامن

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
الهطول المطري	1.40	0.88	1.75	1	
الميل	0.80	0.50	1	0.57	
الجيولوجيا	1.60	1	2	1.14	
القسمات	1	0.63	1.25	0.71	
المسيلات	1.20	0.75	1.50	0.86	
المجموع	6	3.75	7.50	4.28	
الوزن	16.67	26.66	13.33	23.34	
$\lambda_{\max} = 5.306 \geq 5$ ok , CI=0.0767, RI= 1.12 , CR= 0.068 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (١١-٤): مصفوفة التثقيل وفق الخبير التاسع

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
الهطول المطري	1.29	1	1.13	1	
الميل	1.14	0.89	1	0.89	
الجيولوجيا	1.29	1	1.13	1	
القسمات	1	0.78	0.88	0.78	
المسيلات	0.43	0.33	0.38	0.33	

المجموع	4	4.50	4	5.14	9.25
الوزن	24.76	22.01	24.76	19.27	9.18
$\lambda_{\max} = 5.3788 \geq 5$ ok , CI=0.0947, RI= 1.12 , CR= 0.084 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (٤-١٢): مصفوفة التثقييل وفق الخبير العاشر

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.14	1	1.60	2
الميل	0.88	1	0.88	1.40	1.75
الجيولوجيا	1	1.14	1	1.60	2
القسمات	0.63	0.71	0.63	1	1.25
المسيلات	0.50	0.57	0.50	0.80	1
المجموع	4	4.57	4	6.4	8
الوزن	25.00	21.88	25.00	15.63	14.49
$\lambda_{\max} = 5.3938 \geq 5$ ok , CI=0.0986, RI= 1.12 , CR= 0.088 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (٤-13): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الحادي عشر

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.13	1.13	1.50	1.80
الميل	0.89	1	1	1.33	1.60
الجيولوجيا	0.89	1	1	1.33	1.60
القسمات	0.67	0.75	0.75	1	1.20
المسيلات	0.56	0.63	0.63	0.83	1
المجموع	4	4.50	4.50	6	7.20
الوزن	25.00	22.22	22.22	16.67	13.89

$$\lambda_{\max} = 5.2398 \geq 5 \text{ ok}, CI=0.05995, RI= 1.12, CR= 0.053 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$$

الجدول (4-14): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثاني عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
2	1.14	1	1	1	الهطول المطري
2	1.14	1	1	1	الميل
2	1.14	1	1	1	الجيولوجيا
1.75	1	0.88	0.88	0.88	القسمات
1	0.57	0.50	0.50	0.50	المسيلات
8.75	5	4.38	4.38	4.38	المجموع
11.42	20	22.86	22.86	22.86	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.375 \geq 5 \text{ ok}, CI=0.09375, RI= 1.12, CR= 0.084 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-15): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثالث عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
1.75	1.17	0.78	1	1	الهطول المطري
1.75	1.17	0.78	1	1	الميل
2.25	1.50	1	1.29	1.29	الجيولوجيا
1.50	1	0.67	0.86	0.86	القسمات
1	0.67	0.44	0.57	0.57	المسيلات
8.25	5.50	3.67	4.71	4.71	المجموع
12.13	18.18	27.27	21.21	21.21	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.3692 \geq 5 \text{ ok}, CI=0.0923, RI= 1.12, CR= 0.082 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-16): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الرابع عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
1.75	1.17	0.88	1	1	الهطول المطري
1.75	1.17	0.88	1	1	الميل
2	1.33	1	1.14	1.14	الجيولوجيا
1.50	1	0.75	0.86	0.86	القسمات
1	0.67	0.50	0.57	0.57	المسيلات
8	5.33	4	4.57	4.57	المجموع
12.49	18.75	25	21.88	21.88	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.2948 \geq 5 \text{ ok}$, $CI=0.0737$, $RI= 1.12$, $CR= 0.066 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-17): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الخامس عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
1.75	1.17	1	1	1	الهطول المطري
1.75	1.17	1	1	1	الميل
1.75	1.17	1	1	1	الجيولوجيا
1.50	1	0.86	0.86	0.86	القسمات
1	0.67	0.57	0.57	0.57	المسيلات
7.75	5.17	4.43	4.43	4.43	المجموع
12.90	19.36	22.58	22.58	22.58	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.2404 \geq 5 \text{ ok}$, $CI=0.0601$, $RI= 1.12$, $CR= 0.054 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-18): مصفوفة التثقيل وفق الخبير السادس عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
----------	---------	------------	-------	---------------	--

الهطول المطري	1	1.25	0.71	0.63	1.75
الميل	0.80	1	0.57	0.50	1.75
الجيولوجيا	1.40	1.75	1	0.88	1.75
القسمات	1.40	1.75	1	0.88	1.50
المسيلات	1.60	2	1.14	1	1
المجموع	6.20	7.75	4.43	3.88	7.75
الوزن	16.13	12.90	22.58	22.58	25.81
$\lambda_{\max} = 5.3362 \geq 5$ ok , CI=0.084, RI= 1.12 , CR= 0.075 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-19): مصفوفة التثقيل وفق الخبير السابع عشر

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.25	0.63	0.71	0.63
الميل	0.80	1	0.50	0.57	0.50
الجيولوجيا	1.60	2	1	1.14	1
القسمات	1.40	1.75	0.88	1	0.88
المسيلات	1.60	2	1	1.14	1
المجموع	6.40	8	4	4.57	4
الوزن	15.63	12.50	25	21.87	25
$\lambda_{\max} = 5.3938 \geq 5$ ok , CI=0.09845, RI= 1.12 , CR= 0.088 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-20): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثامن عشر

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.25	0.83	0.63	0.71

الميل	0.80	1	0.67	0.50	0.57
الجيولوجيا	1.20	1.50	1	0.75	0.86
القسمات	1.60	2	1.33	1	1.14
المسيلات	1.40	1.75	1.67	0.88	1
المجموع	6	7.50	5	3.75	4.28
الوزن	16.67	13.34	20.00	26.66	23.33
$\lambda_{\max} = 5.3066 \geq 5$ ok , CI=0.07665, RI= 1.12 , CR= 0.068 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-21): مصفوفة التثقيل وفق الخبير التاسع عشر

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1	0.67	0.67	0.67
الميل	1	1	0.67	0.67	0.67
الجيولوجيا	1.50	1.50	1	1	1
القسمات	1.50	1.50	1	1	1
المسيلات	1.50	1.50	1	1	1
المجموع	6.50	6.50	4.33	4.33	4.33
الوزن	15.38	15.38	23.08	23.08	23.08
$\lambda_{\max} = 5.2 \geq 5$ ok , CI=0.05, RI= 1.12 , CR= 0.045 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-22): مصفوفة التثقيل وفق الخبير العشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.80	0.57	0.50	0.50
الميل	1.25	1	0.71	0.63	0.63
الجيولوجيا	1.75	1.40	1	0.88	0.88

القسمات	2	1.60	1.14	1	1
المسيلات	2	1.60	1.14	1	1
المجموع	8	6.40	4.57	4	4
الوزن	12.50	15.63	21.87	25	25
$\lambda_{\max} = 5.3938 \geq 5$ ok , CI=0.09845, RI= 1.12 , CR= 0.088 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-23): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الحادي والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1	0.71	0.63	0.56
الميل	1	1	0.71	0.63	0.56
الجيولوجيا	1.40	1.40	1	0.88	0.78
القسمات	1.60	1.60	1.14	1	0.89
المسيلات	1.80	1.80	1.29	1.13	1
المجموع	6.80	6.80	4.86	4.25	3.78
الوزن	14.71	14.71	20.59	23.52	26.47
$\lambda_{\max} = 5.297 \geq 5$ ok , CI=0.07425, RI= 1.12 , CR= 0.066 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-24): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.67	0.50	0.57	0.57
الميل	1.50	1	0.75	0.86	0.86
الجيولوجيا	2	1.33	1	1.14	1.14
القسمات	1.75	1.17	0.88	1	1
المسيلات	1.75	1.17	0.88	1	1

المجموع	8	5.33	4	4.57	4.57
الوزن	12.51	18.75	24.98	21.88	21.88
$\lambda_{\max} = 5.2948 \geq 5$ ok , CI=0.0737, RI= 1.12 , CR= 0.066 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-25): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثالث والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.67	0.57	0.67	0.57
الميل	1.50	1	0.86	1	0.86
الجيولوجيا	1.75	1.17	1	1.17	1
القسمات	1.5	1	0.86	1	0.86
المسيلات	1.75	1.17	1	1.17	1
المجموع	7.50	5	4.29	5	4.29
الوزن	13.34	20	23.33	20	23.33
$\lambda_{\max} = 5.2156 \geq 5$ ok , CI=0.0539, RI= 1.12 , CR= 0.048 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-26): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الرابع والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.67	1	0.83	0.83
الميل	0.60	1	0.60	0.50	0.50
الجيولوجيا	1	1.67	1	0.83	0.83
القسمات	1.20	2	1.20	1	1
المسيلات	1.20	2	1.20	1	1
المجموع	5	8.33	5	4.17	4.17

الوزن	20	12	20	24	24
$\lambda_{\max} = 5.333 \geq 5 \text{ ok}$, $CI=0.0833$, $RI= 1.12$, $CR= 0.074 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-27): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الخامس والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.67	1	1	0.83
الميل	0.60	1	0.60	0.60	0.60
الجيولوجيا	1	1.67	1	1	0.83
القسمات	1	1.67	1	1	0.83
المسيلات	1.20	2	1.20	1.20	1
المجموع	4.80	8	4.43	4.43	١٠.4.
الوزن	20.75	12.84	20.75	20.75	24.91
$\lambda_{\max} = 5.3 \geq 5 \text{ ok}$, $CI=0.075$, $RI= 1.12$, $CR= 0.067 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-28): مصفوفة التثقيل وفق متوسط آراء الخبراء

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	1.40	0.88	1	1.17
الميل	0.71	1	0.63	0.71	0.83
الجيولوجيا	1.14	1.60	1	1.14	1.33
القسمات	1	1.40	0.88	1	1.17
المسيلات	0.86	1.20	0.75	0.86	1
المجموع	4.71	6.60	4.13	4.71	5.50
الوزن	21	15	24	22	18
$\lambda_{\max} = 5.1306 \geq 5 \text{ ok}$, $CI=0.0326$, $RI= 1.12$, $CR= 0.029 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

عند تطبيق أداة التنقيط في برنامج GIS التي تمّ الحصول عليها بناء على النموذج الرياضي في الفصل الثالث من أجل الحالة الدراسية الأولى وفق متوسط آراء الخبراء نحصل على الشكل (4-10) والشكل (4-11). نلاحظ من الشكل (4-11) أنه يتم الحصول على قيمة لدليل التطابق (CI) بحيث تتكون مصفوفة التنقيط متناسقة بشكل كاف وهذا يتم عندما $\lambda_{max} = n$ أي عندما $CI=0$ أما وفق الطريقة الحسابية المبينة بالجدول (4-28) لا نحصل على مصفوفة تنقيط متناسقة بشكل كاف حيث $\lambda_{max} \geq n$. مما ينتج عنه $CI \approx 0$ ، وبالتالي نلاحظ من الشكل (4-11) أن: $CI=0.000413$ بينما من الجدول (4-28) $CI=0.0326$ ، كما أن قيم الأوزان الناتجة للعوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي وفق النموذج البرمجي كانت قريبة جداً من قيم الأوزان الناتجة وفق الطريقة الحسابية وذلك من أجل مصفوفة التنقيط لمتوسط آراء الخبراء من أجل الحالة الدراسية الأولى . حيث نلاحظ من الجدول (4-28) أن قيم الأوزان الناتجة هي :

الهطول المطري: % ٢١ ، الميل: % ١٥، الجيولوجيا: % ٢٤، القسمات والفوالق: % ٢٢،
المسيلات : % ١٨ . بينما نلاحظ من الجدول (4-28) أن قيم الأوزان وفق النموذج البرمجي هي:
الهطول المطري: % ٢١.٢٤٠٧ ، الميل: % ١٥.١٢١٧، الجيولوجيا: % ٢٤.١٩٧٣، القسمات والفوالق: % ٢١.٢٤٠٧، المسيلات : % ١٨.١٩٩٥.

وقد تمّ إدراج باقي المصفوفات الناتجة عن آراء الخبراء باستخدام أداة التنقيط في برنامج GIS في الملحق (١).

OBJECTID *	LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage
1	Rainfall	1	1.4	0.88	1	1.17
2	Slope	0.71	1	0.63	0.71	0.83
3	Geology	1.14	1.6	1	1.14	1.33
4	Faults_lineaments	1	1.4	0.88	1	1.17
5	Drainage	0.86	1.2	0.75	0.86	1

الشكل (10-4): مصفوفة التنقيط وفق متوسط آراء الخبراء

OBJECTID	LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
1	Rainfall	1	1.4	0.88	1	1.17	0.212407	0.000413	1.1	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
2	Slope	0.71	1	0.63	0.71	0.83	0.151217	0.000413	1.1	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
3	Geology	1.14	1.6	1	1.14	1.33	0.241973	0.000413	1.1	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
4	Faults_lineaments	1	1.4	0.88	1	1.17	0.212407	0.000413	1.1	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
5	Drainage	0.86	1.2	0.75	0.86	1	0.181995	0.000413	1.1	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.

الشكل (11-4): مصفوفة التنقيط بعد الحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق

4-1-1-8 تحديد قطاعات الأمل المائي (المواقع المحتملة لتواجد المياه الجوفية):

(Calculation of the distribution of potential water sectors):

من خلال تطبيق الأوزان المستخلصة من طريقة (AHP) والتي حصلنا عليها من النموذج

البرمجي المبين بالشكل (٤-١١) على الشرائح والمخططات في نظام المعلومات الجغرافية (GIS)

(كثافة فوالق وقسمات، كثافة المسيلات، الجيولوجيا، الميل، الهطول المطري) تمّ الحصول على المخطط النهائي لتوزيع قطاعات الأمل المائي في منطقة الدراسة وذلك باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون (WLC) من خلال المعادلة التالية [57]:

$$S_i = (R_w \cdot R_r) + (SL_w \cdot SL_r) + (LD_w \cdot LD_r) + (DD_w \cdot DD_r) + (G_w \cdot G_r) \quad (1-4)$$

حيث: W: يمثل وزن كل معيار (Weight)، والذي تم الحصول عليه من الشكل (١١-٤)

r: يمثل التصنيف (Rank) لكل معيار، وقد تم اعتماد التصنيف (٥-١) حيث الرقم (٥)

يعطى للمعيار الأكثر أهمية في تحديد قطاعات الأمل المائي، بينما (١) يعطى للمعيار الأقل أهمية.

(R): الهطول،

(SL): الميل،

(LD): كثافة القسمات الخطية،

(DD): كثافة المسيلات،

(G): الجيولوجيا،

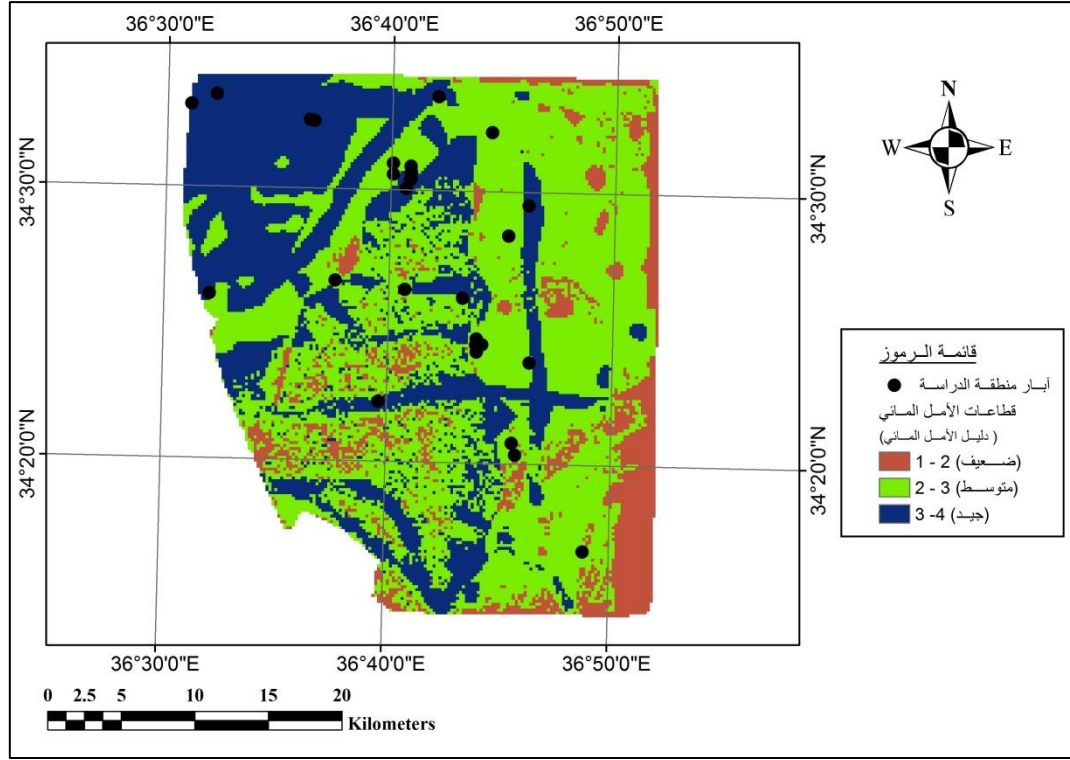
(Si): رقم لا بعدي (دليل الأمل المائي).

حيث تمّ الحصول على ثلاثة قطاعات للأمل المائي الجوفي كما هو مبين بالشكل (١٢-٤) وهي:

1- قطاع ذو مأمولية جيدة (القطاع الأول)

2- قطاع ذو مأمولية متوسطة (القطاع الثاني)

3- قطاع ذو مأمولية ضعيفة (القطاع الثالث)



الشكل (4-12): قطاعات الأمل المائي في الحالة الدراسية الأولى

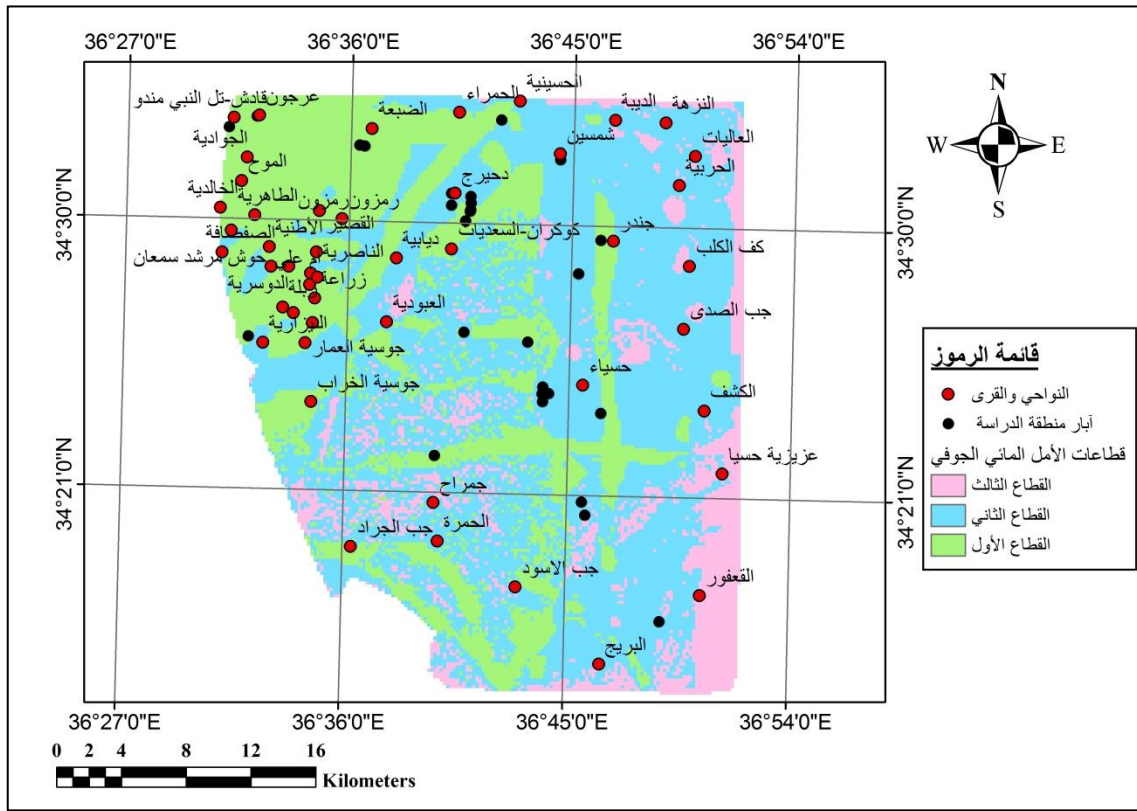
بمقارنة التوزيع الفعلي للآبار في المنطقة المدروسة مع قطاعات الأمل المائي التي حددها البرنامج يتبين أن (11) بئراً تتوزع في القطاع الأول ذو المأمولية الجيدة الذي يتركز في الجزء الشمالي الغربي وأجزاء من وسط منطقة الدراسة حيث تكون معدلات الأمطار عالية وتنتشر الصخور الكلسية المشققة والرملية النفوذة، كما يمتاز هذا القطاع بميول تضاريسية منخفضة وكثافة مسيلات منخفضة مما يساعد على تغذية الطبقة الحاملة بينما (16) بئراً تتوزع في القطاع الثاني ذي المأمولية المائية المتوسطة وذلك بالقرب من مواقع انتشار الفوالق. يشغل هذا القطاع مساحات كبيرة من منطقة الدراسة حيث تكون معدلات الأمطار أقل مقارنة بالقطاع الأول، وتنتشر الصخور الكلسية المشققة النفوذة ذات الميول المنخفضة إلى المعتدلة، وكثافة المسيلات المتوسطة. في حين

أنه لا يوجد أي بئر في القطاع الثالث ذو المأمولية المائية الضعيفة. مما يؤكد منطقية التحليل.

ومن خلال استخدام بناء النماذج في برنامج نظام المعلومات الجغرافية Modelbuilder تمّ

الحصول مخطط توزع قطاعات الامل المائي الجوي وفقاً للحالة الدراسية الأولى كما هو مبين

بالشكل (٤-13) حيث نلاحظ وجود تطابق بين هذا الشكل والشكل (٤-١2) السابق.



الشكل (٤-١٣): قطاعات الامل المائي في الحالة الدراسية الأولى وفق Modelbuilder

4-1-2 - الحالة الدراسية الثانية (المخرم) (Almkharam): The second case study

وهي منطقة تحتوي على فوالق وقسمات خطية وقد تمّ اختيار هذه الحالة الدراسية لتبرير

إمكانية تعميم النموذج الرياضي المقترح ليكون عاماً على كامل المناطق ذات الظروف المشابهة.

تقع في المنطقة الوسطى من الجمهورية العربية السورية في محافظة حمص وإلى الشرق منها في

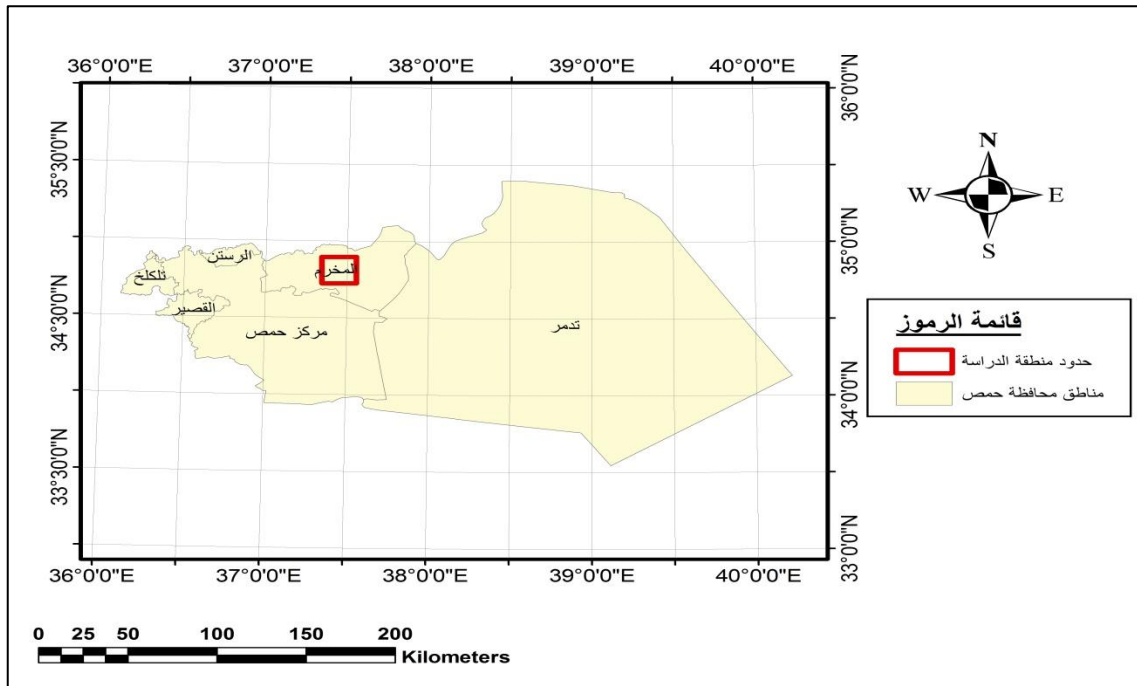
منطقة المخرم، وتبلغ المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة حوالي 372.29 كيلو متراً مربعاً، كما يبين

الشكل (٤-١٤). يحدد الامتداد الجغرافي لمنطقة الدراسة خطي العرض $34^{\circ}30'$ و $34^{\circ}45'$

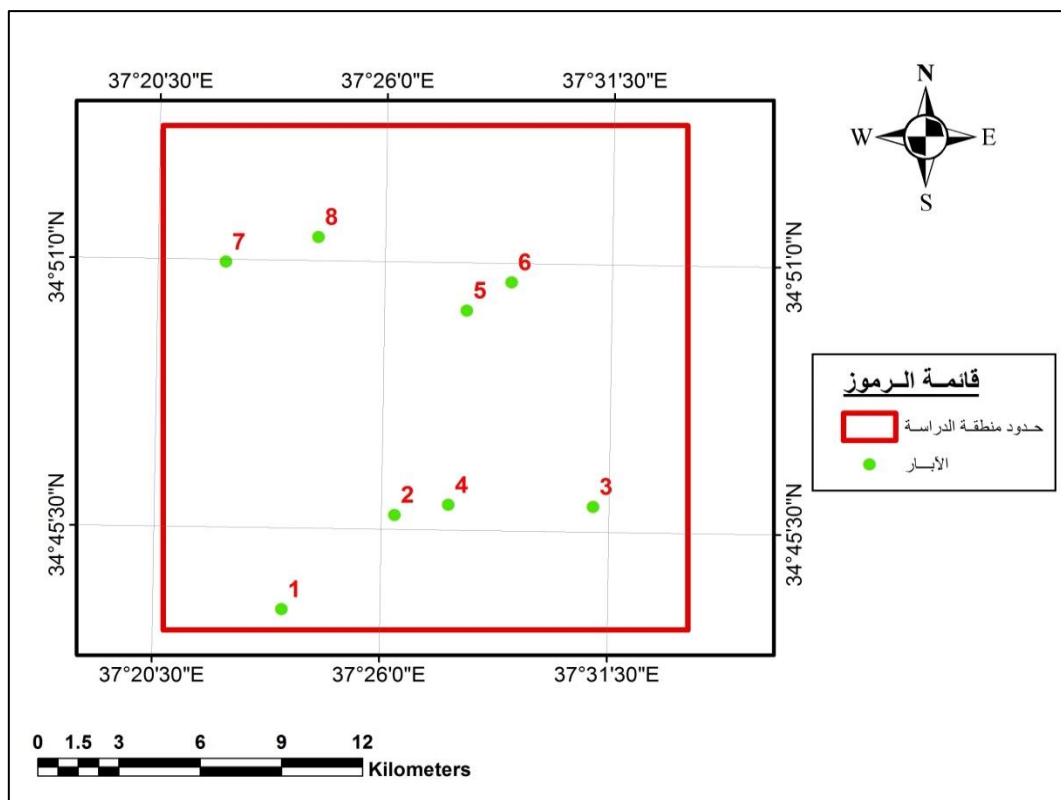
شمالاً، وخطي الطول $37^{\circ}45'$ و $37^{\circ}15'$ شرقاً.

ويبين الشكل (4-15) حدود المنطقة المدروسة مع توضيح لمواقع الآبار فيها والتي تتضمن ٨

آبار.



الشكل (٤-14): الموقع العام للحالة الدراسية الثانية في محافظة حمص



الشكل (4-15): حدود المنطقة المدروسة مع توضيح لمواقع الآبار

ويبين الجدول (٤-٢٩) توضيح لأرقام الآبار وأسمائها حسب موقعها على منطقة الدراسة.

الجدول (٤-٢٩): توضيح لأرقام الآبار وأسمائها حسب موقعها على منطقة الدراسة

رقم البئر على المنطقة	اسم البئر
١	جب جبل
٢	غنيمان
٣	العامودية
٤	الدرويشية
٥	غزير
٦	غزيلة

مزين البقر	٧
رسم الأرنب	٨

1-4-2-1 الوضع المناخي Climatic situation

يغلب على المنطقة المدروسة تأثير المناخ الجاف وتمتد في عدة مناطق استقرار (الثالثة والرابعة والخامسة)، وتقدر كمية الهطل المطري بأقل من (200 mm/year) في منطقة الاستقرار الخامسة، أما في منطقة الاستقرار الرابعة يتراوح الهطول بين (200 mm/year) وحتى (250 mm/year)، وفي منطقة الاستقرار الثالثة التي يتراوح هطولها المطري بين (250 mm/year) وحتى (300 mm/year)، كما تتوافق معدلات الهطول المنخفضة في هذه المناطق بمعدلات مرتفعة من التبخر [7].

1-4-2-2 الوضع الجيولوجي (geological situation):

إن الصخور التي تمتد على كامل سطح منطقة الدراسة يتكون تتابعها السطحي من الرباعي والنيوجين والباليوجين والكريتاسي، حيث تضم التشكيلات التالية [7]:

- الرباعي (Q): تعود صخورها للأدوار (الأوسط، الأعلى، الحديث) وتتكون من مصاطب لحقيه، حصي، حجر رملي، طمي، رمال.

- النيوجين (N): وتعود لأعمار البليوسين والميوسين الأوسط ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر رملي ومارل.

- الباليوجين (P): وتعود لأعمار الباليوسين، الأيوسين الأوسط والأعلى ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر كلسي غضاري.

- الكريتاسي (K)، وتشمل صخور:

- الكريتاسي الأوسط: حجر كلسي غضاري مع تداخلات صوان.

- الكريتاسي الأعلى: حجر كلسي، مارل.

4-1-2-3 الوضع الطبوغرافي (Topographic situation):

تتميز المنطقة من الناحية الطبوغرافية بأنها تمتد ضمن منطقة التلال السفحية للجبال التدمرية المتوسطة إلى منخفضة الارتفاع، والسطح الطبوغرافي قليل التعرج ذوميل منخفضة إلى متوسطة (على أغلب المساحة)، تتخلله بعض المرتفعات من سلسلة الجبال التدمرية حيث يتراوح الارتفاع الطبوغرافي بين (1075m) في الجنوب الشرقي، وتقع أخفض نقطة في أقصى الشمال الشرقي ويبلغ ارتفاعها (675m) عن سطح البحر كما هو مبين في نموذج الارتفاع الرقمي Dem لمنطقة الدراسة [7].

4-1-2-4 الوضع التكتوني (Tectonic situation):

استخدمت لهذه الدراسة صورة فضائية من التابع الصناعي لاندسات من نوع ETM ذات دقة تمييز مكاني (15m×15m)، حيث تمت معالجة آلية للصورة لكي تتيح إجراء كل العمليات التي تحسن الصورة الفضائية، كعمليات التصحيحات الهندسية والجغرافية والتصحيحات المتعلقة بالغلاف الجوي وعمليات تعزيز الحواف وتعزيز التباين والمط الإلكتروني وتغيير المجالات الطيفية للصورة. تمّ الحصول على الصورة المعالجة ومن ثم تمّ اقتطاع نافذة تمثل منطقة الدراسة. لقد تمت معالجة خاصة لهذه الصورة (النافذة) وذلك للحصول على مخطط توزع القسامات الخطية، والتي تأخذ اتجاه شمال غرب - جنوب شرق [10].

4-1-2-5 الوضع الهيدروجيولوجي (Hydrogeological situation):

تبين أن الحامل السطحي الأول عميق (أكثر من 100 m عن سطح الأرض)، ومن غير السهل وصول المياه السطحية له، ولكن يلاحظ أنه وخلال موسم الأمطار وبعده بفترة معينة أن

الآبار في منطقة الدراسة والعائدة للمزارعين يرتفع منسوب الماء فيها والجافة منها تعود المياه لتتشكل فيها ويمكن تفسير ذلك بوصول المياه الراشحة من المياه السطحية الناتجة عن العواصف المطرية والسيول إلى الشقوق الصخرية القريبة من السطح والتي يمكننا أن نعتبرها ممرات مائية غير دائمة (مياه شقوق)، تشابه مثيلتها السطحية (المجري المائية الموسمية)، وبالتالي المساهمة جزئياً في تغذية ما يمكننا اعتباره الحامل السطحي الأول للطبقة المائية [7].

٤-١-٢-٦ تمثيل ومعالجة وتحليل البيانات

(The use of a geographic information system in processing and analyzing data):

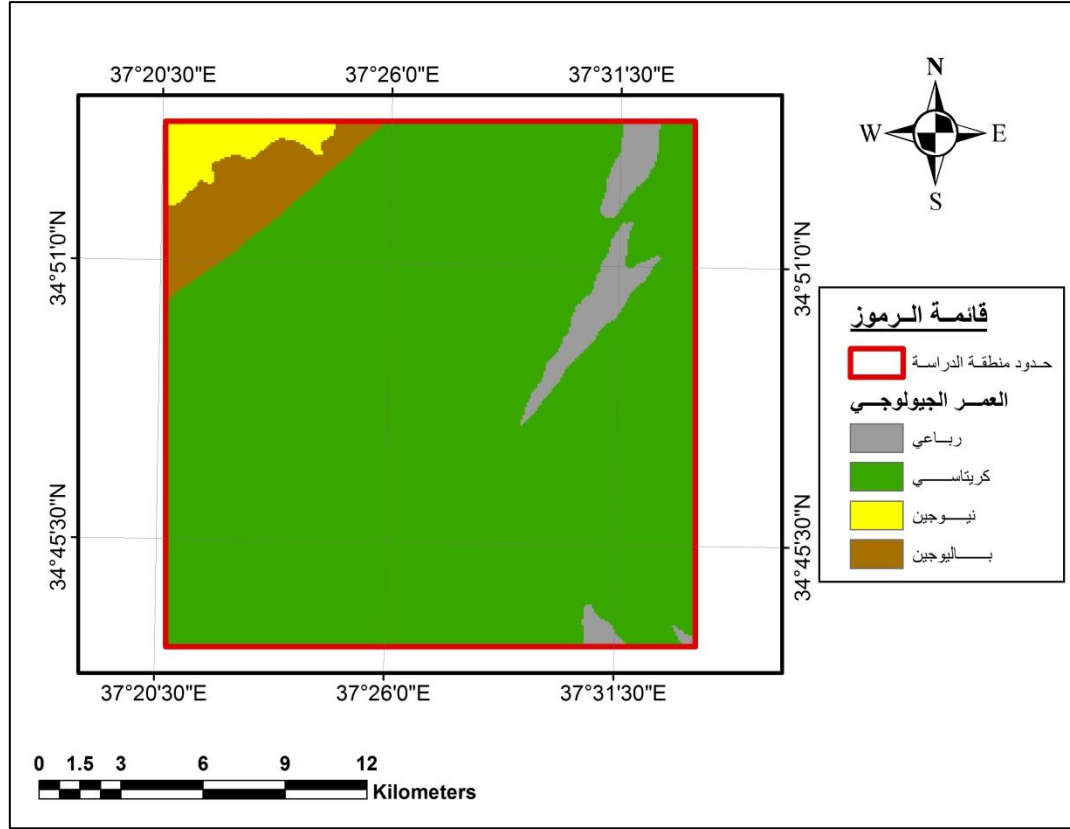
من تطبيق نظام المعلومات الجغرافية (GIS) تم الحصول على المخططات الممثلة للعوامل التي تم إدخالها في تحديد مناطق الأمل المائي وهي (الجيولوجيا، كثافة التكتونيك، الميول، المسيلات المائية، الهطول المطري) .

- الجيولوجيا (Geology):

من الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1/200000 يتبين أن الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة تعود إلى أعمار الكريتاسي والباليجين والنيوجين والرباعي (الشكل: ٤-16). حيث إن الكريتاسي K تتميز بالتوضعات التالية:

- الكريتاسي الأوسط مؤلف من حجر كلسي غضاري مع تداخلات صوان.

- الكريتاسي الأعلى مؤلف من حجر كلسي، مارل.



الشكل (٤-١٦): الخارطة الجيولوجية في منطقة الدراسة

تعود صخور توضعات الرباعي Q للأدوار (الأوسط، الأعلى، الحديث): وتتكون من مصاطب لحقية، حصى، حجر رملي، طمي، رمال.

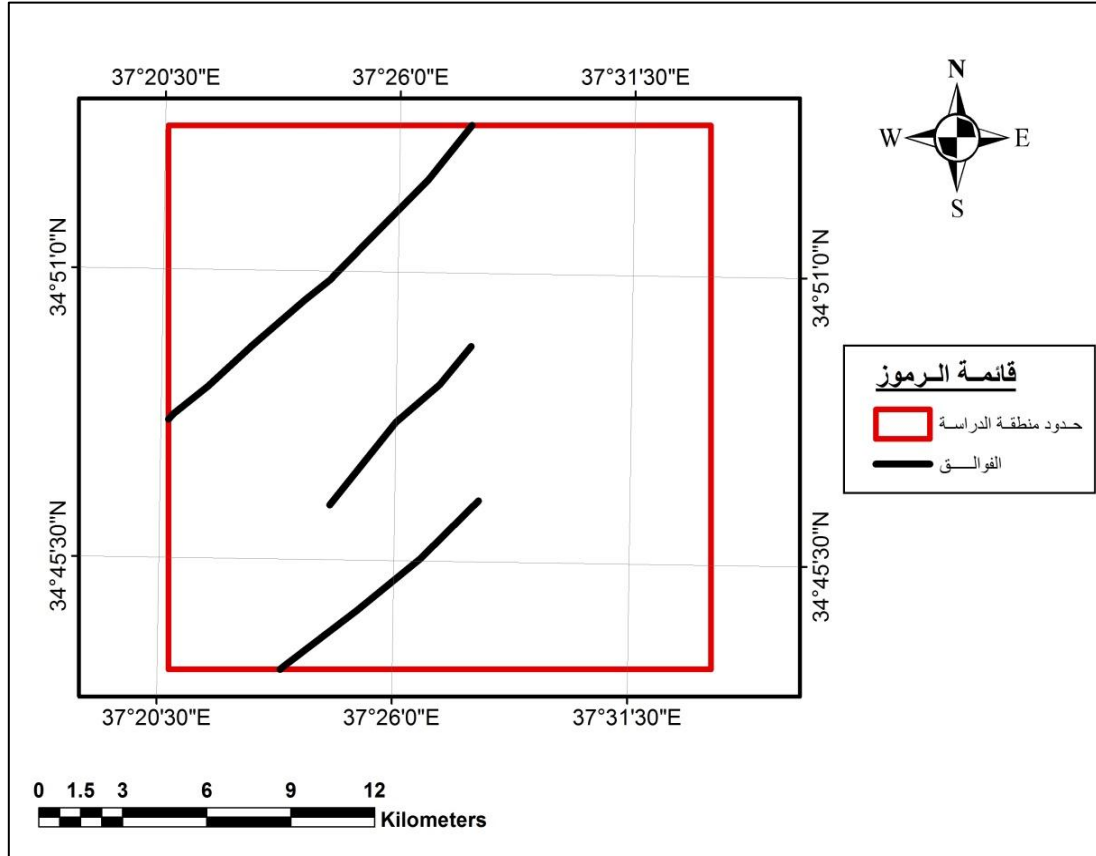
توضعات النيوجين N: وتعود لأعمار البليوسين والميوسين الأوسط ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر رملي ومارل.

توضعات الباليوجين P : وتعود لأعمار الباليوسين، الأيوسين الأوسط والأعلى ويتكون الوسط الصخري من حجر كلسي، حجر كلسي غضاري.

- الفوالق والقسمات الخطية (التكتونيك) (Faults and Lineaments):

الفوالق: ومن الخريطة الجيولوجية ذات المقياس 1/200000 تم إنشاء مخطط توزع الفوالق في منطقة الدراسة (وهي عبارة عن كسر في صخور القشرة الأرضية مصحوبة بحركة انزلاق للكتل

المتاخمة من طبقات الصخور الموجودة على جانبيه سواء كان في الاتجاه الرأسي أو الأفقي. ويحدث هذا نتيجة للضغط الشديد أو الشد الذي تسببه حركات القشرة الأرضية سواء كان تأثير هذه القوى رأسياً أم أفقياً وقد تكون فوالق عادية (حركة أفقية للكتل الصخرية) أو معكوسة (حركة شاقولية للأعلى أو الأسفل) كما يبين الشكل (4-17).



الشكل (4-17): مخطط توزيع الفوالق في منطقة الدراسة

القسمات الخطية: باستخدام صورة فضائية ETM لمنطقة الدراسة تم إنشاء مخطط القسمات الخطية كما يبين الشكل (4-18) حيث إن القسمات الخطية منتظمة التوزيع في منطقة الدراسة وتتركز في الشمال الغربي والجنوب الشرقي وتأخذ اتجاه عام شمال شرق - جنوب غرب متوافقاً مع الاتجاه العام للفوالق في سوريا. بعد تحديد القسمات الخطية في منطقة الدراسة تم إنشاء

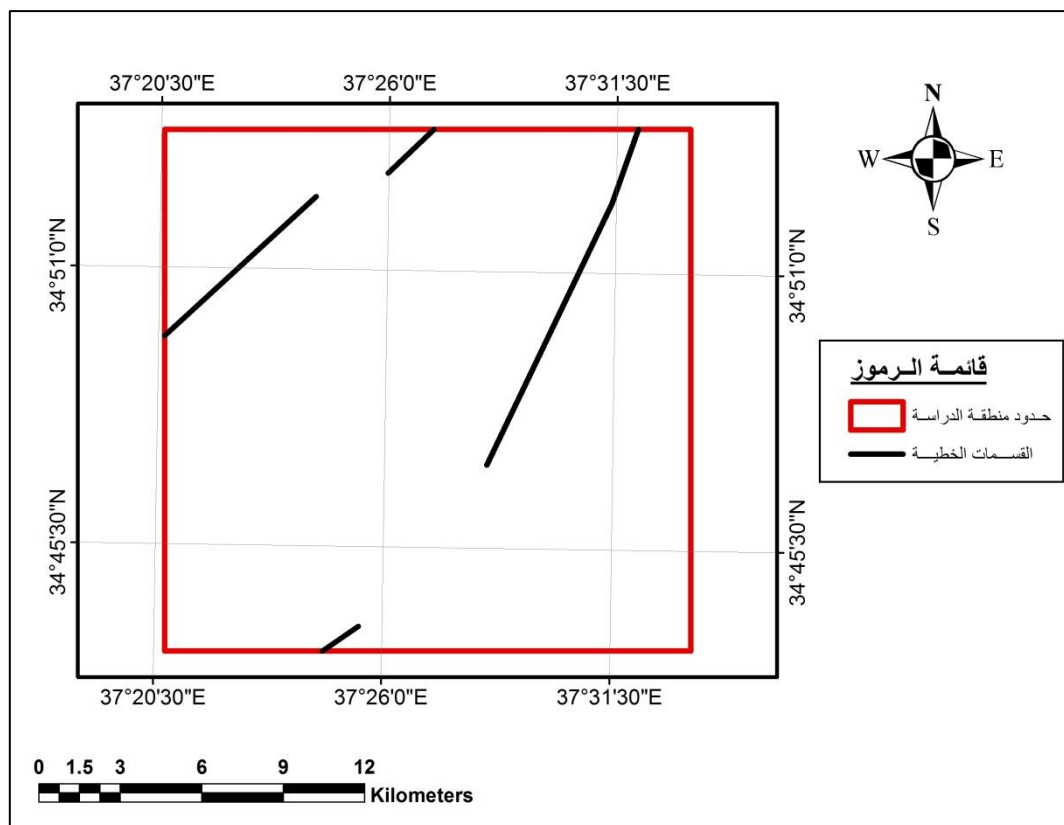
خريطة توزع القسّمات الخطية اعتماداً على أطوالها (مخطط الكثافة) كما في الشكل (4-19)، حيث يعبر عن وحدة القياس في وحدة المساحة ضمن الكيلومتر المربع.

– الميول (Slope):

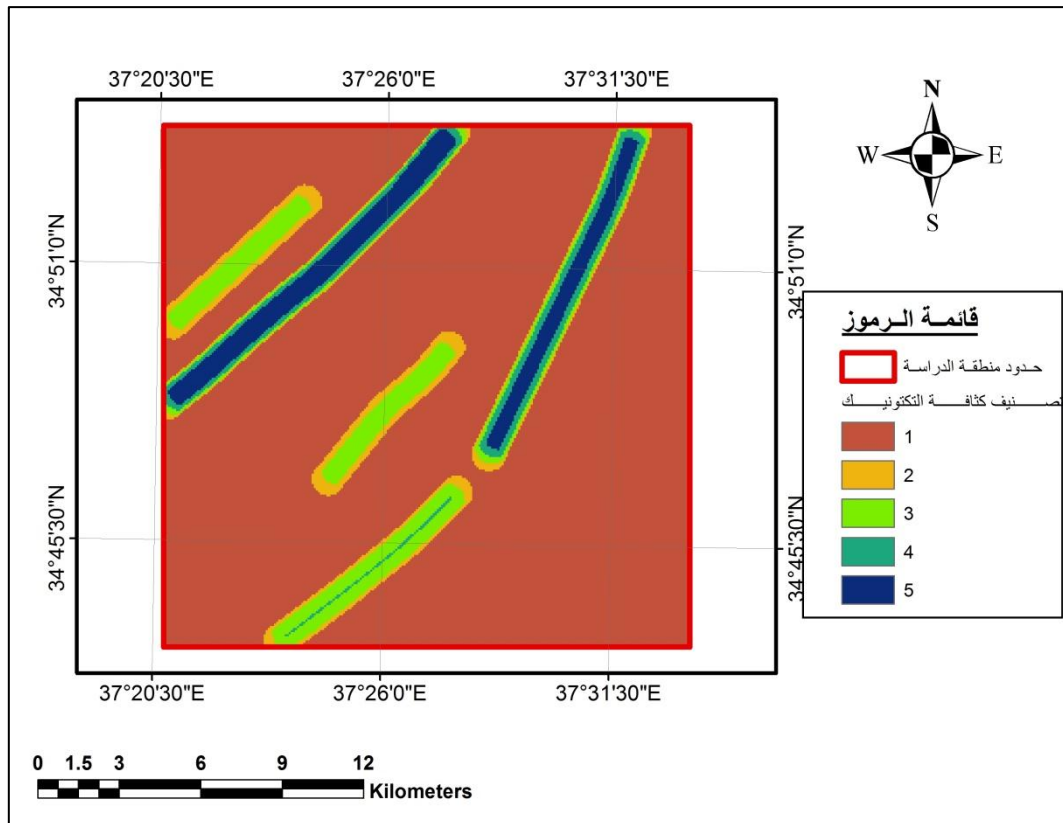
من خلال استخدام الخرائط الطبوغرافية في منطقة الدراسة تمّ إنشاء شريحة توزع الميول في منطقة الدراسة كما في الشكل (4-20) حيث الرقم 5 يشير إلى درجة الميل الأقل وتتميز أقل الميول في القسم الشمالي الغربي وفي القسم الجنوبي.

– الميولات (Drainage):

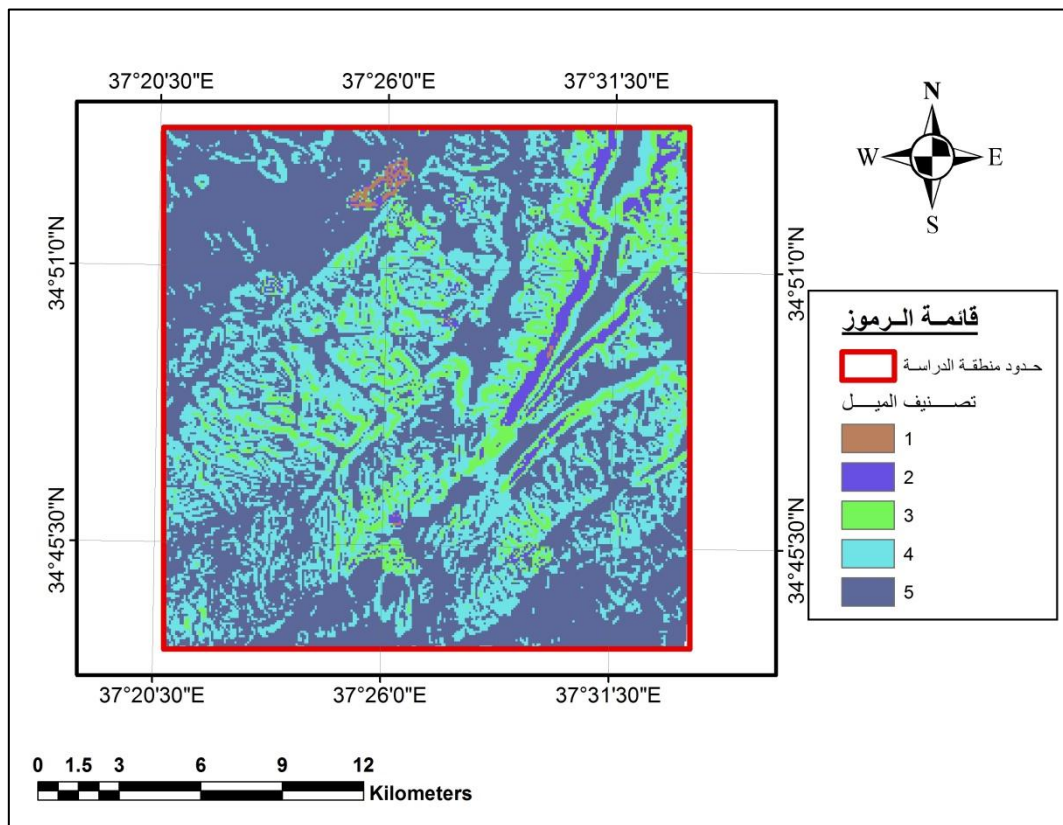
من الخريطة الطبوغرافية 1/50000 والصورة الفضائية تمّ إنشاء توزع شبكة الميولات المائية Drainage في منطقة الدراسة كما هو مبين بالشكل (4-21). حيث تتميز هذه الميولات بالتوزع المنتظم في منطقة الدراسة. ومن توزع شبكة الميولات المائية تمّ إنشاء كثافة الميولات في منطقة الدراسة وهي عبارة عن وحدة القياس في وحدة المساحة ضمن الكيلومتر المربع كما في الشكل (4-22) حيث تتركز أعلى كثافة في الشمال الشرقي .



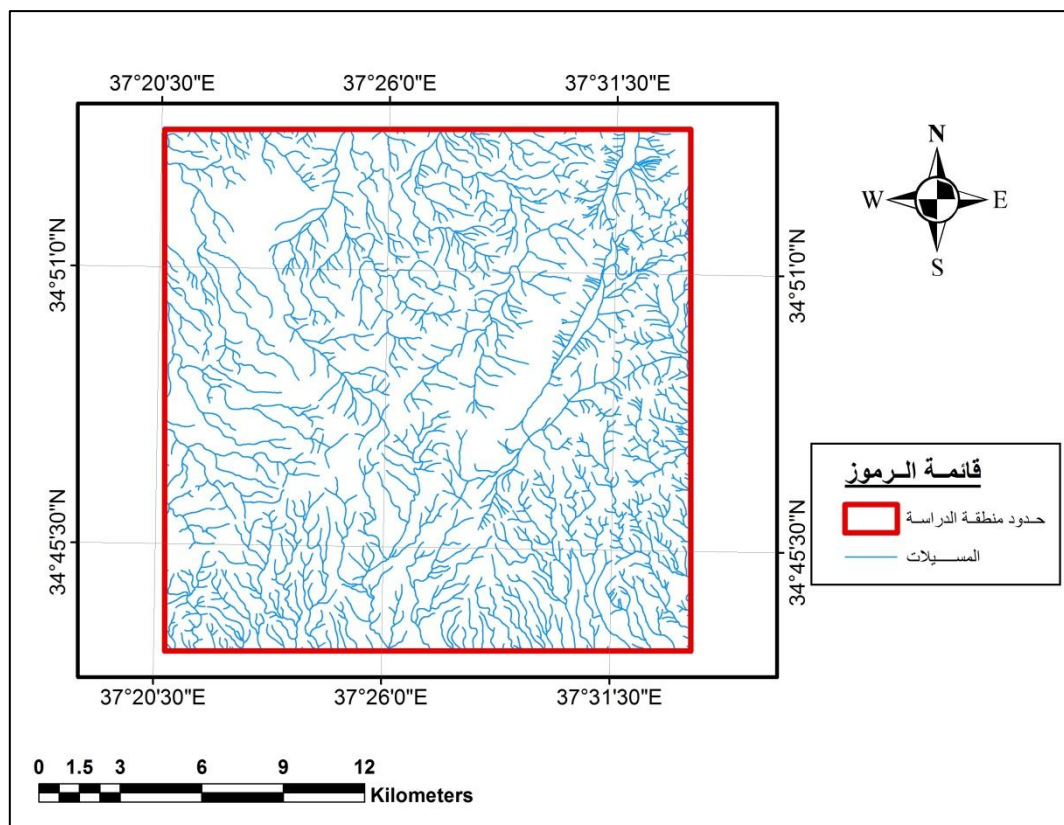
الشكل (4-18): القسمات الخطية في منطقة الدراسة



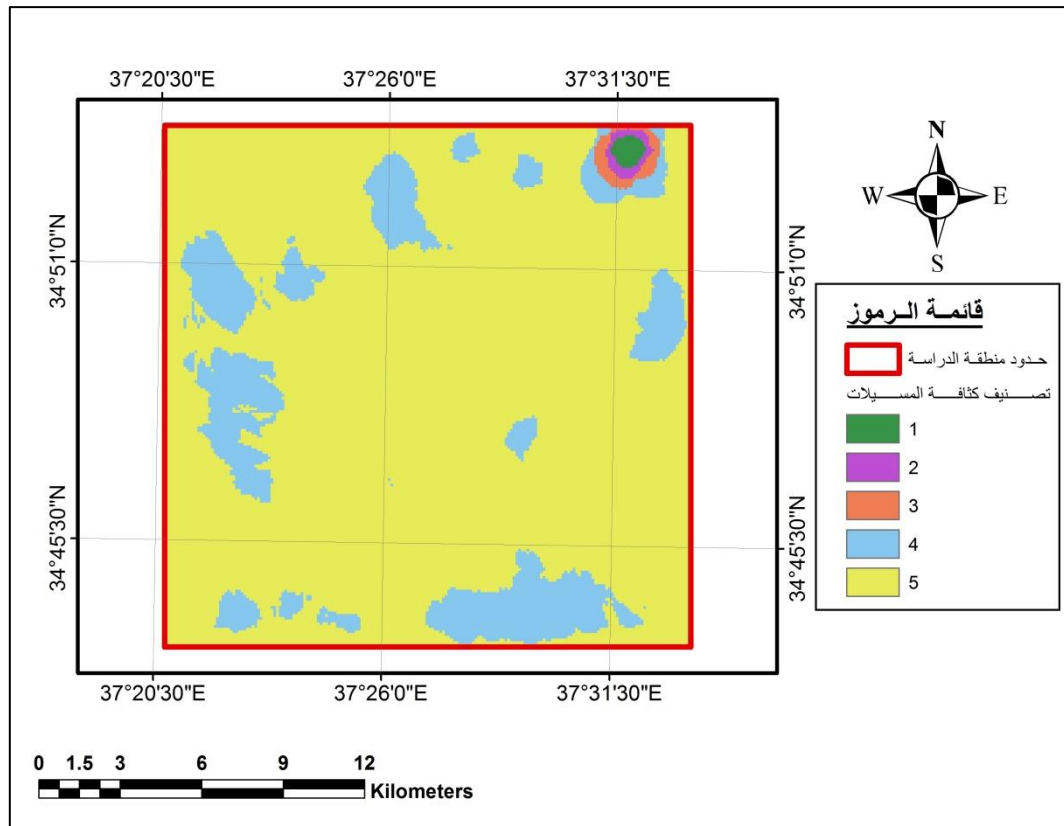
الشكل (4-19): كثافة توزيع التكتونيك في منطقة الدراسة



الشكل (4-20): توزيع الميل في منطقة الدراسة



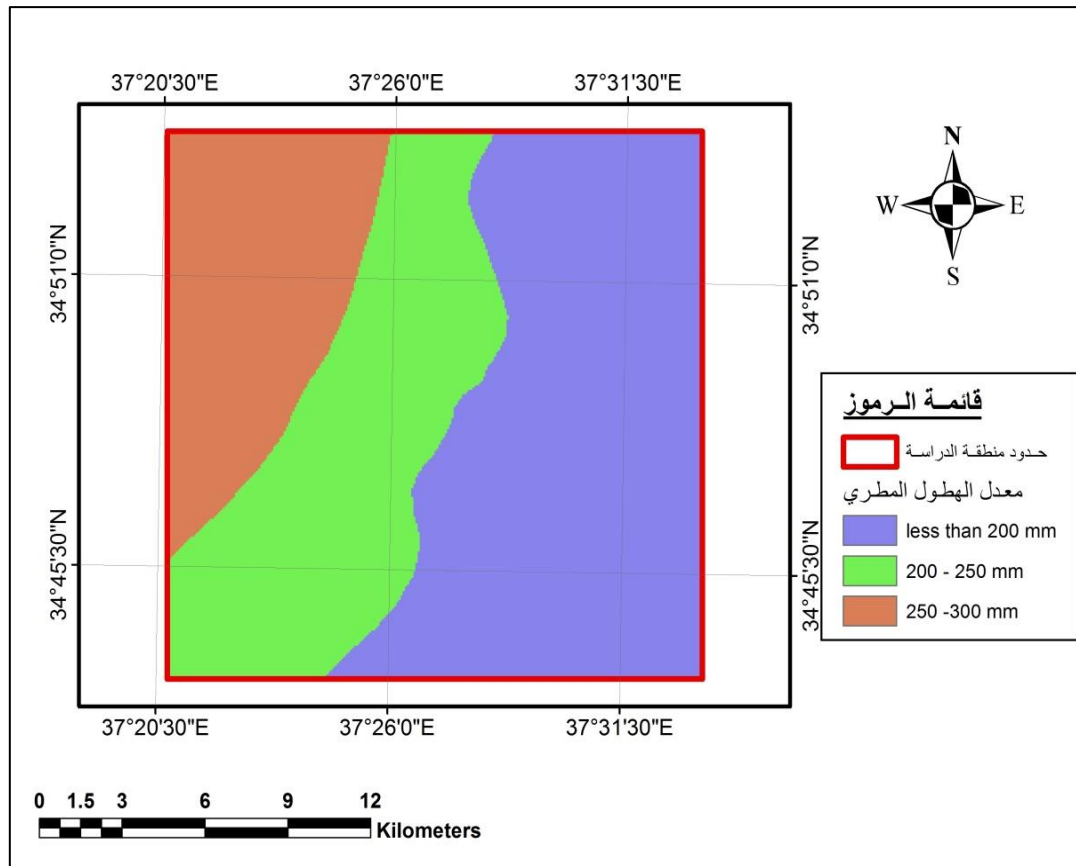
الشكل (4-21): توزيع شبكة المسيلات في منطقة الدراسة



الشكل (4-22): كثافة المسيلات في منطقة الدراسة

– الهطول المطري: Rainfall:

نلاحظ أن منطقة الدراسة ممتدة على ثلاث مناطق استقرار: الخامسة الهطول المطري السنوي أقل من (200mm) رابعة الهطول السنوي (200-250)mm، الثالثة الهطول السنوي بين (250 – 300)mm كما يبين الشكل (4-23).



الشكل (4-23): توزيع الهطول المطري في منطقة الدراسة

4-1-2-7 تثقيف العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي:

بناء على ما ورد في الفصل الثالث فإنه لتحديد قطاعات الأمل المائي لابد من تحديد الأوزان والتصنيف لكل عامل مؤثر، حيث استخدمت آراء الخبراء والمراجع لاختيار خمسة معايير فيزيائية وبالمقابل استخدمت وجهة نظر العملية التحليلية الهرمية (AHP) لتقييم التوافق بين آراء الخبراء عن طريق استخدام نسبة التطابق (CR) والتي ينبغي أن تكون أقل أو تساوي 0.1 وبالتالي تم تحديد الأوزان. التصنيف لكل معيار تم تقييمه بالمقياس (5-1) والذي تم اعتماده من قبل معظم المراجع ذات الصلة [١٠٥]. ودونت قيم المقاييس لمصفوفة التثقيف في الجداول (٤-٤-

٥٦.....٤-٣٠)

الجدول (4-30): قيم المقاييس لمصفوفة التثقيف وفق الخبراء الخمس والعشرون

المعيار عدد الخبراء	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات الخطية	المسيلات
الخبير 1	5	7	9	7	4
الخبير 2	5	7	8	7	4
الخبير 3	5	7	7	7	4
الخبير 4	5	7	9	6	4
الخبير 5	5	7	9	5	4
الخبير 6	5	7	8	6	4
الخبير 7	6	8	9	8	5
الخبير 8	6	8	9	9	5
الخبير 9	4	8	8	7	5
الخبير 10	4	7	9	7	5
الخبير 11	4	7	8	7	5
الخبير 12	4	7	9	7	6
الخبير 13	4	7	7	6	5
الخبير 14	4	7	8	6	6
الخبير 15	4	7	8	7	6
الخبير 16	4	7	9	8	6
الخبير 17	4	8	8	8	6

الخبير 18	5	7	9	8	6
الخبير 19	4	7	7	7	5
الخبير 20	4	7	8	8	5
الخبير 21	4	8	8	8	5
الخبير 22	4	7	7	9	5
الخبير 23	4	6	7	7	5
الخبير 24	4	7	7	7	6
الخبير 25	4	7	8	8	6
متوسط آراء الخبراء	4	7	8	7	5

الجدول (4-31): مصفوفة التثقيف وفق الخبير الأول

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.71	0.56	0.71	1.25
الميل	1.40	1	0.78	1	1.75
الجيولوجيا	1.80	1.29	1	1.29	2.25
القسمات	1.40	1	0.78	1	1.75
المسيلات	0.80	0.57	0.44	0.57	1
المجموع	6.40	4.57	3.55	4.57	8
الوزن	15.63	21.87	28.13	21.87	12.50
$\lambda_{\max} = 5.4186 \geq 5 \text{ ok}$, $CI = 0.10465$, $RI = 1.12$, $CR = 0.093 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-32): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
1.25	0.71	0.63	0.71	1	الهطول المطري
1.75	1	0.88	1	1.40	الميل
2	1.14	1	1.14	1.60	الجيولوجيا
1.75	1	0.88	1	1.40	القسمات
1	0.57	0.50	0.57	0.80	المسيلات
7.75	4.43	3.88	4.43	6.20	المجموع
12.90	22.58	25.80	22.58	16.13	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.3358 \geq 5$ ok , CI=0.08395, RI= 1.12 , CR= 0.075 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-33): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثالث

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
1.25	0.71	0.71	0.71	1	الهطول المطري
1.75	1	1	1	1.40	الميل
1.75	1	1	1	1.40	الجيولوجيا
1.75	1	1	1	1.40	القسمات
1	0.57	0.57	0.57	0.80	المسيلات
7.50	4.29	4.29	4.29	6	المجموع
13.32	23.34	23.34	23.34	16.66	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.271 \geq 5$ ok , CI=0.0677, RI= 1.12 , CR= 0.060 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-34): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الرابع

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
----------	---------	------------	-------	---------------	--

الهطول المطري	1	0.71	0.56	0.83	1.25
الميل	1.40	1	0.78	1.17	1.75
الجيولوجيا	1.80	1.29	1	1.50	2.25
القسمات	1.20	0.86	0.67	1	1.50
المسيلات	0.80	0.57	0.44	0.67	1
المجموع	6.20	4.43	3.45	5.17	7.75
الوزن	16.13	22.58	29.03	19.36	12.90
$\lambda_{\max} = 5.3974 \geq 5 \text{ ok}$, $CI = 0.09935$, $RI = 1.12$, $CR = 0.089 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-35): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الخامس

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.71	0.56	1	1.25
الميل	1.40	1	0.78	1.40	1.75
الجيولوجيا	1.80	1.29	1	1.80	2.25
القسمات	1	0.71	0.56	1	1.25
المسيلات	0.80	0.57	0.44	0.80	1
المجموع	6	4.28	3.33	6	7.50
الوزن	16.67	23.33	30	16.67	13.33
$\lambda_{\max} = 5.4234 \geq 5 \text{ ok}$, $CI = 0.10585$, $RI = 1.12$, $CR = 0.094 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-36): مصفوفة التثقييل وفق الخبير السادس

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.71	0.63	0.83	1.25

الميل	1.40	1	0.88	1.17	1.75
الجيولوجيا	1.60	1.14	1	1.33	2
القسمات	1.20	0.86	0.75	1	1.50
المسيلات	0.80	0.57	0.50	0.67	1
المجموع	6	4.26	3.75	5	7.50
الوزن	16.66	23.34	26.67	20	13.33
$\lambda_{\max} = 5.307 \geq 5$ ok , CI=0.07675, RI= 1.12 , CR= 0.068 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-37): مصفوفة التثقيل وفق الخبير السابع

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.75	0.67	0.75	1.20
الميل	1.33	1	0.89	1	1.60
الجيولوجيا	1.50	1.13	1	1.13	1.80
القسمات	1.33	1	0.89	1	1.60
المسيلات	0.83	0.63	0.56	0.63	1
المجموع	6	4.50	4	4.50	7.20
الوزن	16.67	22.22	25	22.22	13.89
$\lambda_{\max} = 5.24 \geq 5$ ok , CI=0.06, RI= 1.12 , CR= 0.054 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-38): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثامن

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.75	0.67	0.67	1.20
الميل	1.33	1	0.89	0.89	1.60
الجيولوجيا	1.50	1.13	1	1	1.80

القسمات	1.50	1.13	1	1	1.80
المسيلات	0.83	0.63	0.56	0.56	1
المجموع	6.17	4.63	4.11	4.11	7.40
الوزن	16.22	21.62	24.32	24.32	13.52
$\lambda_{\max} = 5.283 \geq 5$ ok , CI=0.07075, RI= 1.12 , CR= 0.063 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-39): مصفوفة التثقييل وفق الخبير التاسع

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.80	0.57	0.50	0.50	1	الهطول المطري
1.60	1.14	1	1	2	الميل
1.60	1.14	1	1	2	الجيولوجيا
1.40	1	0.88	0.88	1.75	القسمات
1	0.71	0.63	0.63	1.25	المسيلات
6.40	4.57	4	4	8	المجموع
15.62	21.88	25	25	12.50	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.3942 \geq 5$ ok , CI=0.09855, RI= 1.12 , CR= 0.089 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-40): مصفوفة التثقييل وفق الخبير العاشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.80	0.57	0.44	0.57	1	الهطول المطري
1.40	1	0.78	1	1.75	الميل
1.80	1.29	1	1.29	2.25	الجيولوجيا
1.40	1	0.78	1	1.75	القسمات
1	0.71	0.56	0.71	1.25	المسيلات

المجموع	8	4.57	3.56	4.57	6.40
الوزن	12.50	21.88	28.13	21.88	15.62
$\lambda_{\max} = 5.4196 \geq 5$ ok , CI=0.1049, RI= 1.12 , CR= 0.094 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-41): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الحادي عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.80	0.57	0.50	0.57	1	الهطول المطري
1.40	1	0.88	1	1.75	الميل
1.60	1.14	1	1.14	2	الجيولوجيا
1.40	1	0.88	1	1.75	القسمات
1	0.71	0.63	0.71	1.25	المسيلات
6.20	4.43	3.88	4.43	7.75	المجموع
16.13	22.58	25.81	22.58	12.90	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.3362 \geq 5$ ok , CI=0.08405, RI= 1.12 , CR= 0.075 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-42): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.67	0.57	0.44	0.57	1	الهطول المطري
1.17	1	0.78	1	1.75	الميل
1.50	1.29	1	1.29	2.25	الجيولوجيا
1.17	1	0.78	1	1.75	القسمات
1	0.86	0.67	0.86	1.50	المسيلات
5.50	4.71	3.67	4.71	8.25	المجموع

الوزن	12.13	21.21	27.27	21.21	18.18
$\lambda_{\max} = 5.3692 \geq 5$ ok , CI=0.0923, RI= 1.12 , CR= 0.082 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (43-4): مصفوفة التنقيط وفق الخبير الثالث عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
الهطول المطري	0.67	0.57	0.57	1	
الميل	1.67	1	1	1.75	
الجيولوجيا	1.67	1	1	1.75	
القسمات	1	0.86	0.86	1.50	
المسيلات	0.83	0.71	0.71	1.25	
المجموع	5.83	4.14	4.14	7.25	
الوزن	19.93	25.09	25.09	13.28	
$\lambda_{\max} = 5.4336 \geq 5$ ok , CI=0.1084, RI= 1.12 , CR= 0.097 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (44-4): مصفوفة التنقيط وفق الخبير الرابع عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
الهطول المطري	0.67	0.50	0.57	1	
الميل	1.17	0.86	1	1.75	
الجيولوجيا	1.33	1	1.14	2	
القسمات	1	0.75	0.86	1.50	
المسيلات	1	0.75	0.86	1.50	
المجموع	5.17	3.88	4.43	7.75	
الوزن	19.36	25.80	22.58	12.90	
$\lambda_{\max} = 5.2774 \geq 5$ ok , CI=0.06935, RI= 1.12 , CR= 0.062 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-45): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الخامس عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.67	0.57	0.50	0.57	1	الهطول المطري
1.17	1	0.88	1	1.75	الميل
1.33	1.14	1	1.14	2	الجيولوجيا
1.17	1	0.88	1	1.75	القسمات
1	0.86	0.75	0.86	1.50	المسيلات
5.33	4.57	4	4.57	8	المجموع
18.74	21.88	25	21.88	12.50	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.2952 \geq 5$ ok , CI=0.0738, RI= 1.12 , CR= 0.065 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-46): مصفوفة التثقييل وفق الخبير السادس عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.67	0.50	0.44	0.57	1	الهطول المطري
1.17	0.88	0.78	1	1.75	الميل
1.50	1.13	1	1.29	2.25	الجيولوجيا
1.33	1	0.89	1.14	2	القسمات
1	0.75	0.67	0.86	1.50	المسيلات
5.67	4.25	3.78	4.86	8.50	المجموع
17.65	23.53	26.47	20.59	11.76	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.4104 \geq 5$ ok , CI=0.1026, RI= 1.12 , CR= 0.092 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-47): مصفوفة التثقييل وفق الخبير السابع عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.67	0.50	0.50	0.50	1	الهطول المطري
1.33	1	1	1	2	الميل
1.33	1	1	1	2	الجيولوجيا
1.33	1	1	1	2	القسمات
1	0.75	0.75	0.75	1.50	المسيلات
5.67	4.25	4.25	4.25	8.50	المجموع
17.64	23.53	23.53	23.53	11.77	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.3832 \geq 5$ ok , CI=0.0958, RI= 1.12 , CR= 0.086 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-48): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثامن عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.83	0.63	0.56	0.71	1	الهطول المطري
1.17	0.88	0.78	1	1.40	الميل
1.50	1.13	1	1.29	1.80	الجيولوجيا
1.33	1	0.89	1.14	1.60	القسمات
1	0.75	0.67	0.86	1.20	المسيلات
5.83	4.38	3.89	5	7	المجموع
17.14	22.86	25.72	20	14.28	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.2196 \geq 5$ ok , CI=0.0549, RI= 1.12 , CR= 0.049 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-49): مصفوفة التثقيل وفق الخبير التاسع عشر

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.80	0.57	0.57	0.57	1	الهطول المطري

الميل	1.75	1	1	1	1.40
الجيولوجيا	1.75	1	1	1	1.40
القسمات	1.75	1	1	1	1.40
المسيلات	1.25	0.71	0.71	0.71	1
المجموع	7.50	4.29	4.29	4.29	6
الوزن	13.33	23.34	23.34	23.34	16.65
$\lambda_{\max} = 5.271 \geq 5$ ok , CI=0.06775, RI= 1.12 , CR= 0.060 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-50): مصفوفة التنقيط وفق الخبير العشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.57	0.50	0.50	0.80
الميل	1.75	1	0.88	0.88	1.40
الجيولوجيا	2	1.14	1	1	1.60
القسمات	2	1.14	1	1	1.60
المسيلات	1.25	0.71	0.63	0.63	1
المجموع	8	4.57	4	4	6.40
الوزن	12.50	21.88	25	25	15.62
$\lambda_{\max} = 5.3942 \geq 5$ ok , CI=0.09855, RI= 1.12 , CR= 0.088 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-51): مصفوفة التنقيط وفق الخبراء الحادي والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.50	0.50	0.50	0.80
الميل	2	1	1	1	1.60

الجيولوجيا	2	1	1	1	1.60
القسمات	2	1	1	1	1.60
المسيلات	1.25	0.63	0.63	0.63	1
المجموع	8.25	4.13	4.13	4.13	6.60
الوزن	12.13	24.24	24.24	24.24	15.15
$\lambda_{\max} = 5.445 \geq 5$ ok , CI=0.11125, RI= 1.12 , CR= 0.099 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-52): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.57	0.57	0.44	0.80
الميل	1.75	1	1	0.78	1.40
الجيولوجيا	1.75	1	1	0.78	1.40
القسمات	2.25	1.14	1.14	1	1.80
المسيلات	1.25	0.71	0.71	0.56	1
المجموع	8	4.43	4.43	3.56	6.40
الوزن	12.63	22.11	22.11	27.36	15.79
$\lambda_{\max} = 5.3624 \geq 5$ ok , CI=0.0906, RI= 1.12 , CR= 0.081 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-53): مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثالث والعشرون

	الهطول المطري	الميل	الجيولوجيا	القسمات	المسيلات
الهطول المطري	1	0.67	0.57	0.57	0.80
الميل	1.50	1	0.86	0.86	1.20
الجيولوجيا	1.75	1.17	1	1	1.40
القسمات	1.75	1.17	1	1	1.40

المسيلات	1.25	0.83	0.71	0.71	1
المجموع	7.25	4.83	4.14	4.14	5.80
الوزن	13.79	20.69	24.14	24.14	17.24
$\lambda_{\max} = 5.2334 \geq 5$ ok , CI=0.05835, RI= 1.12 , CR= 0.052 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-54): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الرابع والعشرون

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
الهطول المطري	0.57	0.57	0.57	1	0.67
الميل	1	1	1	1.75	1.17
الجيولوجيا	1	1	1	1.75	1.17
القسمات	1	1	1	1.75	1.17
المسيلات	0.86	0.86	0.86	1.50	1
المجموع	4.43	4.43	4.43	7.75	5.17
الوزن	22.58	22.58	22.58	12.90	19.36
$\lambda_{\max} = 5.2404 \geq 5$ ok , CI=0.0601, RI= 1.12 , CR= 0.054 $\leq 0.1 \rightarrow$ ok					

الجدول (4-55): مصفوفة التثقييل وفق الخبير الخامس والعشرون

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
الهطول المطري	0.50	0.50	0.57	1	0.67
الميل	0.88	0.88	1	1.75	1.17
الجيولوجيا	1	1	1.14	2	1.33
القسمات	1	1	1.14	2	1.33
المسيلات	0.75	0.75	0.86	1.50	1
المجموع	4.13	4.13	4.71	8.25	5.50

الوزن	12.13	21.21	24.24	24.24	18.18
$\lambda_{\max} = 5.3428 \geq 5 \text{ ok}$, $CI = 0.0857$, $RI = 1.12$, $CR = 0.077 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

الجدول (4-56): مصفوفة التثقييل وفق متوسط آراء الخبراء

المسيلات	القسمات	الجيولوجيا	الميل	الهطول المطري	
0.80	0.57	0.50	0.57	1	الهطول المطري
1.40	1	0.88	1	1.75	الميل
1.60	1.14	1	1.14	2	الجيولوجيا
1.40	1	0.88	1	1.75	القسمات
1	0.71	0.63	0.71	1.25	المسيلات
6.20	4.43	3.88	4.43	7.75	المجموع
16.13	22.58	25.81	22.58	12.90	الوزن
$\lambda_{\max} = 5.3362 \geq 5 \text{ ok}$, $CI = 0.08405$, $RI = 1.12$, $CR = 0.075 \leq 0.1 \rightarrow \text{ok}$					

عند تطبيق أداة التثقييل في برنامج GIS التي تم الحصول عليها بناء على النموذج الرياضي في الفصل الثالث من أجل الحالة الدراسية الثانية وفق متوسط آراء الخبراء نحصل على الشكل (4-24) والشكل (4-25). نلاحظ من الشكل (4-25) أنه يتم الحصول على قيمة لدليل التطابق (CI) بحيث تتكون مصفوفة التثقييل متناسقة بشكل كاف وهذا يتم عندما $\lambda_{\max} = n$ أي عندما $CI = 0$ أما وفق الطريقة الحسابية المبينة بالجدول (4-56) لا نحصل على مصفوفة تثقييل متناسقة بشكل كاف حيث $\lambda_{\max} \geq n$. مما ينتج عنه $CI \approx 0$ ، وبالتالي نلاحظ من الشكل (4-25) أن: $CI = 0.000131$ بينما من الجدول (4-25) $CI = 0.08405$ ، كما أن قيم الأوزان الناتجة للعوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي وفق النموذج البرمجي كانت قريبة جداً من قيم الأوزان

النتيجة وفق الطريقة الحسابية وذلك من أجل مصفوفة التثقيل لمتوسط آراء الخبراء من أجل الحالة الدراسية الثانية . حيث نلاحظ من الجدول (٤-٥٦) أن قيم الأوزان الناتجة هي :

الهطول المطري: % ١٢.٩٠ ، الميل: % ٢٢.٥٨ ، الجيولوجيا: % ٢٥.٨١ ، القسّمات والقوق: % ٢٢.٥٨ ، المسيلات : % ١٦.١٣ . بينما نلاحظ من الجدول (٤-٢٨) أن قيم الأوزان وفق النموذج البرمجي هي:

الهطول المطري: % ١٢.٨٩٠٤ ، الميل: % ٢٢.٦٠٦٥ ، الجيولوجيا: % ٢٥.٧٨٠٧ ، القسّمات والقوق: % ٢٢.٦٠٦٥ ، المسيلات : % ١٦.١١٦ .

تمّ إدراج بقية المصفوفات الناتجة عن آراء الخبراء عند تطبيق أداة التثقيل في برنامج GIS في الملحق (٢).

OBJECTID *	LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage
1	Rainfall	1	0.57	0.5	0.57	0.8
2	Slope	1.75	1	0.88	1	1.4
3	Geology	2	1.14	1	1.14	1.6
4	Faults_lineaments	1.75	1	0.88	1	1.4
5	Drainage	1.25	0.71	0.63	0.71	1

الشكل (4-24): مصفوفة التثقيل وفق متوسط آراء الخبراء

OBJECTID *	LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
1	Rainfall	1	0.57	0.5	0.57	0.8	0.128904	0.000131-	1.1	0.000117-	The matrix is considered to be consistent enough.
2	Slope	1.75	1	0.88	1	1.4	0.226065	0.000131-	1.1	0.000117-	The matrix is considered to be consistent enough.
3	Geology	2	1.14	1	1.14	1.6	0.257807	0.000131-	1.1	0.000117-	The matrix is considered to be consistent enough.
4	Faults_lineaments	1.75	1	0.88	1	1.4	0.226065	0.000131-	1.1	0.000117-	The matrix is considered to be consistent enough.
5	Drainage	1.25	0.71	0.63	0.71	1	0.16116	0.000131-	1.1	0.000117-	The matrix is considered to be consistent enough.

الشكل (25-4): مصفوفة التثقيل بعد الحصول على الأوزان النهائية ودليل التطابق ونسبة التطابق

4- 1- 2- 8 تحديد قطاعات الأمل المائي (المواقع المحتملة لتواجد المياه الجوفية)

(Calculation of the distribution of potential water sectors):

من خلال تطبيق الأوزان المستخلصة من طريقة (AHP) والتي حصلنا عليها من النموذج البرمجي المبين بالشكل (٢٥-٤) على الشرائح والمخططات في نظام المعلومات الجغرافية (GIS) (كثافة فوالق وقسمات، كثافة المسيلات، الجيولوجيا، الميول، الهطول المطري) تم الحصول على المخطط النهائي لتوزيع قطاعات الأمل المائي في منطقة الدراسة وذلك باستخدام تقنية التركيب الخطي الموزون (WLC) من خلال المعادلة التالية [57]:

$$S_i = (R_w \cdot R_r) + (SL_w \cdot SL_r) + (LD_w \cdot LD_r) + (DD_w \cdot DD_r) + (G_w \cdot G_r) \quad (1-4)$$

حيث: W: يمثل وزن كل معيار (Weight)، والذي تم الحصول عليه من الشكل (٢٥-٤)

r: يمثل التصنيف (Rank) لكل معيار، وقد تم اعتماد التصنيف (١-٥) حيث الرقم (٥)

يعطى للمعيار الأكثر أهمية في تحديد قطاعات الأمل المائي، بينما (١) يعطى للمعيار الأقل أهمية.

(R): الهطول،

(SL): الميل،

(LD): كثافة القسّمات الخطية،

(DD): كثافة المسيلات،

(G): الجيولوجيا،

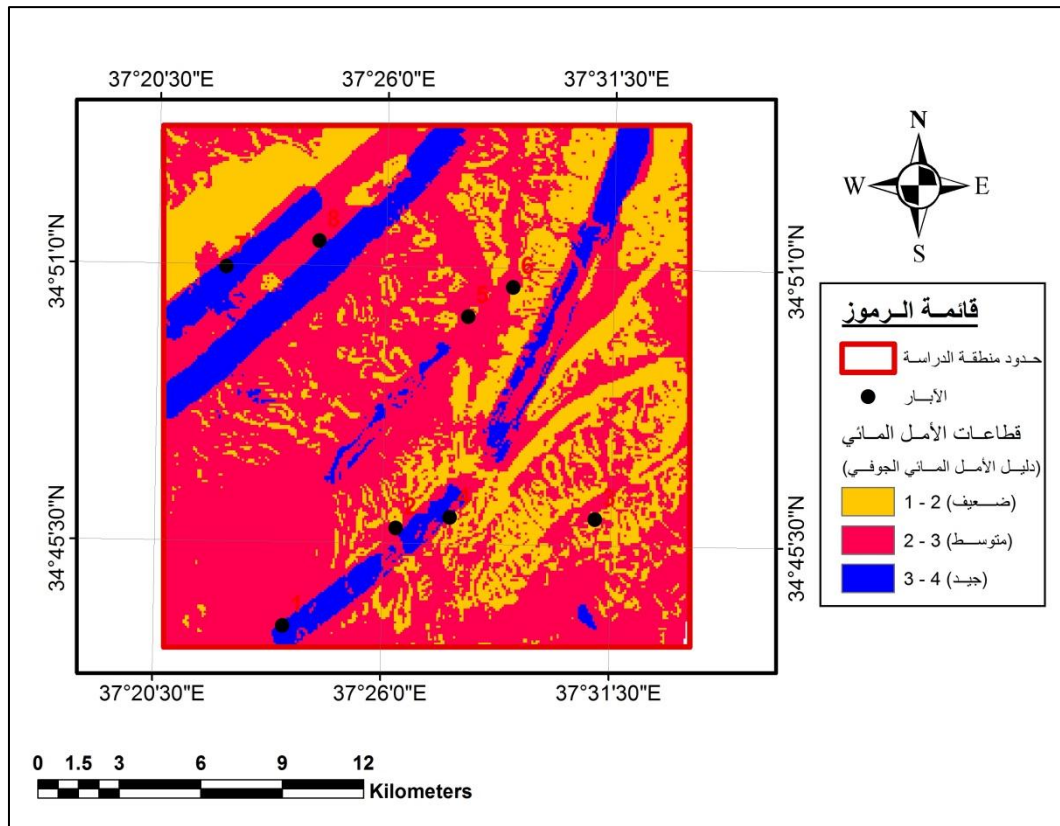
(Si): رقم لا بعدي (دليل الأمل المائي).

حيث تمّ الحصول على ثلاثة قطاعات للأمل المائي الجوفي كما هو مبين بالشكل (4-26) وهي:

1- قطاع ذو مأمولية جيدة (القطاع الأول)

2- قطاع ذو مأمولية متوسطة (القطاع الثاني)

3- قطاع ذو مأمولية ضعيفة (القطاع الثالث)

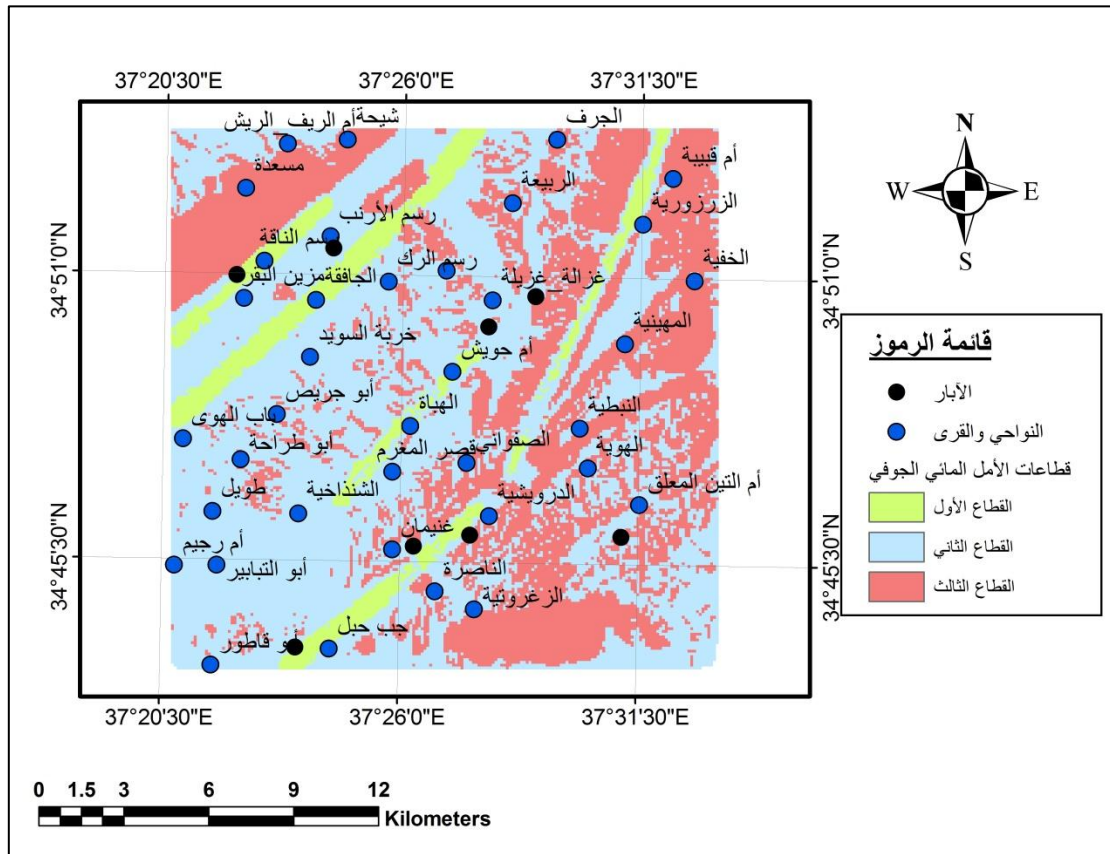


الشكل (4-26): قطاعات الأمل المائي في المنطقة المدروسة

بمقارنة التوزيع الفعلي للآبار في المنطقة المدروسة مع قطاعات الأمل المائي التي حددها البرنامج يتبين أن (2) من الآبار تتوزع في القطاع الأول ذو المأمولية الجيدة الذي يتركز في الجزء الشمالي الغربي من منطقة الدراسة وقسم آخر في جنوب منطقة الدراسة حيث تكون معدلات الأمطار جيدة (250-300mm) وتتكشف فيها صخور الكريتاسي ذات الطبيعة الكلسية المشققة والنفوذية الجيدة، كما يمتاز هذا القطاع بميول تضاريسية منخفضة وكثافة مسيلات منخفضة مما يساعد على تغذية الطبقة الحاملة، كما نلاحظ أن الفوالق تتركز في هذا القطاع مما يوضح دورها في تغذيته. بينما يتبين أن (6) آبار تتوزع في القطاع الثاني ذو المأمولية المائية المتوسطة حيث يشغل مساحات واسعة من منطقة الدراسة ويتركز في الجزء الجنوبي الغربي حيث تتراوح معدلات الأمطار بين (200-250 mm) وتتكشف صخور الكريتاسي في القسم الأكبر من هذا القطاع، بينما تغطي صخور الرباعي والنيوجين أجزاء صغيرة منه، تتراوح الميول في أغلب أجزاء هذا القطاع من

منخفضة إلى متوسطة، بينما الميول المرتفعة تتم ملاحظتها في أجزاء صغيرة من القسم الشرقي من القطاع، وكثافة المسيلات متوسطة، في حين لا يوجد أي بئر في القطاع الثالث ذو المأمولية المائية الضعيفة مما يؤكد منطقية التحليل .

ومن خلال استخدام بناء النماذج في برنامج نظام المعلومات الجغرافية Modelbuilder تمّ الحصول مخطط توزيع قطاعات الأمل المائي الجوفي وفقاً للحالة الدراسية الثانية كما هو مبين بالشكل (٤-27) حيث نلاحظ وجود تطابق بين هذا الشكل والشكل (٤-26) السابق.



الشكل (٤-٢٧): قطاعات الأمل المائي في المنطقة المدروسة وفق Modelbuilder

يتبين مما سبق بتطبيق طريقة التحليل الهرمي وتشكيل مصفوفات المقارنة المزدوجة وفق آراء الخبراء للحالتين الدراسيتين أن قيم الأوزان الناتجة للعوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي متقاربة جداً مع قيم الأوزان التي تمّ الحصول عليها عند تطبيق أداة التنقيط في بيئة

برنامج نظام المعلومات الجغرافية والتي تمّ الحصول عليها بناء على النموذج الرياضي، وقد تمّ تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي في الحالتين الدراسيتين من خلال تطبيق هذه الأوزان المستخلصة على الشرائح والمخططات باستخدام تقنيات برنامج نظام المعلومات الجغرافية حيث قسمت من حيث ملاءمتها للمأمولية المائية إلى ثلاثة قطاعات (جيدة، متوسطة، ضعيفة).

الفصل الخامس

تحليل وتفسير النتائج

1-5- التحقق العملي من النتائج باستخدام التحليل المكاني في GIS:

practical verification of results by Using spatial analysis in GIS

استخدمنا تقنيات التحليل المكاني وفق ما ورد في الفصل الثالث وذلك من أجل الحاليتين

الدراسيتين الأولى والثانية ونتج لدينا ما يلي :

٥-١-١- الحالة الدراسية الأولى: First case study

5-1-1-1- حالة توفر بيانات خاصة بالآبار : When data for wells are available

تقيدنا هذه الحالة في التحقق من دقة النتائج التي تم الحصول عليها بالمقارنة مع البيانات

المقاسة (الغزارة والمنسوب الستاتيكي) للآبار الموضحة بالشكل (٤-٢) والجدول (٤-١) في

الفصل الرابع. حيث تم إجراء الاستيفاء المكاني باستخدام بيانات الآبار المتوفرة (الغزارة، المنسوب

الستاتيكي) بطريقتي IDW, Kriging . ويبين الجدول (٥-١) قيم الغزارة والمنسوب الستاتيكي

وعمق الطبقة الحاملة للآبار الموجودة في الحالة الدراسية الأولى.

الجدول (1-5): قيم الغزارة والمنسوب الستاتيكي وعمق الطبقة الحاملة للآبار

رقم البئر	اسم البئر	قيمة الغزارة المقاسة (l/s)	قيمة المنسوب الستاتيكي المقاس (m)	عمق الطبقة الحاملة (m)
1	CH2	12.08	833.8	652
2	CH1	10	703.3	662
3	CH6	10.3	718.9	560
4	CH5	27.15	781.77	355
5	الديبة	31	645	255
6	المدينة الصناعية	52	566	542

تتمة الجدول (1-5):

رقم البئر	اسم البئر	قيمة الغزارة المقاسة (l/s)	قيمة المنسوب الستاتيكي المقاس (m)	عمق الطبقة الحاملة (m)
7	مدينة صناعية 2	55	551	518
8	مدينة صناعية 4	41	563	465
9	مدينة صناعية 3	43	558	435
10	البريج	45	555	300
11	النزارية	46	545	150
12	CH4	52.35	546.5	400

160	546	71	العبودية	13
274	552	47	المعمورة	14
236	554	50	جنر	15
250	541	104	دحيريج ^٣	16
205	569	135	دحيريج	17
250	548	93	دحيريج ^٦	18
250	536	116	دحيريج ^٢	19
250	550	130	دحيريج ^٧	20
176	387	125	دحيريج ^٥	21
180	536	122	دحيريج ^٤	22

تتمة الجدول (1-5):

رقم البئر	اسم البئر	قيمة الغزارة المقاسة (l/s)	قيمة المنسوب الستاتيكي المقاس (m)	عمق الطبقة الحاملة (m)
23	شمسين	85	543	225
24	الضبعة	28	515	130
25	الضبعة ^٢	20	482	250
26	تل النبي مندو	41	497	150
27	الحسينية	90	538	270

70	498	40	عرجون	28
----	-----	----	-------	----

يبين الشكل (٥-١) حسب الدليل اللوني لقيم الغزارات أن هذه الغزارات تتراوح في القطاع الأول بين

(4.59-173 L/S) حيث تشكل الغزارات ذات القيم (38.4-72 L/S) القسم الأكبر من مساحة هذا

القطاع بينما تليها من حيث المساحة الغزارات ذات القيم (4.59-38.2 L/S).

بينما القطاع الثاني تتراوح فيه قيم الغزارات أيضاً ضمن المجال (4.59 - 173 L/S) حيث تشكل

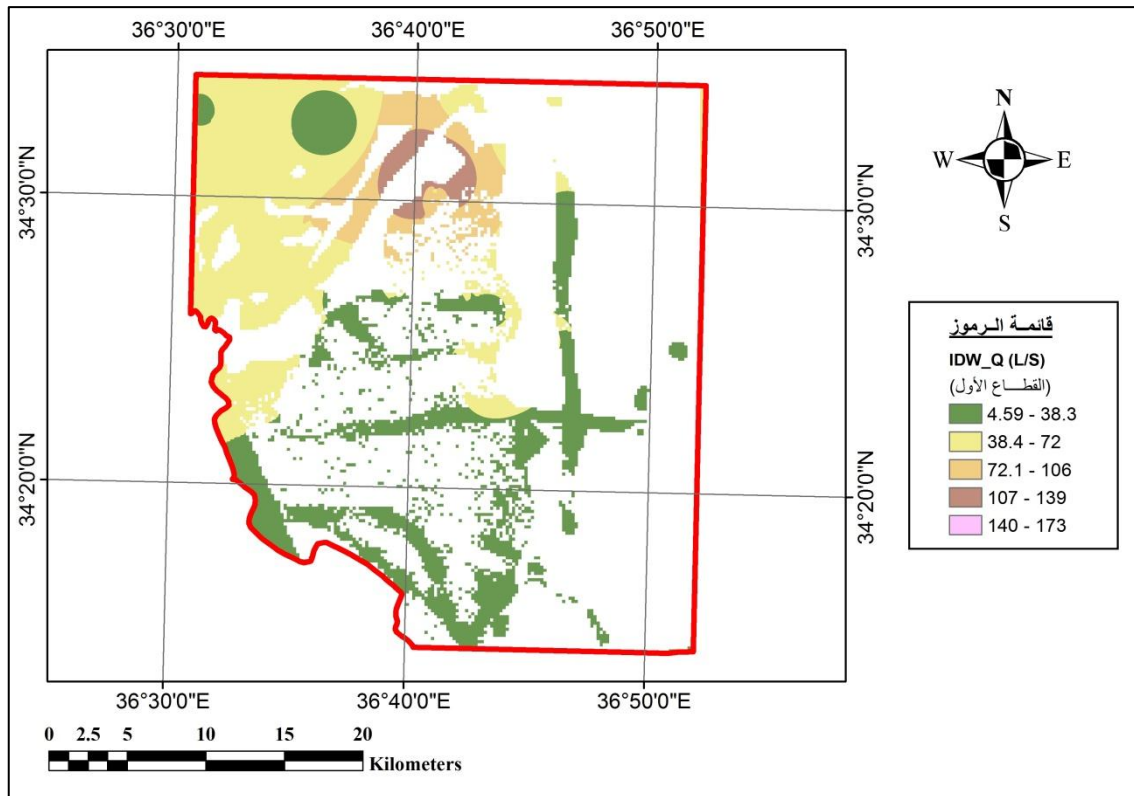
الغزارات ذات القيم (4.59-38.2 L/S) القسم الأكبر من مساحة هذا القطاع ثم تليها القيم

(38.4-72 L/S) كما هو مبين في الشكل (٥-٢). بينما القطاع الثالث فتتراوح قيم الغزارات فيه

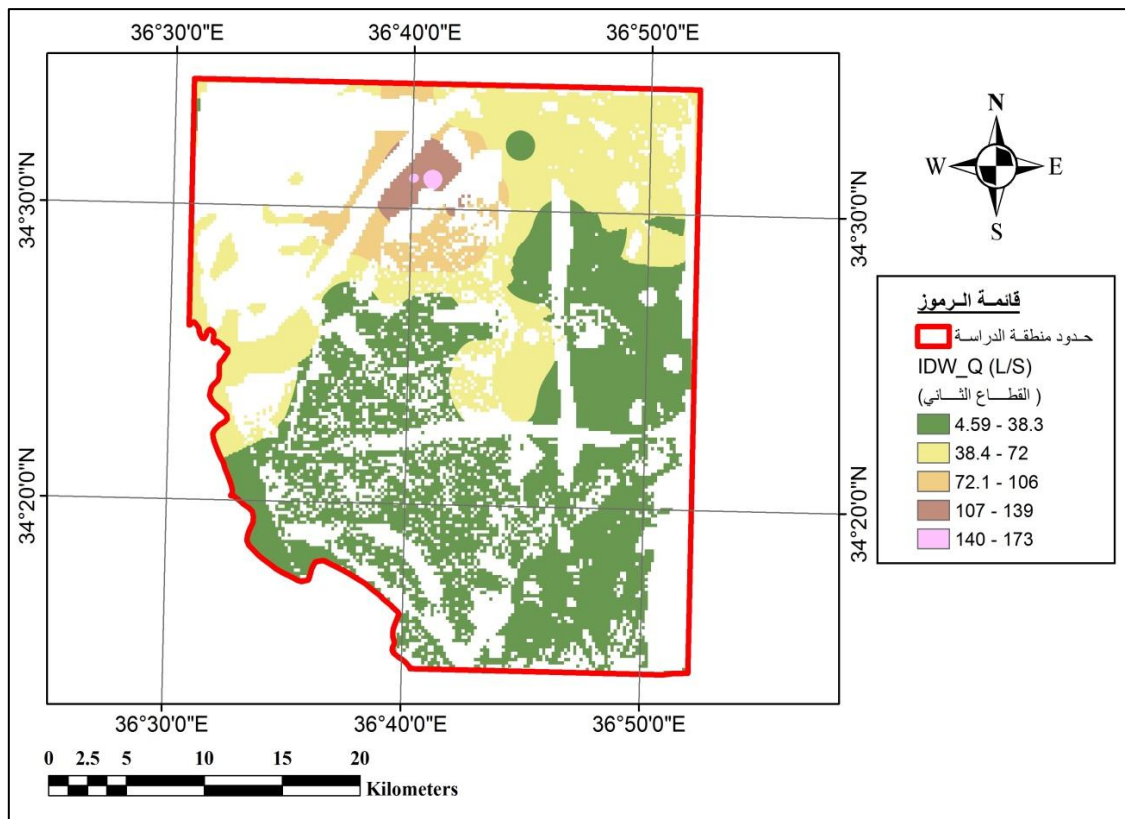
(4.59-72 L/S) حيث تشكل الغزارات ذات القيم (4.59-38.2 L/S) القسم الأكبر من مساحة

هذا القطاع وبمساحة أقل مقارنة بالقطاع الثاني كما هو مبين في الشكل (٥-٣) وهذا ما يؤكد

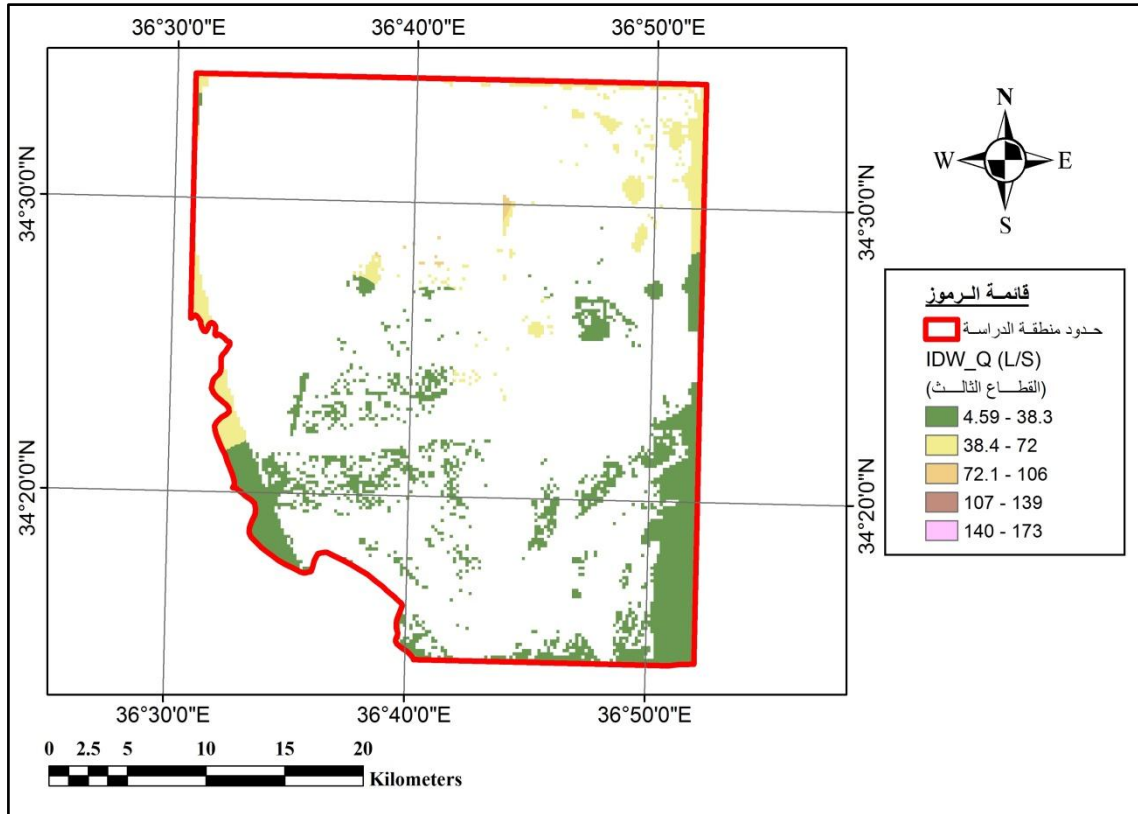
منطقية التحليل.



الشكل (٥-١): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الأول بطريقة IDW



الشكل (٥-٢): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثاني بطريقة IDW



الشكل (٣-٥): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثالث بطريقة IDW

نلاحظ من الشكل (٤-٥) حسب الدليل اللوني أن قيم المنسوب الستاتيكي في القطاع الأول تتراوح بين (395.56-833.97 m) حيث القسم الأكبر من هذا القطاع تتراوح فيه القيم (395.56-525.98 m) ثم تليها القيم (525.99-593.3 m).

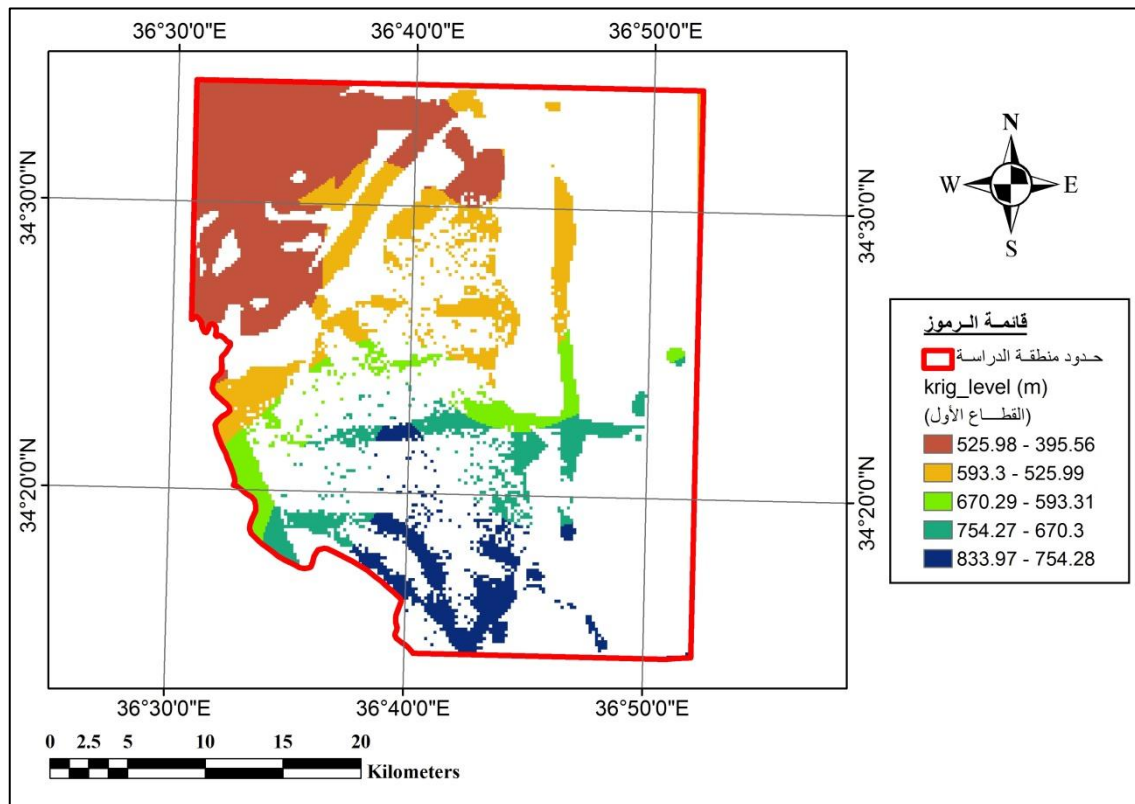
بينما نلاحظ من الشكل (٥-٥) أن القطاع الثاني تتراوح قيم المنسوب الستاتيكي فيه (395.56-833.97m) وتشكل قيم المنسوب الستاتيكي (525.99-593.3m) المساحة الأكبر ثم تليها من حيث المساحة (670.3-754.27m).

في حين أن القطاع الثالث فتترواح قيم المنسوب الستاتيكي فيه (359.56-833.97m) كما يبين

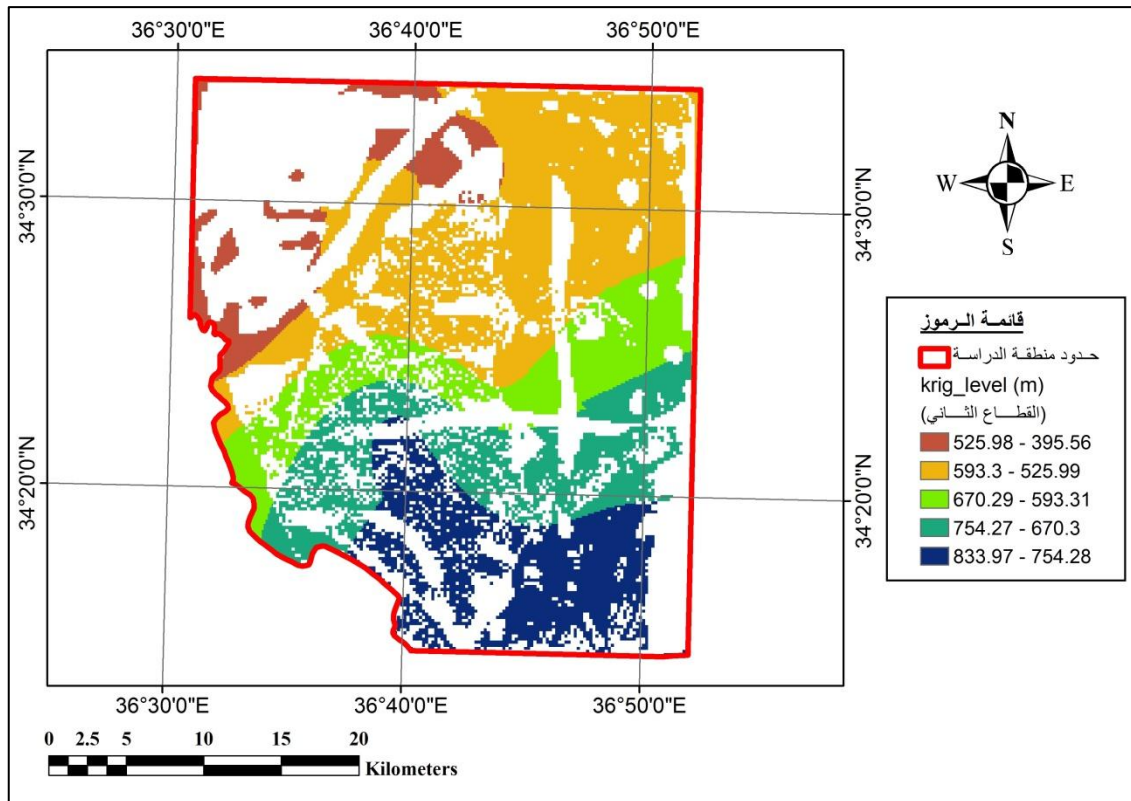
الشكل (٥-٦) حيث تشكل القيم (670.3-754.27) المساحة الأكبر من هذا القطاع تليها من

حيث المنسوب (754.27-833.97m) وهذا يؤكد منطقية التحليل (توزع قطاعات الأمل المائي

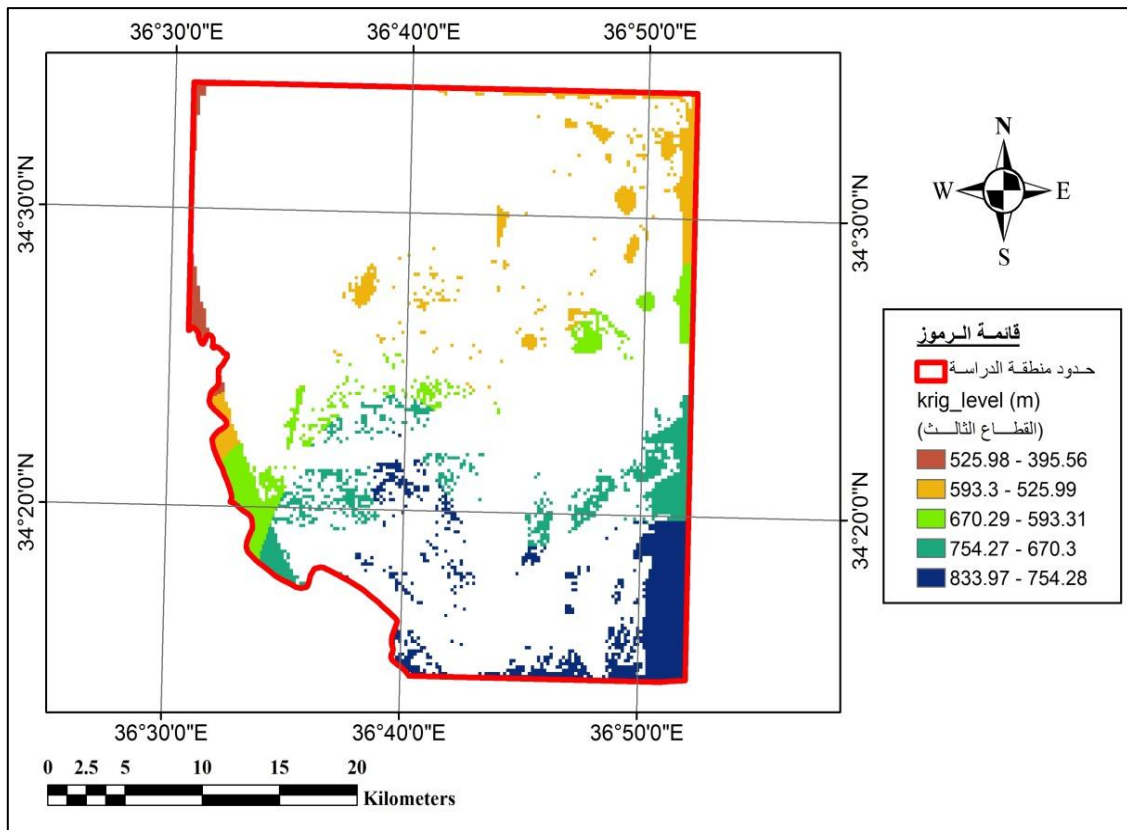
الجوفي).



الشكل (٥-٤): توزع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الأول بطريقة Kriging



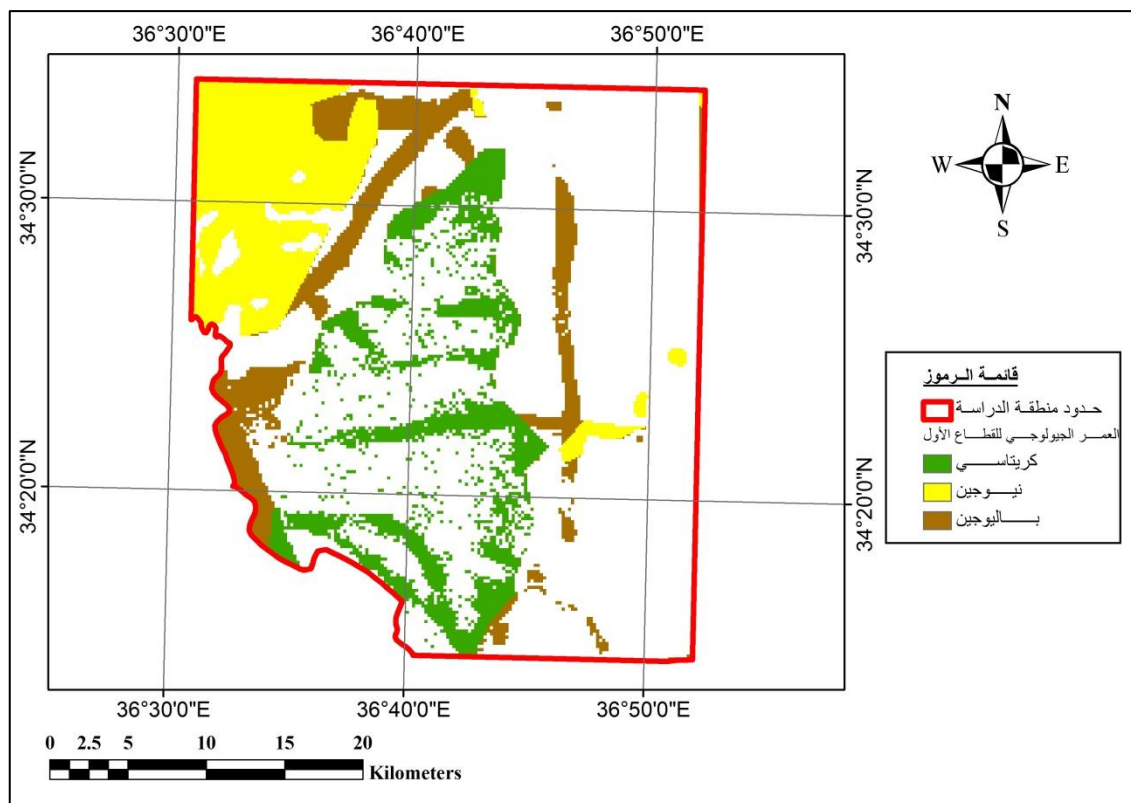
الشكل (5-5): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثاني بطريقة Krigging



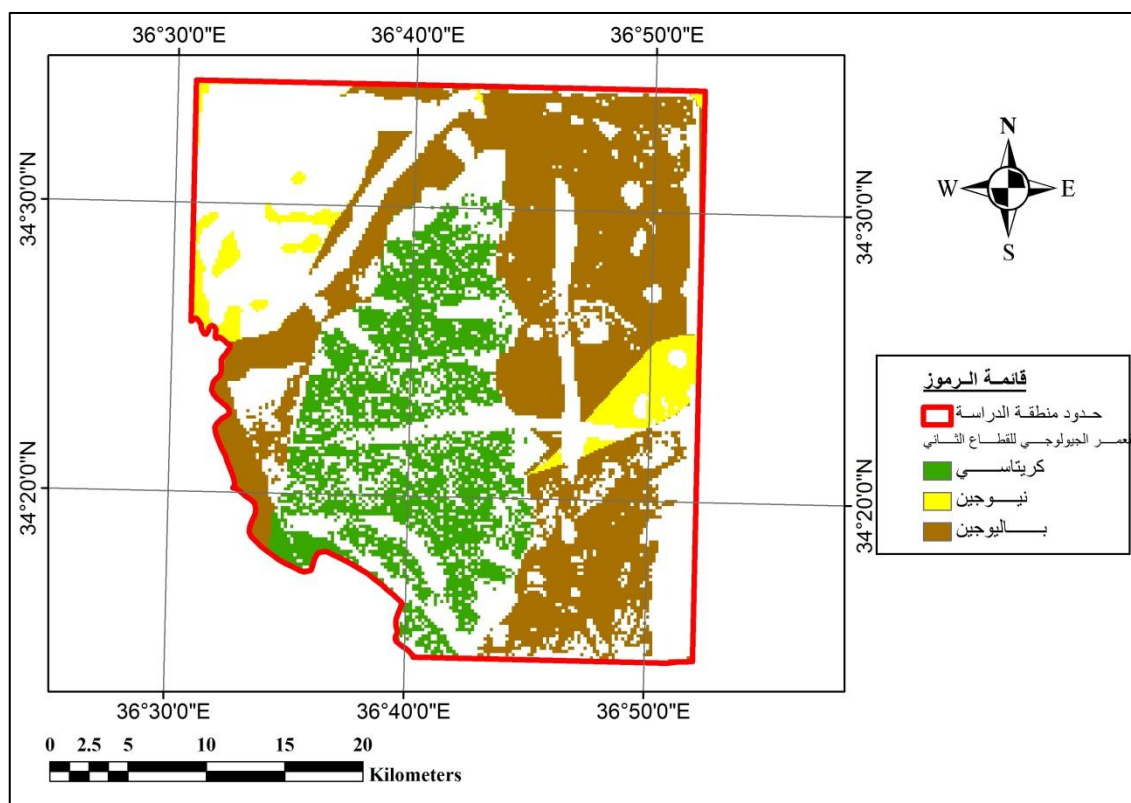
الشكل (5-6): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثالث بطريقة Krigging

5-1-1-2 - حالة عدم توفر بيانات خاصة بالآبار: When data for wells are not available

يتم في هذه الحالة مطابقة الخرائط الممثلة لكل من الجيولوجيا، الميل، الفوالق، الهطول المطري، كثافة المسيلات مع النموذج الذي تم الحصول عليه والممثل لقطاعات الامل المائي وذلك في برنامج نظام المعلومات الجغرافية. فعند مطابقة هذا النموذج مع شريحة الجيولوجيا الممثلة للأعمار الجيولوجية التي تنتشر في الحالة الدراسية الأولى نحصل على الشكل (5-7) حيث نلاحظ من الشكل أنه في القطاع الأول تشغل الطبقات الصخرية التي تعود إلى عمر الكريتاسي والنيوجين ذات النفوذية العالية مساحة 300 km^2 تقريباً، في حين تشغل طبقات الباليوجين ذات النفوذية الضعيفة مساحة 85 km^2 . أما في القطاع الثاني فتغطي السطح الطبقات الحاملة من عمر الكريتاسي والنيوجين مساحة 230 km^2 كما هو مبين بالشكل (5-8).

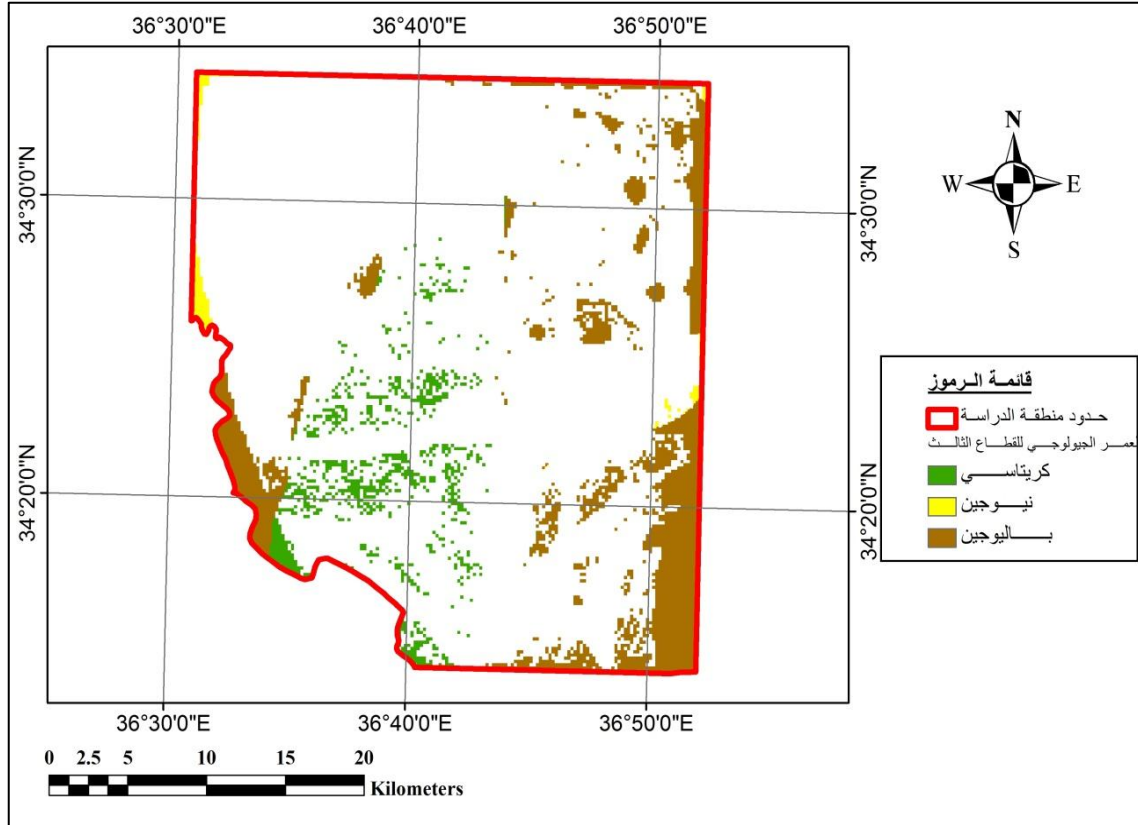


الشكل (٥-7): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الأول



الشكل (5-8): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثاني

ويوضح الشكل (5-9) أنه في القطاع الثالث تتراوح مساحة الطبقات من عمر الكريتاسي والنيوجين حوالي 85 km².

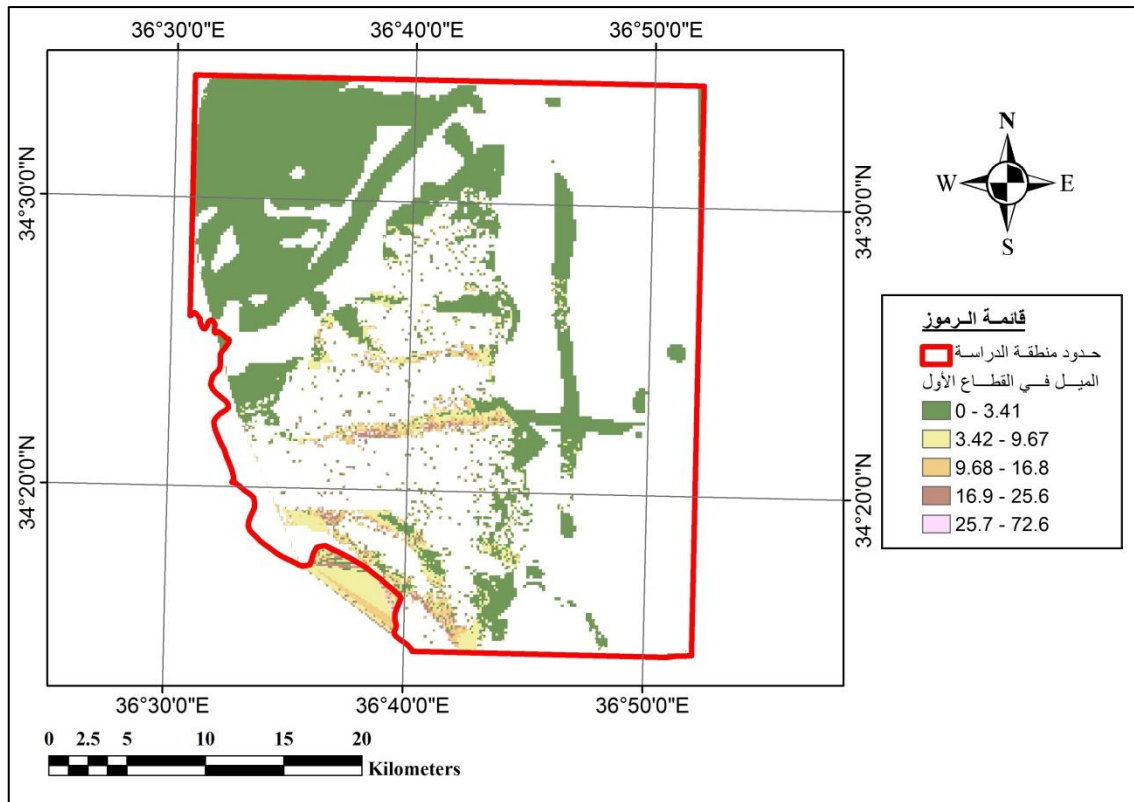


الشكل (5-9): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثالث

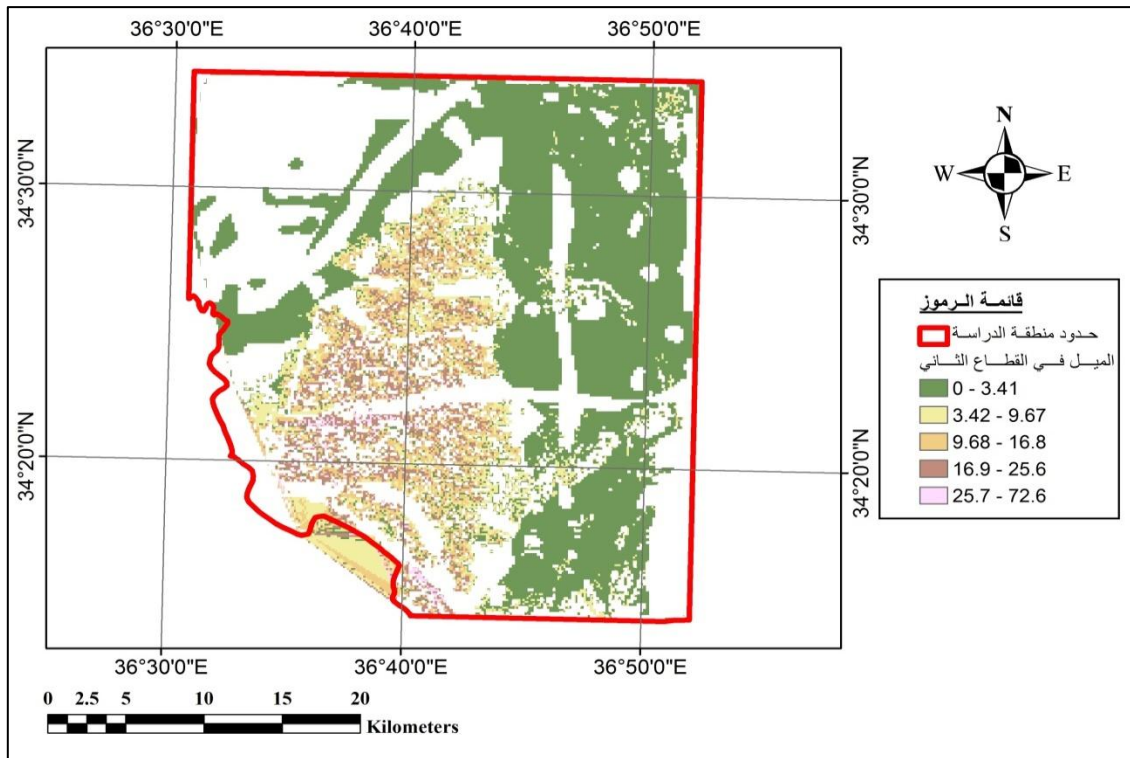
عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي مع شريحة الميول نحصل على الشكل (5-10) حيث نلاحظ من الشكل أنه في القطاع الأول تشغل الطبقات الصخرية ذات الميول المنخفضة % (0-3.41) الجزء الأكبر من مساحة هذا القطاع مقارنة بالمساحات ذات الميول المعتدلة .

وكذلك الأمر بالنسبة للقطاع الثاني كما هو مبين بالشكل (5-11)، حيث نلاحظ ازدياد المساحات ذات الميول المعتدلة مقارنة مع الميول المعتدلة في القطاع الأول. بينما يوضح الشكل (5-12) أنه في القطاع الثالث تسود المساحات المنخفضة والمعتدلة بنسبة أقل من القطاعين الأول والثاني إضافة إلى انتشار مساحات ذات ميول عالية مقارنة مع القطاعين الأول والثاني.

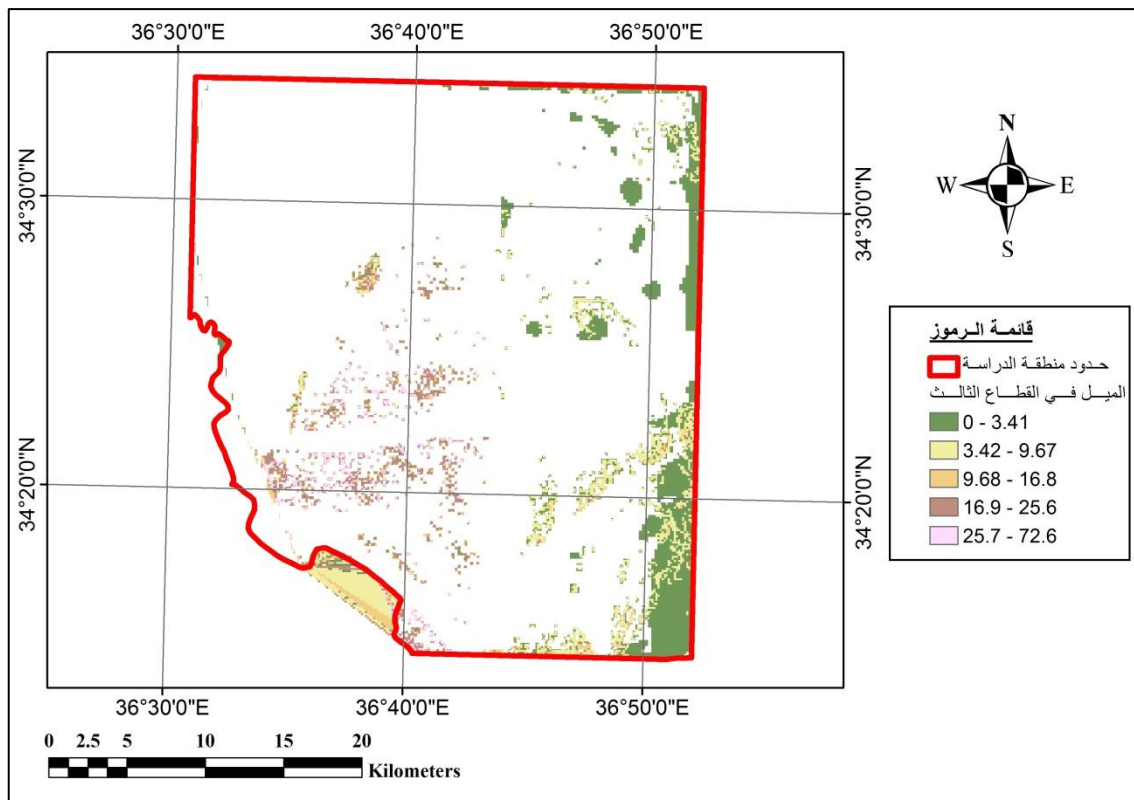
عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي مع شريحة الفوالق نحصل على الشكل (5-13) حيث نلاحظ أنه يتوزع عدد كبير من الفوالق (13) تتركز في شمال غرب، وجنوب غرب القطاع الأول وذلك مقارنة بالقطاع الثاني الذي توزع فيه نحو (12) فالق يأخذ اتجاه شرق - غرب، وكذلك بالقطاع الثالث الذي يتوزع فيه نحو (5) فوالق باتجاه جنوب - شرق. بينما توضح الأشكال (5-14) (5-15) (5-16) توزيع كثافة الفوالق في القطاعات الأول والثاني والثالث على الترتيب ، ففي القطاع الأول تكون كثافة الفوالق جيدة ثم تتناقص كثافتها في القطاع الثاني وتتحفض جداً في القطاع الثالث ،حيث الرقم (٥) يدل على الكثافة الأعلى للفوالق والرقم (١) يدل على الكثافة الأقل للفوالق.



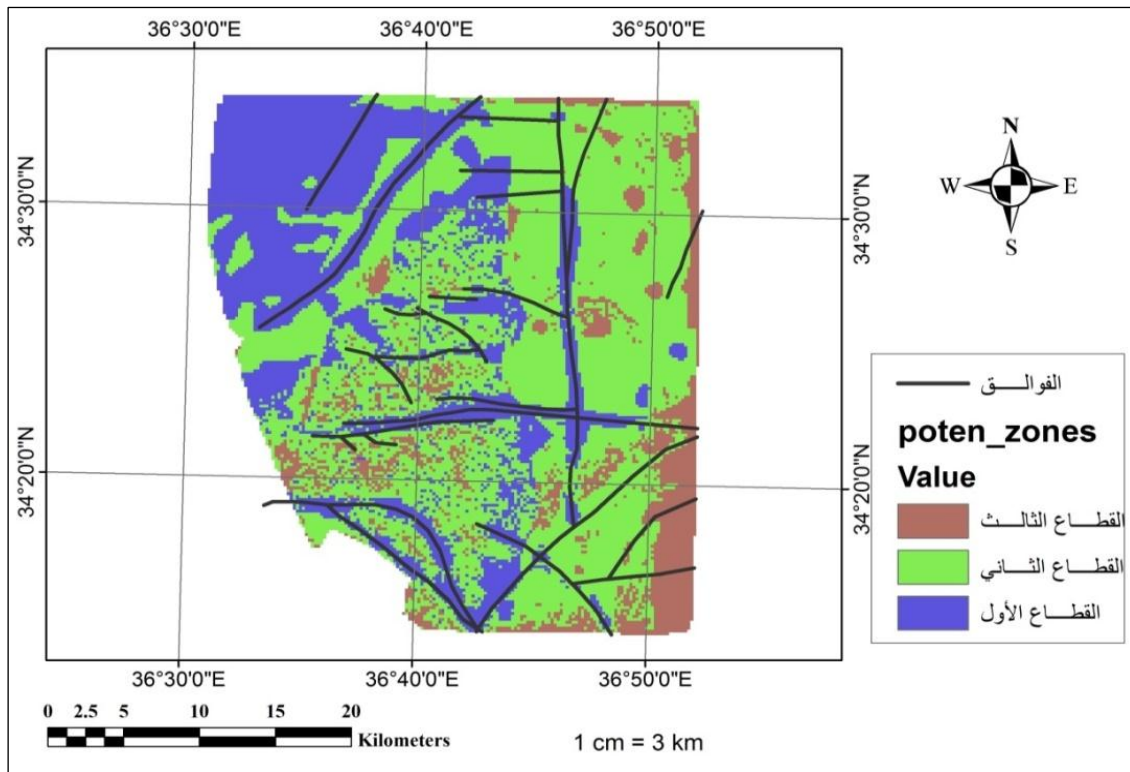
الشكل (5-10): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الأول



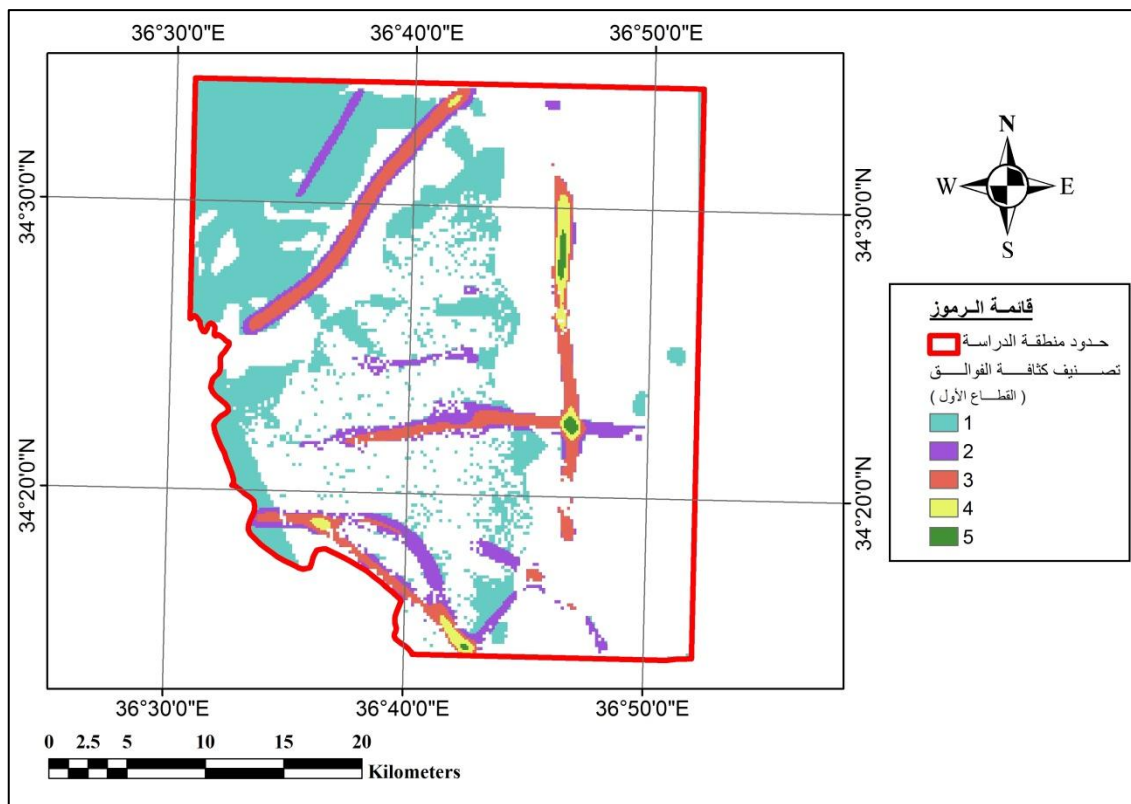
الشكل (٥-11): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الثاني



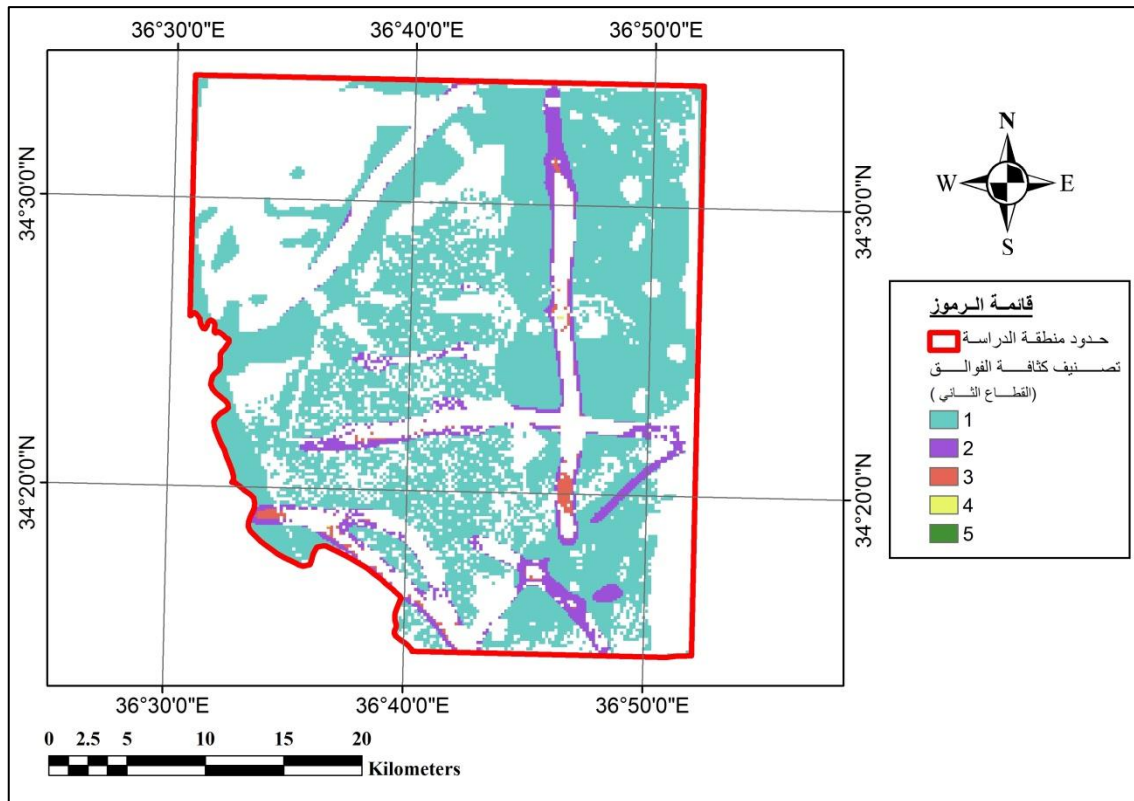
الشكل (٥-12): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الثالث



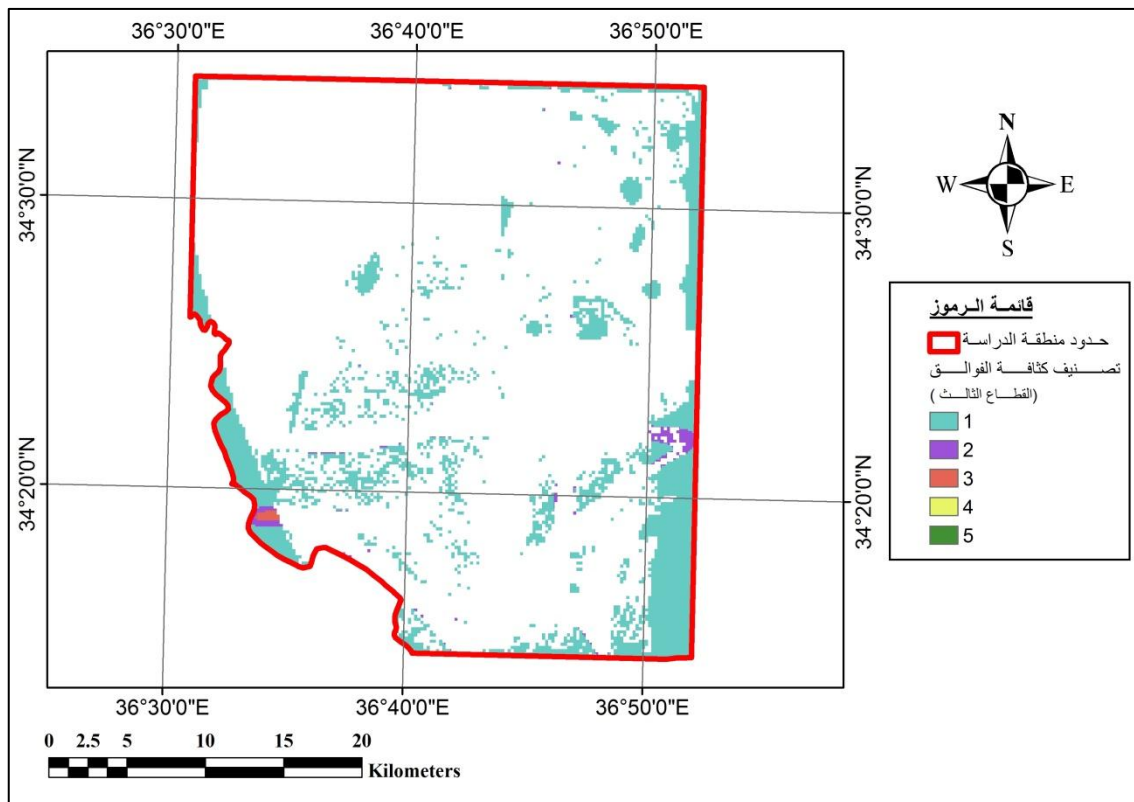
الشكل (5-13): توزيع الفوالق في القطاعات المتوقعة للأمل المائي



الشكل (5-14): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الأول



الشكل (5-15): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثاني



الشكل (5-16): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثالث

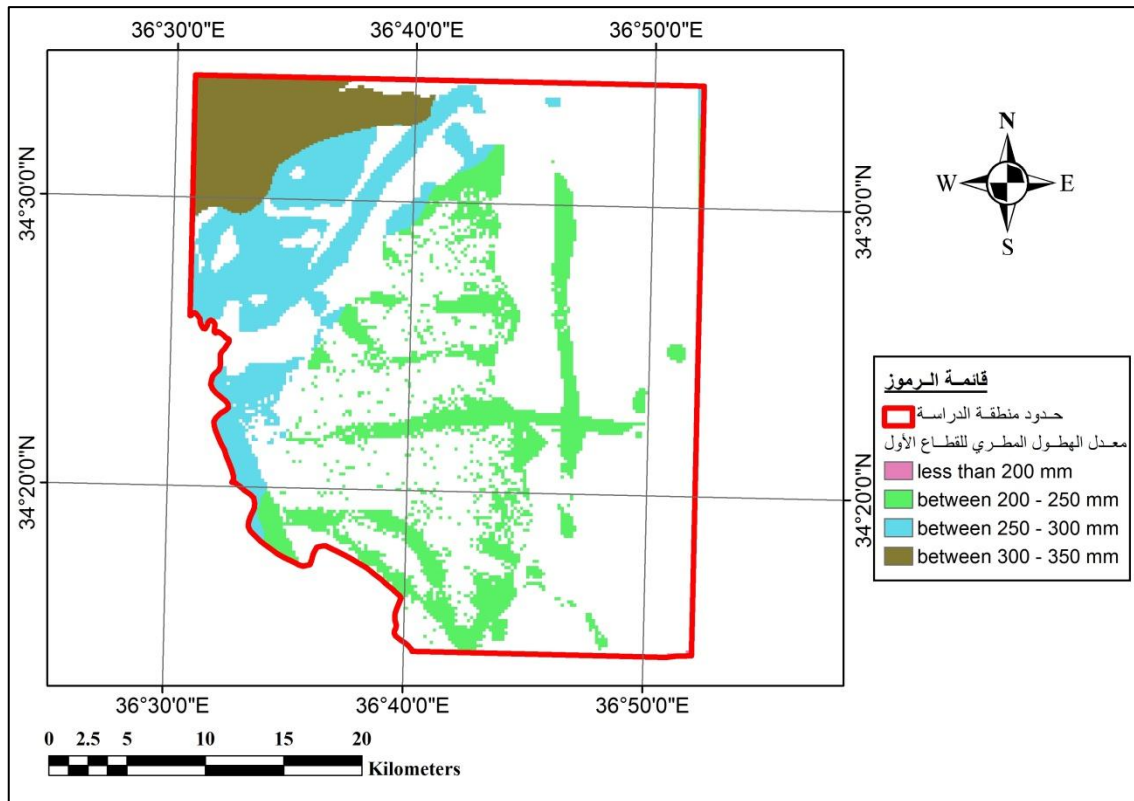
عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي مع شريحة الهطول المطري نحصل على الشكل (5-17) حيث نلاحظ فيه قيماً للهطول المطري (250-300 mm) تشغل الجزء الأكبر من مساحة القطاع الأول ثم تليها من حيث المساحة القيم ضمن المجال (300-350mm).

أما في القطاع الثاني فتشكل القيم ضمن المجال (200-250mm) أجزاء كبيرة منه ثم تليها من حيث المساحة قيم الهطول (250-300 mm) كما يبين الشكل (5-18).

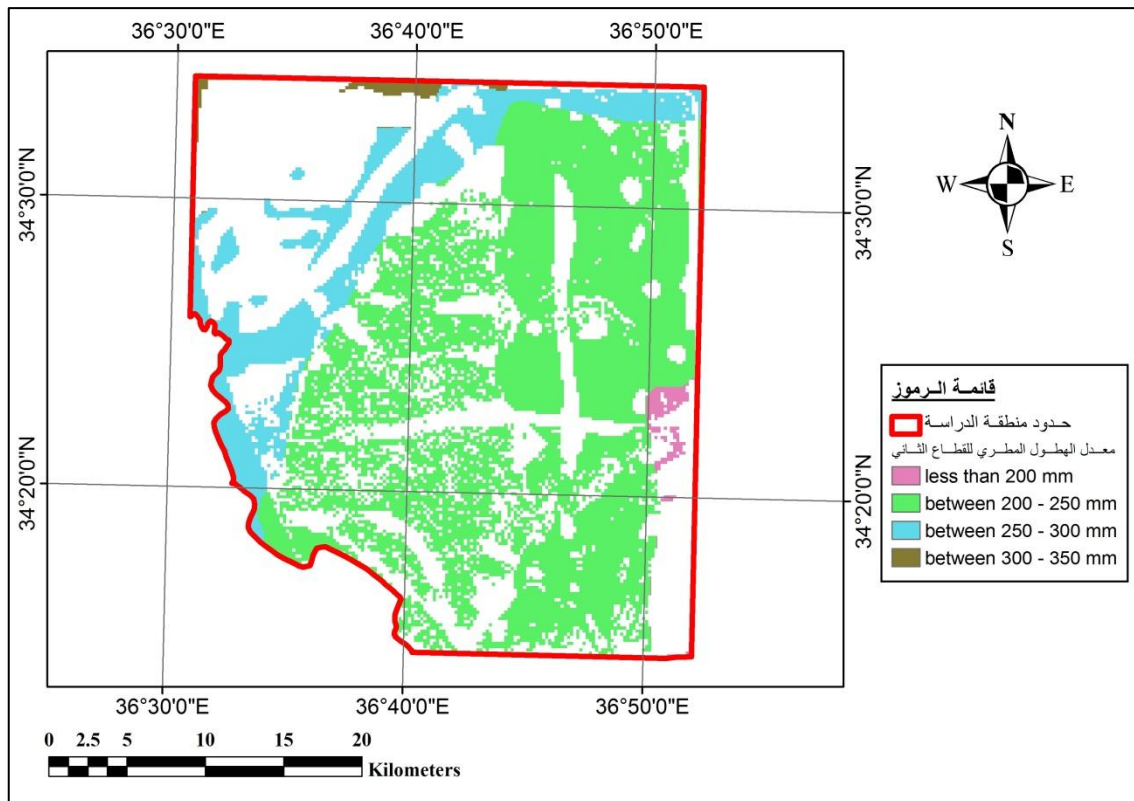
بينما القطاع الثالث فتغلب عليه الهطولات المطرية الأقل من (200 mm)، إضافة إلى بعض الأجزاء ذات قيم الهطولات (200-250 mm) كما هو واضح في الشكل (5-19).

عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي الجوفي مع النموذج الممثل لتصنيف كثافة المسيلات نحصل على الشكل (5-20) حيث نلاحظ من هذا الشكل كثافة مسيلات منخفضة تشغل الجزء الأكبر من مساحة القطاع الأول مما يدل على معدل رشح عال .

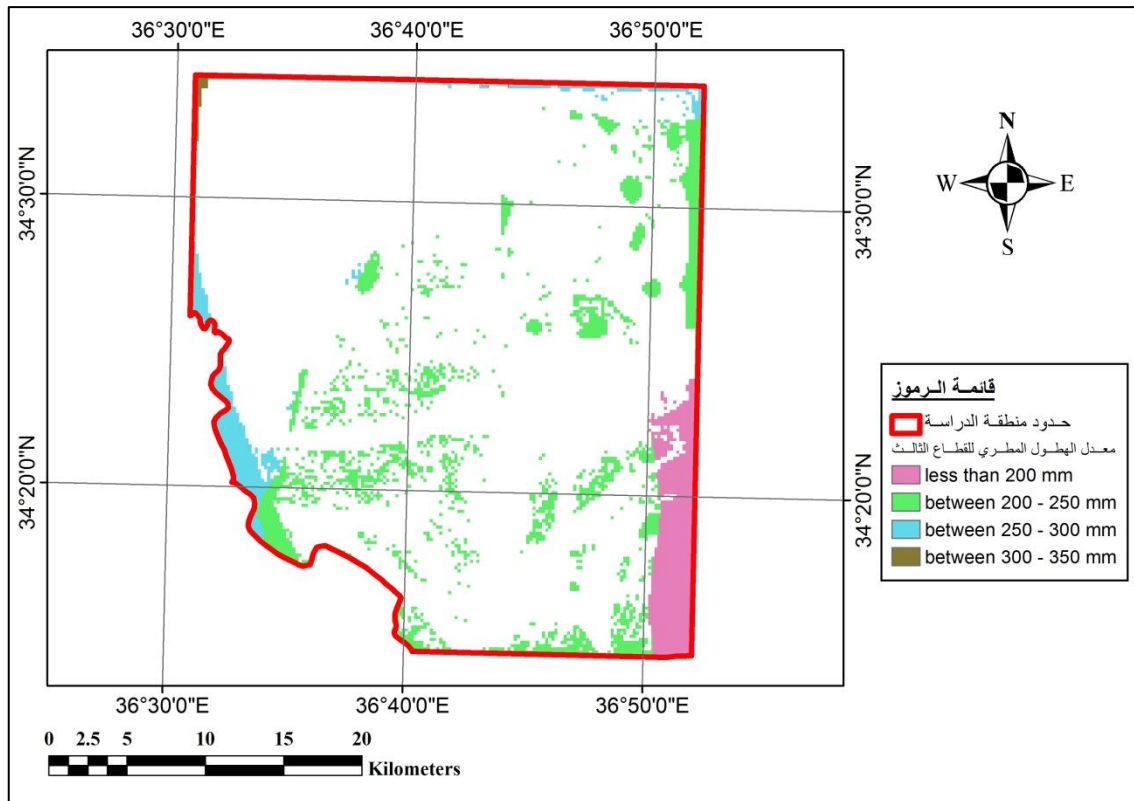
بينما يسود القطاع الثاني والثالث كثافة مسيلات متوسطة وبالتالي جريان سطحي عال إلى حد ما كما هو واضح في كل من الشكل (5-21) والشكل (5-22) حيث إن الرقم الأعلى يدل عن كثافة المسيلات المنخفضة والرقم الأدنى يدل على كثافة المسيلات المرتفعة .



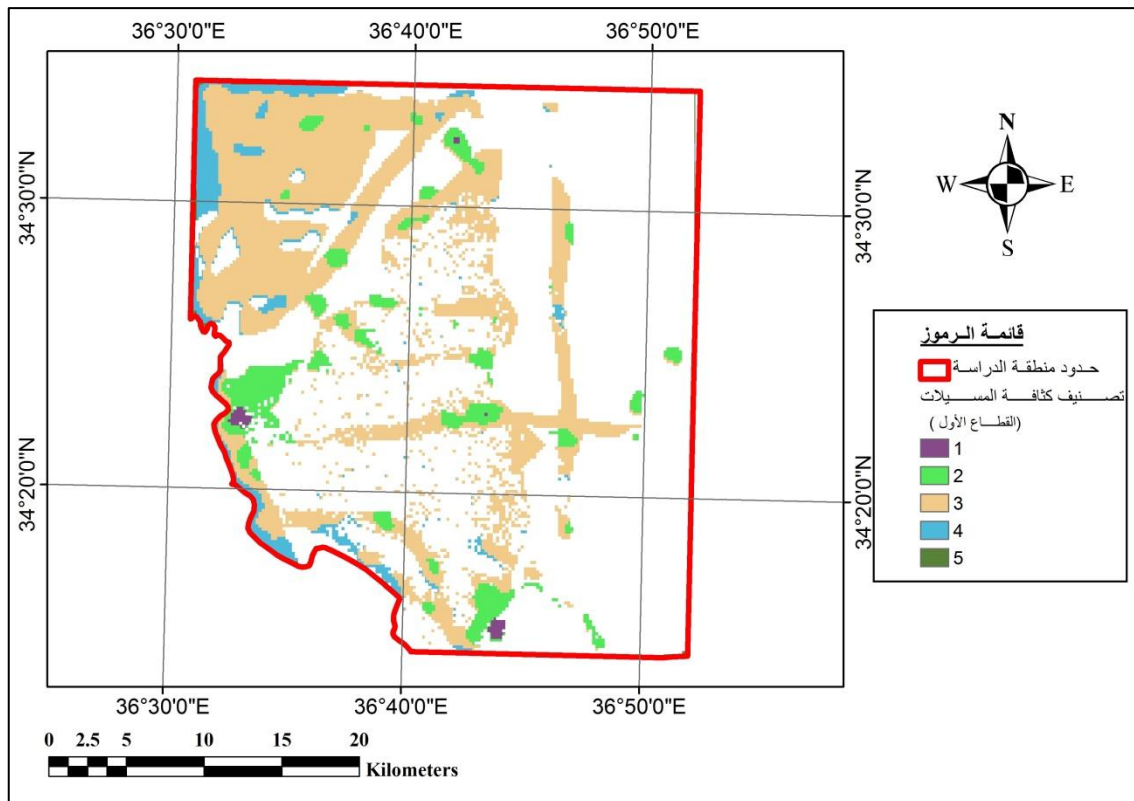
الشكل (5-17): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الأول



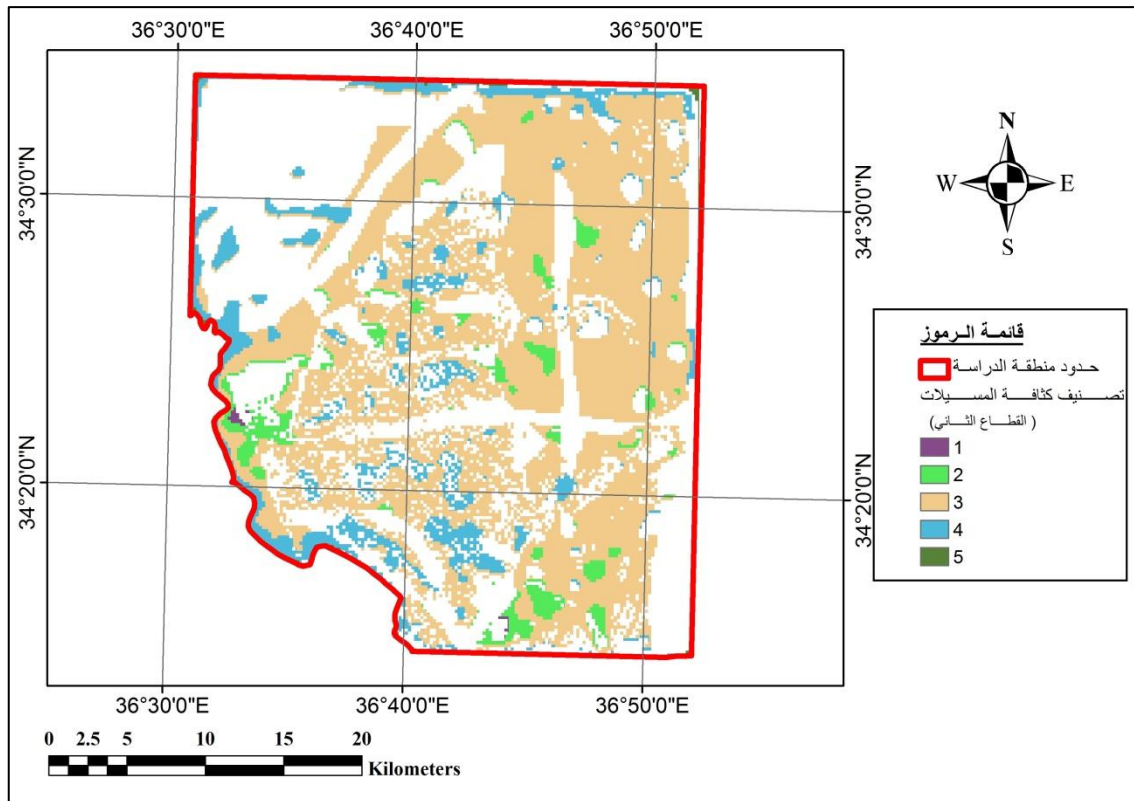
الشكل (5-18): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثاني



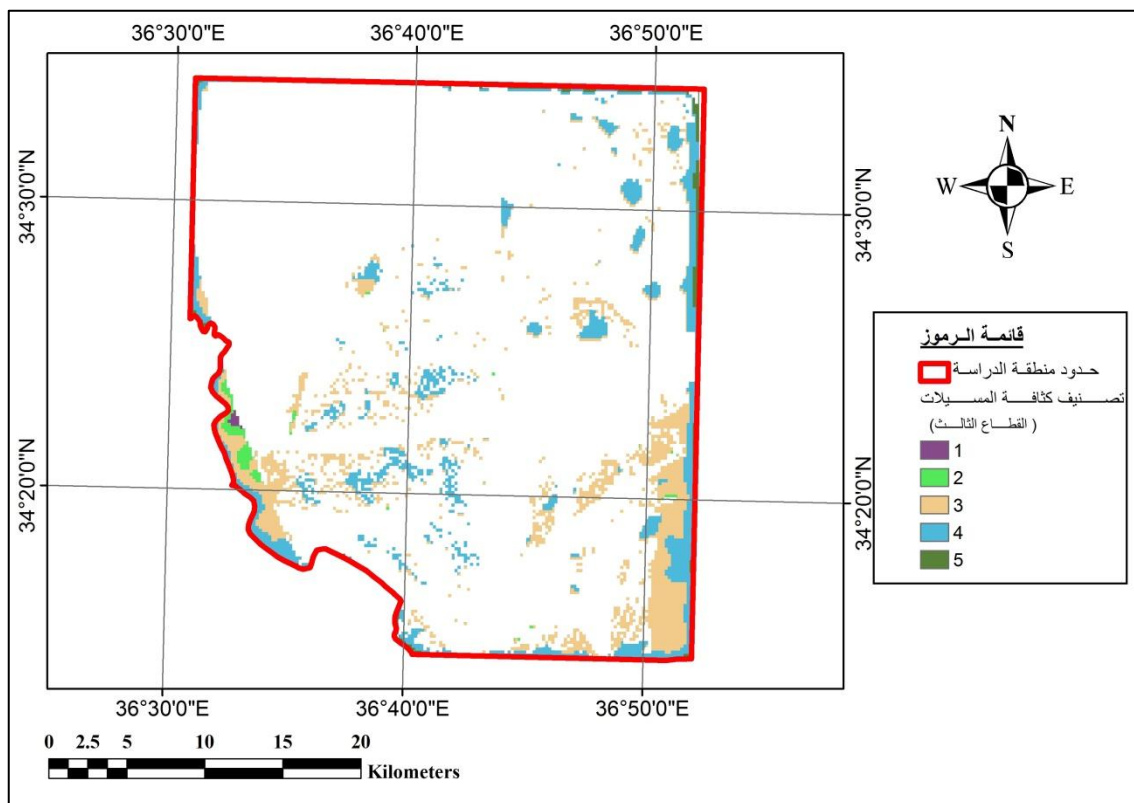
الشكل (5-19): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثالث



الشكل (5-20): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الأول



الشكل (5-21): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الثاني



الشكل (5-22): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الثالث

٥ - 2-1- الحالة الدراسية الثانية: The second case study

١-2-1-5 - حالة توفر بيانات خاصة بالآبار: When data for wells is available

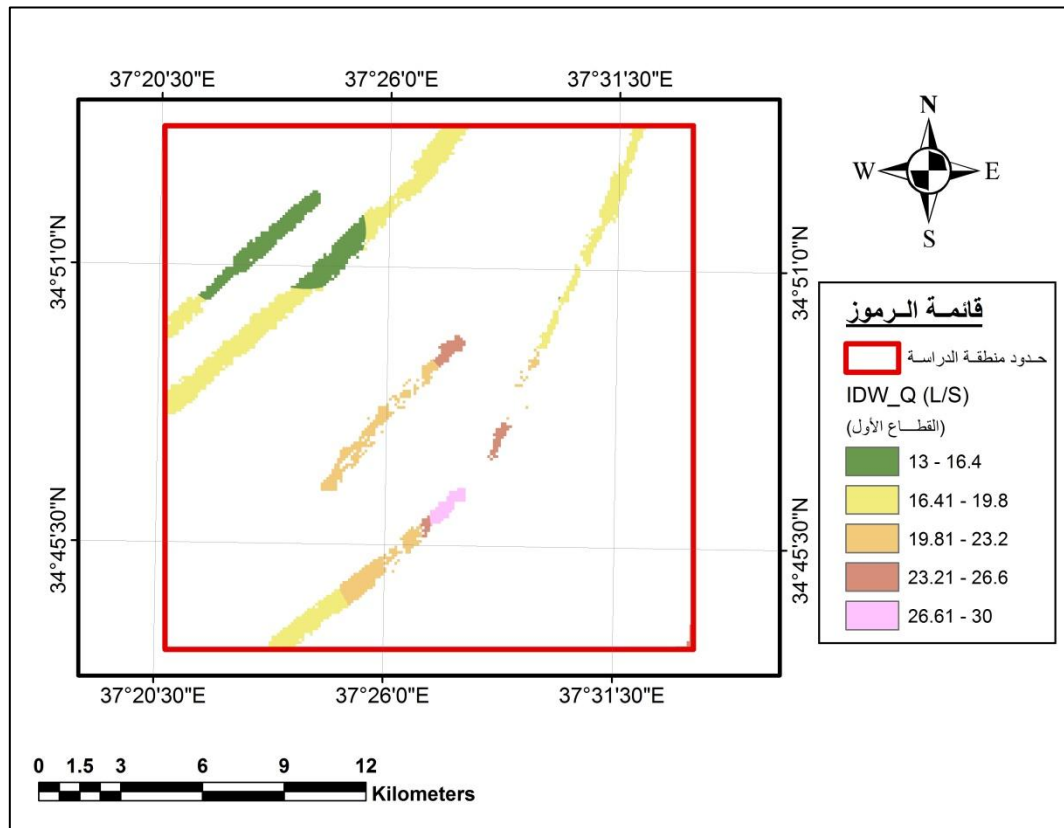
تفيدنا هذه الحالة في التحقق من دقة النتائج التي تم الحصول عليها بالمقارنة مع البيانات المقاسة (الغزارة والمنسوب الستاتيكي) للآبار الموضحة بالشكل (٤-١٥) والجدول (٤-٢٩) في الفصل الرابع. حيث تم إجراء الاستيفاء المكاني باستخدام بيانات الآبار المتوفرة (الغزارة، المنسوب الستاتيكي) بطريقتي IDW, Kriging. ويبين الجدول (٥-٢) قيم الغزارة والمنسوب الستاتيكي وعمق الطبقة الحاملة للآبار الموجودة في الحالة الدراسية الثانية

الجدول (5-2): قيم الغزارة والمنسوب الستاتيكي وعمق الطبقة الحاملة للآبار

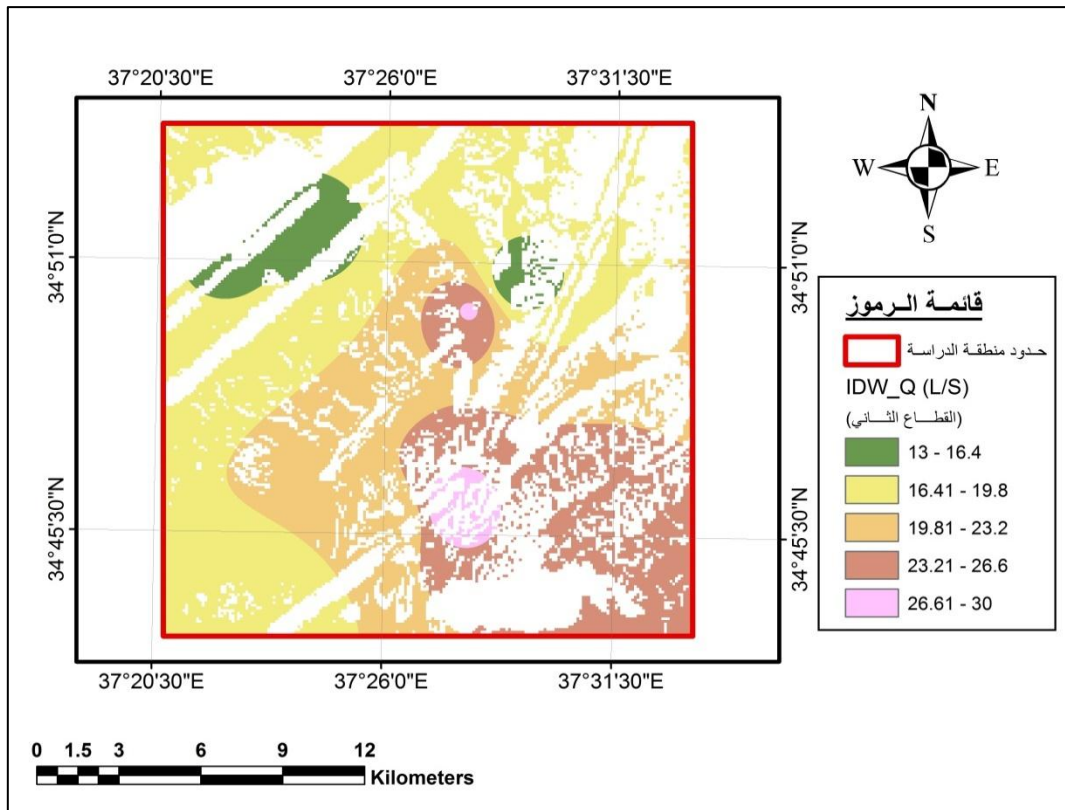
رقم البئر	اسم البئر	قيمة الغزارة المقاسة (l/s)	قيمة المنسوب الستاتيكي المقاس (m)	عمق الطبقة الحاملة (m)
1	غزيلة	26	515	510
2	غزيل	16	595	500
3	رسم الأرنب	19	500	431
4	مزين البقر	16.75	519	427
5	العامودية	22	528	590
6	الدرويشية	20	565	548

550	540	28	غنيمة	7
405	553	21	جب جبل	8

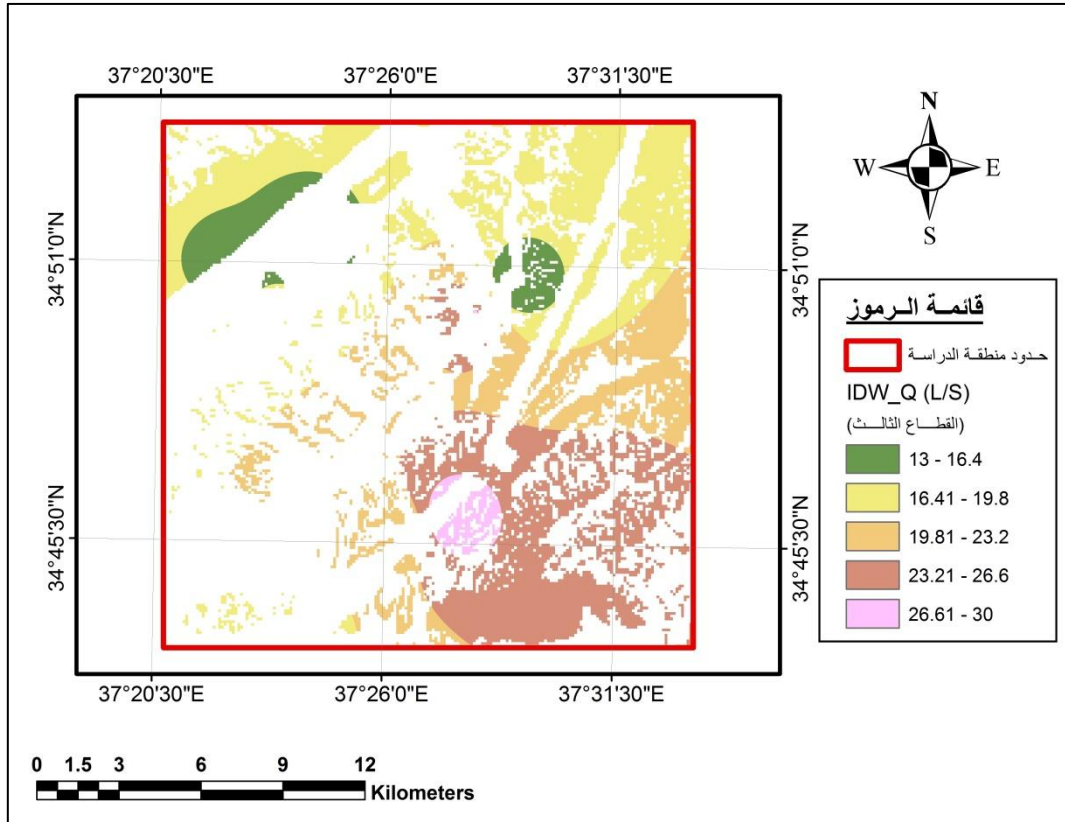
وحسب الدليل اللوني لقيم الغزارات تبين أن الغزارات تتراوح في القطاع الأول والثاني والثالث بين (13-30 L/S) حيث تشكل الغزارات ذات القيم (16.41-19.8 L/S) القسم الأكبر من مساحة هذه القطاعات كما هو مبين بالأشكال (٢٣-٥) (٢٤-٥) (٢٥-٥) .



الشكل (٢٣-٥): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الأول بطريقة IDW



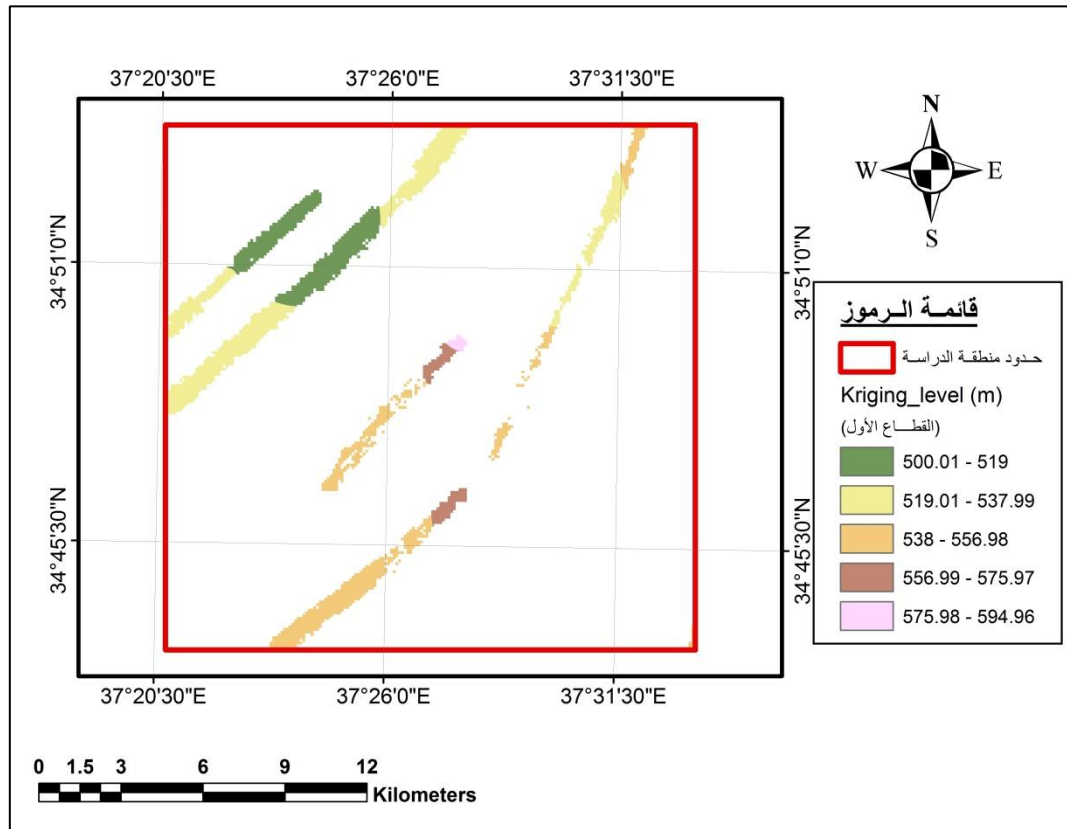
الشكل (٥-٢٤): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثاني بطريقة IDW



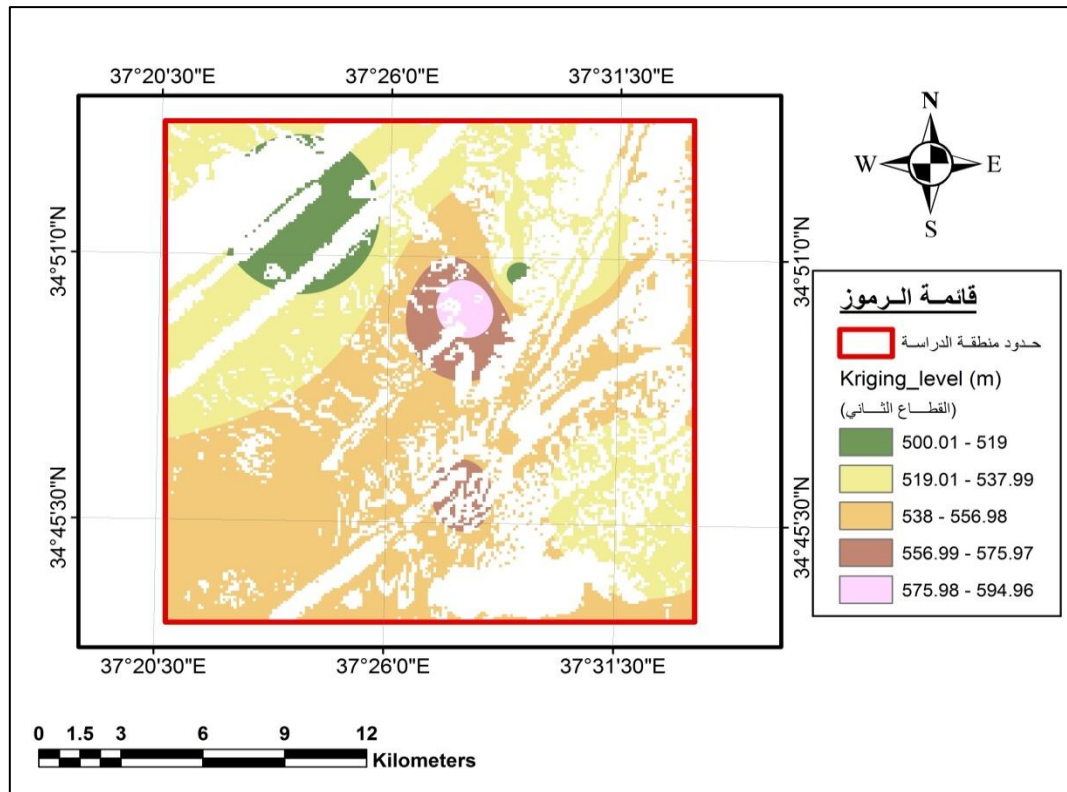
الشكل (٥-٢٥): توزيع القيم المتوقعة للغزارة في القطاع الثالث بطريقة IDW

أما قيم المنسوب الستاتيكي في القطاع الأول تتراوح بين (500.01-594.96 m) حيث القسم الأكبر من هذا القطاع تتراوح فيه القيم (519.01-537.99 m) كما هو مبين في الشكل (5-26) وذلك حسب الدليل اللوني لقيم المنسوب الستاتيكي.

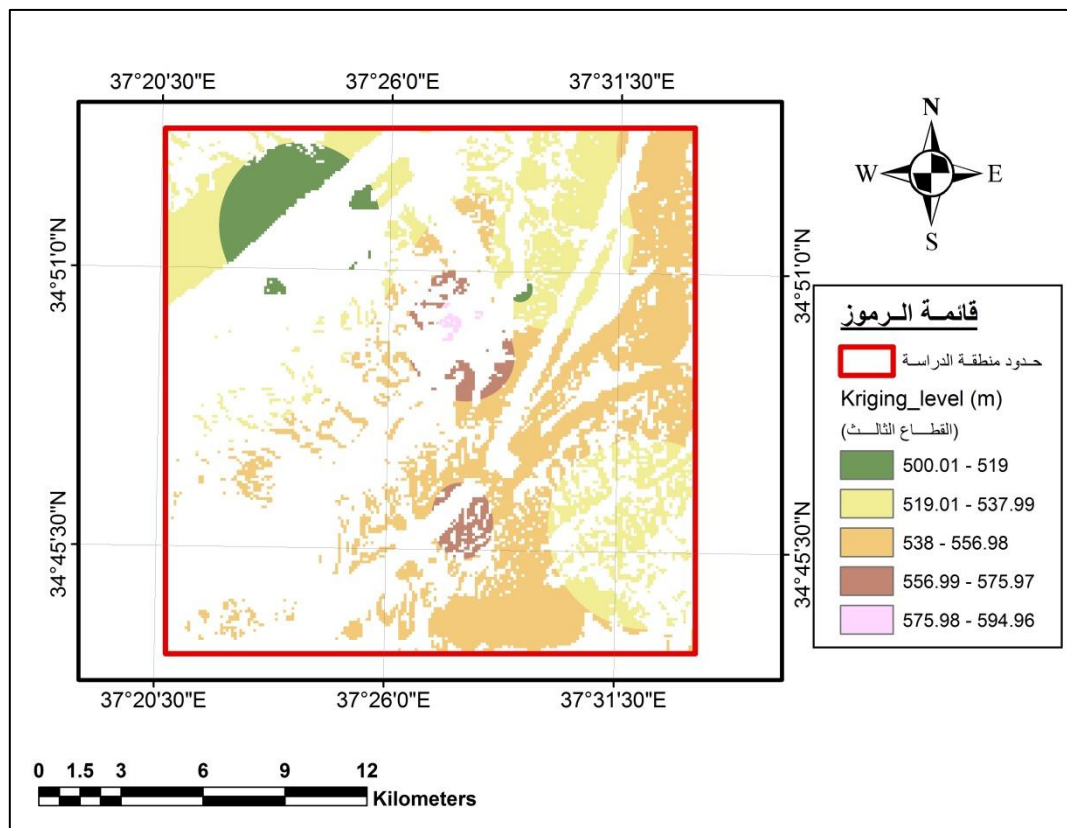
بينما القطاع الثاني والثالث فتتراوح قيم المنسوب الستاتيكي فيه (500.01-594.96m) أيضاً، وتشكل قيم المنسوب الستاتيكي (538-556.98m) المساحة الأكبر في هذين القطاعين كما هو مبين في الشكلين (5-27) (5-28).



الشكل (5-26): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الأول بطريقة Kriging



الشكل (5-27): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثاني بطريقة Kriging



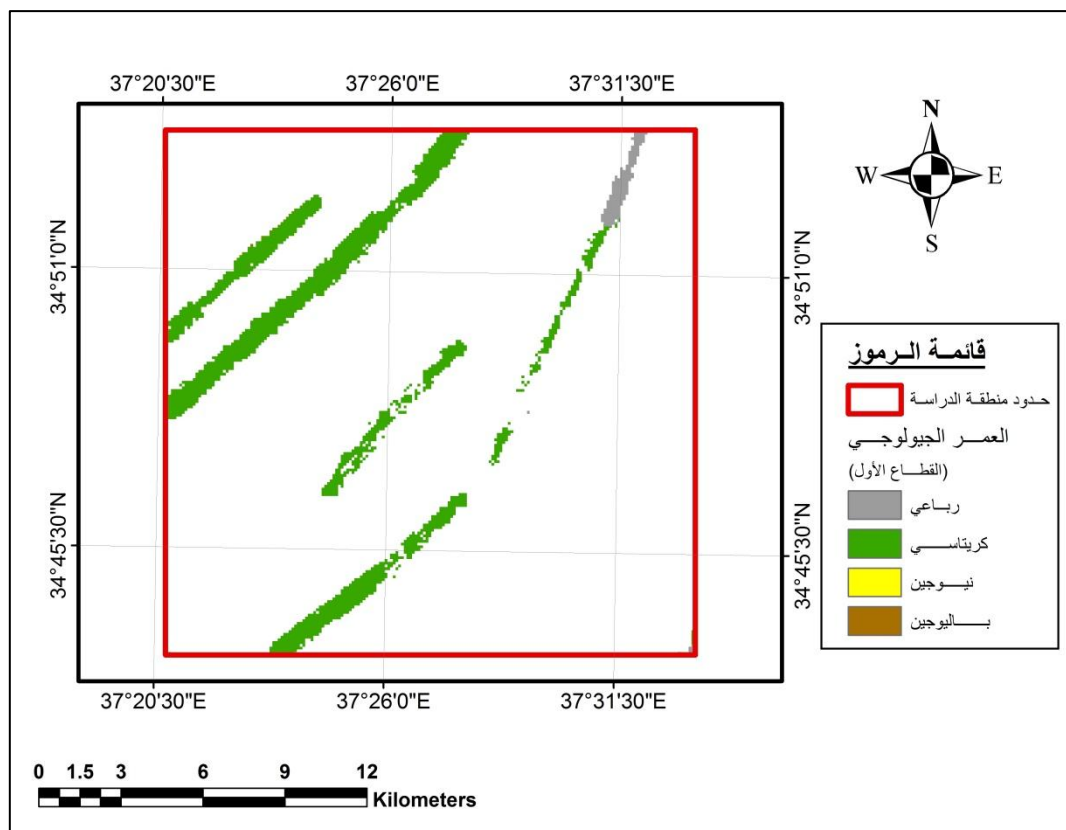
الشكل (5-28): توزيع القيم المتوقعة للمنسوب الستاتيكي في القطاع الثالث بطريقة Kriging

5-1-2-2- حالة عدم توفر بيانات خاصة بالآبار : When data for wells are not available

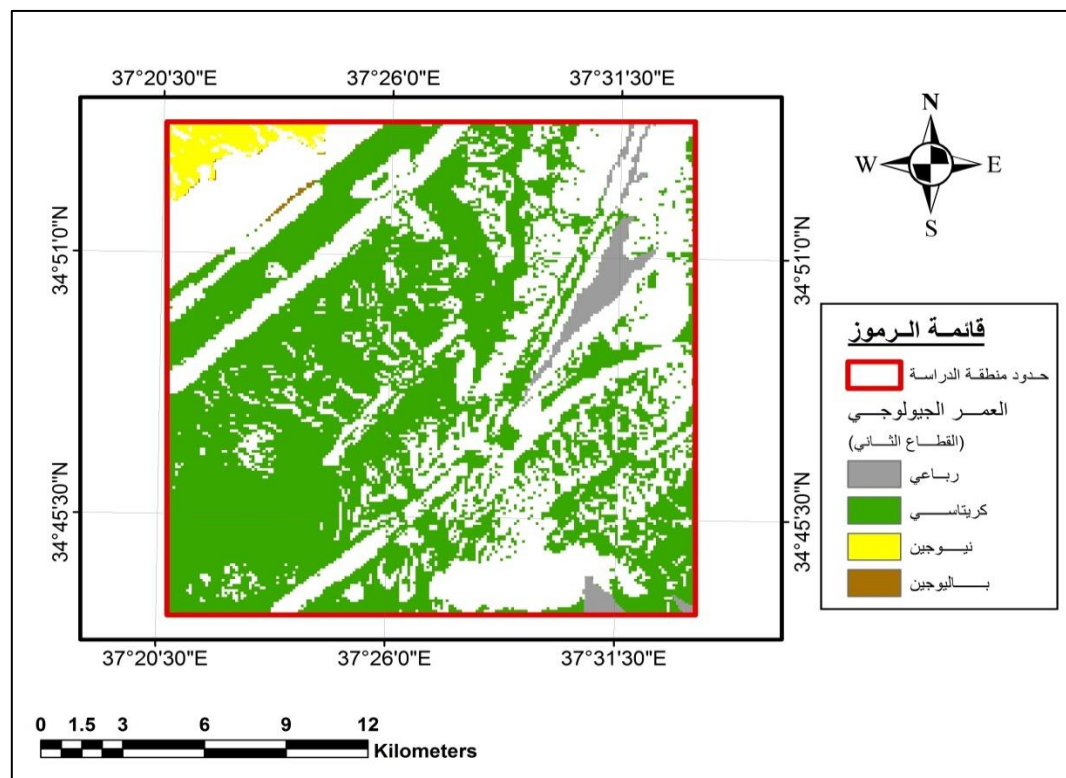
يتم في هذه الحالة مطابقة الخرائط الممثلة لكل من الجيولوجيا، الميل، الفوالق، الهطول المطري، كثافة المسيلات مع النموذج الذي تمّ الحصول عليه والممثل لقطاعات الامل المائي وذلك في برنامج نظام المعلومات الجغرافية. فعند مطابقة هذا النموذج مع شريحة الجيولوجيا الممثلة للأعمار الجيولوجية التي تنتشر في الحالة الدراسية الثانية نحصل على الشكل (5-29) حيث نلاحظ من الشكل أنه في القطاع الأول تشغل الطبقات الصخرية التي تعود إلى عمر الكريتاسي ذات النفوذية العالية مساحة 20.48 km^2 بينما الطبقات الصخرية التي تعود إلى عمر الرباعي الاعلى نفوذية من طبقات الكريتاسي تمتد لمساحة 4.19 km^2 تقريباً .

أما في القطاع الثاني فتشكل الطبقات الحاملة من عمر الكريتاسي أغلب مساحته والرباعي مساحة 18.25 km^2 والنيوجين مساحة 7.37 km^2 ، ومساحات صغيرة جداً من الباليوجين كما هو مبين بالشكل (5-30).

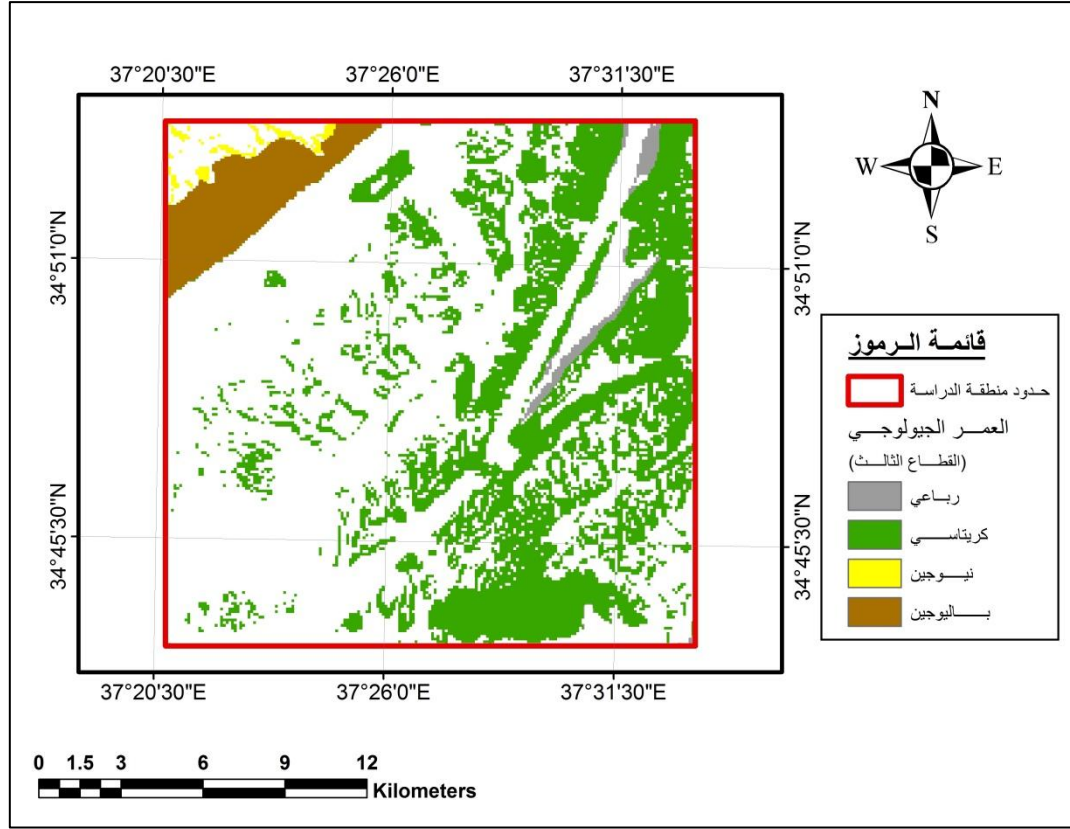
ويوضح الشكل (5-31) أنه في القطاع الثالث تتراوح مساحة الطبقات من عمر الباليوجين حوالي 16.50 km^2 ومن عمر الكريتاسي حوالي 56.38 km^2 ، كما تنتشر مساحات صغيرة من الرباعي والنيوجين .



الشكل (5-29): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الأول



الشكل (5-30): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثاني

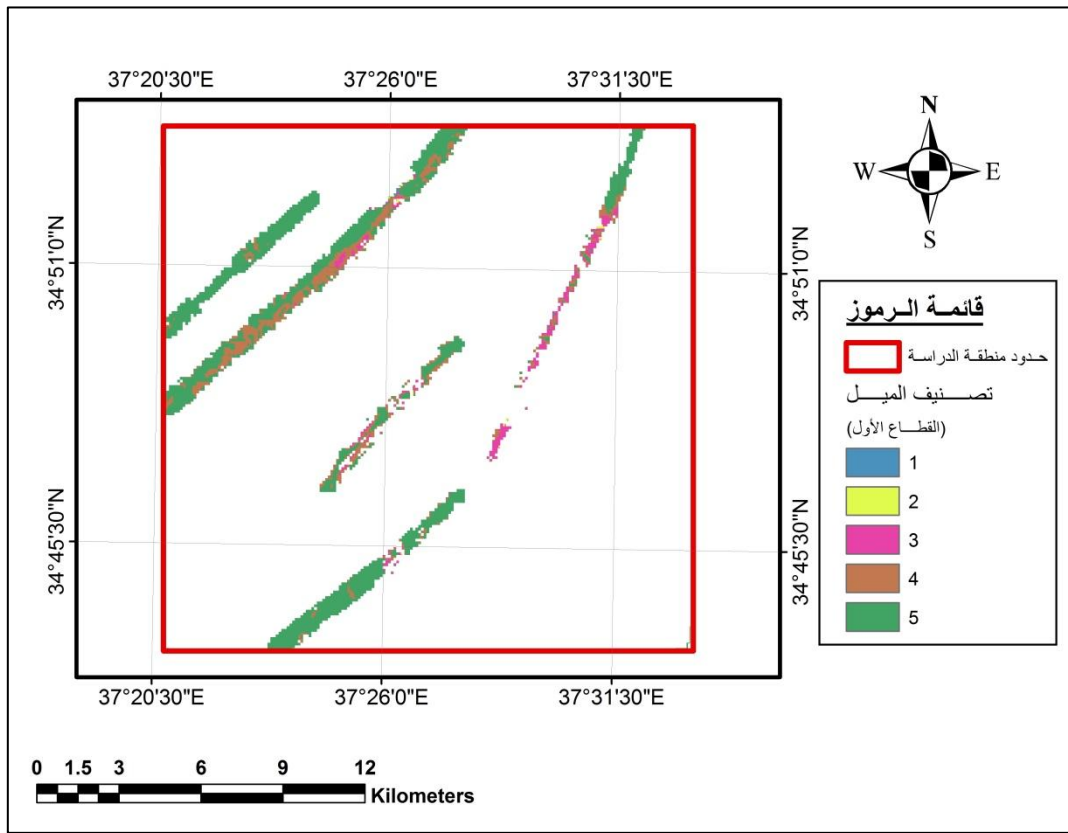


الشكل (5-31): توزيع الأعمار الجيولوجية للطبقات الصخرية في القطاع الثالث

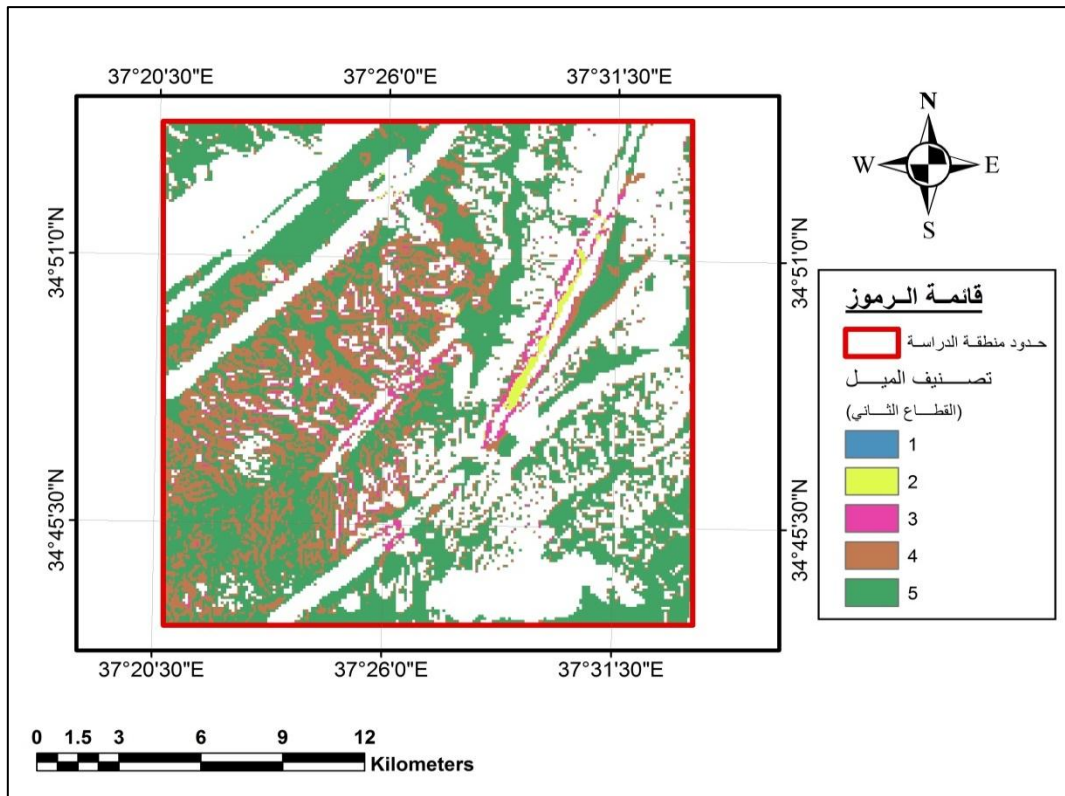
عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي مع شريحة الميول نحصل على الشكل (5-32) حيث نلاحظ من الشكل (5-32) أنه في القطاع الأول تشغل الطبقات الصخرية ذات الميول المنخفضة الجزء الأكبر من مساحة هذا القطاع والتي أعطيت الرقم الأعلى للتصنيف (5). وكذلك الأمر بالنسبة للقطاع الثاني الذي تسوده الميول المنخفضة ذات التصنيف (5) إضافة إلى الميول المعتدلة ذات التصنيف (4) كما هو مبين بالشكل (5-33)، بينما يوضح الشكل (5-34) أنه في القطاع الثالث تسود المساحات ذات الميول المنخفضة والمعتدلة إضافة إلى انتشار مساحات صغيرة ذات ميول عالية .

عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي مع شريحة كثافة التكتونيك نحصل على الشكل (5-35) حيث نلاحظ أنه تأخذ اتجاه شمال غرب، وجنوب شمال في القطاع الأول وقد تمّ تصنيفها

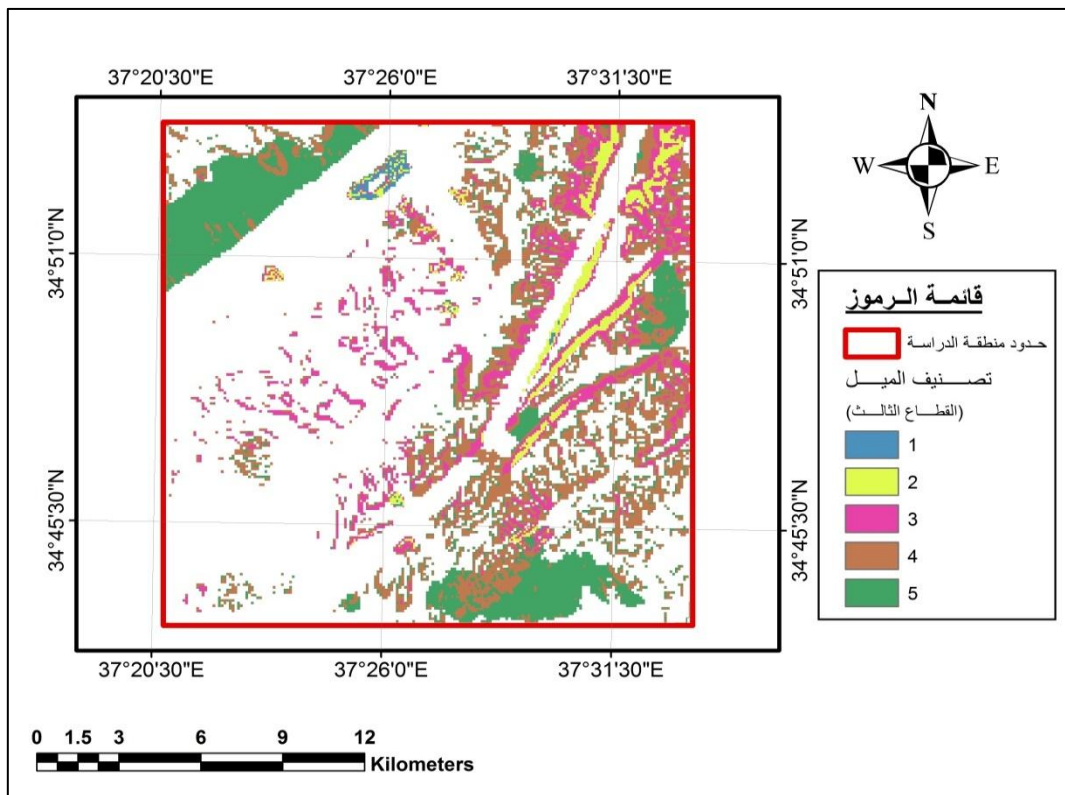
حسب كثافتها حيث إنه كلما زادت الكثافة تعطى رقم أعلى وذلك مقارنة بالقطاع الثاني الذي تأخذ اتجاه شمال - غرب، وجنوب شرق كما يوضح الشكل (5-36). في حين أن القطاع الثالث تكون الكثافة منخفضة جداً كما يبين الشكل (5-37) .



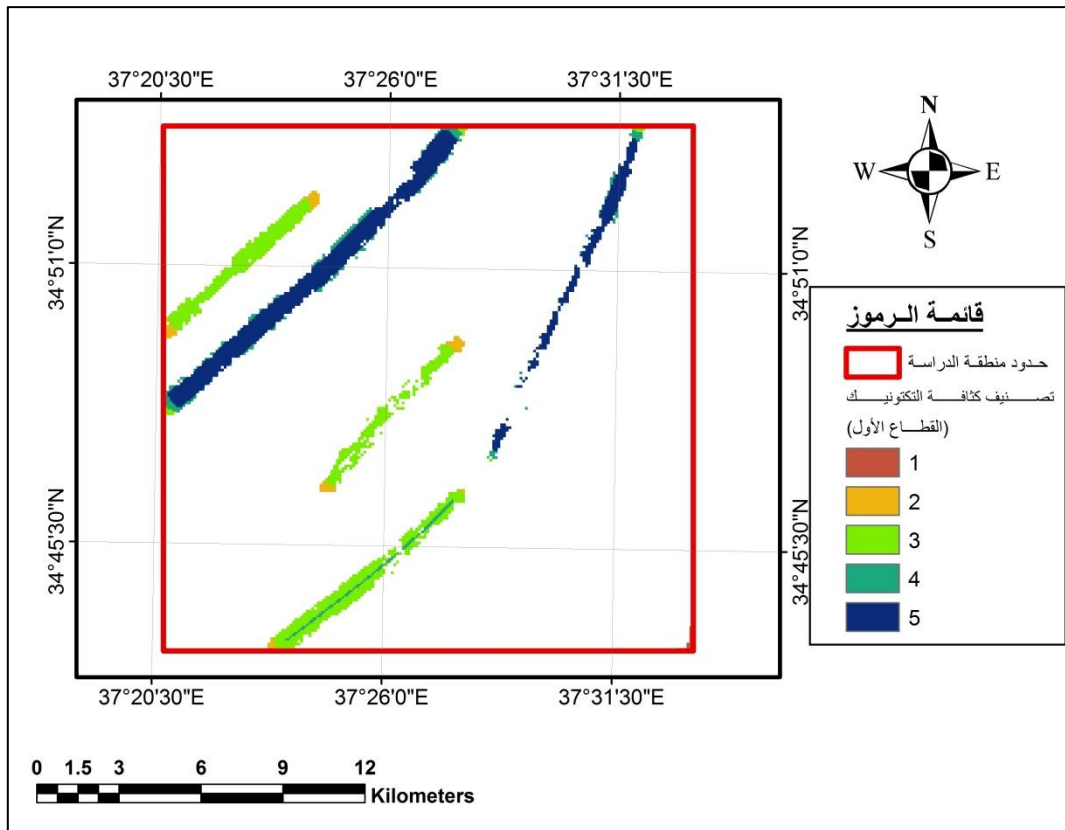
الشكل (5-32): توزيع الميول للطبقات الصخرية في القطاع الأول



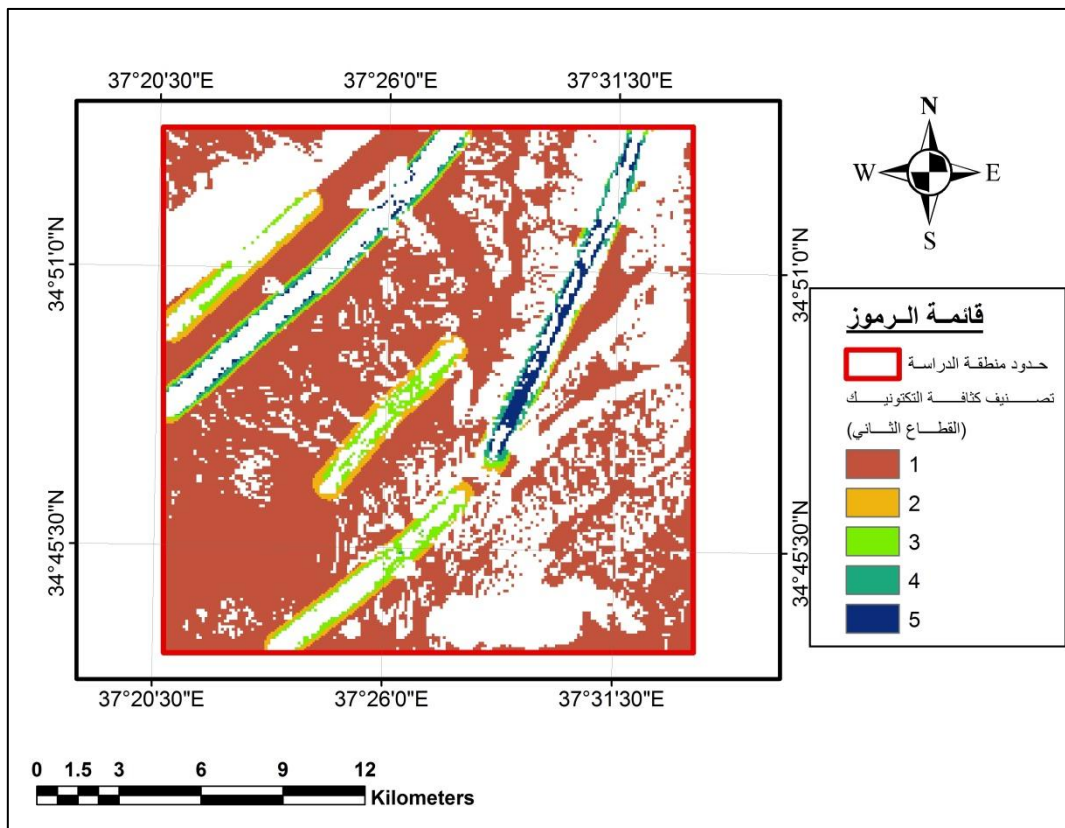
الشكل (5-33): توزيع الميل للطبقات الصخرية في القطاع الثاني



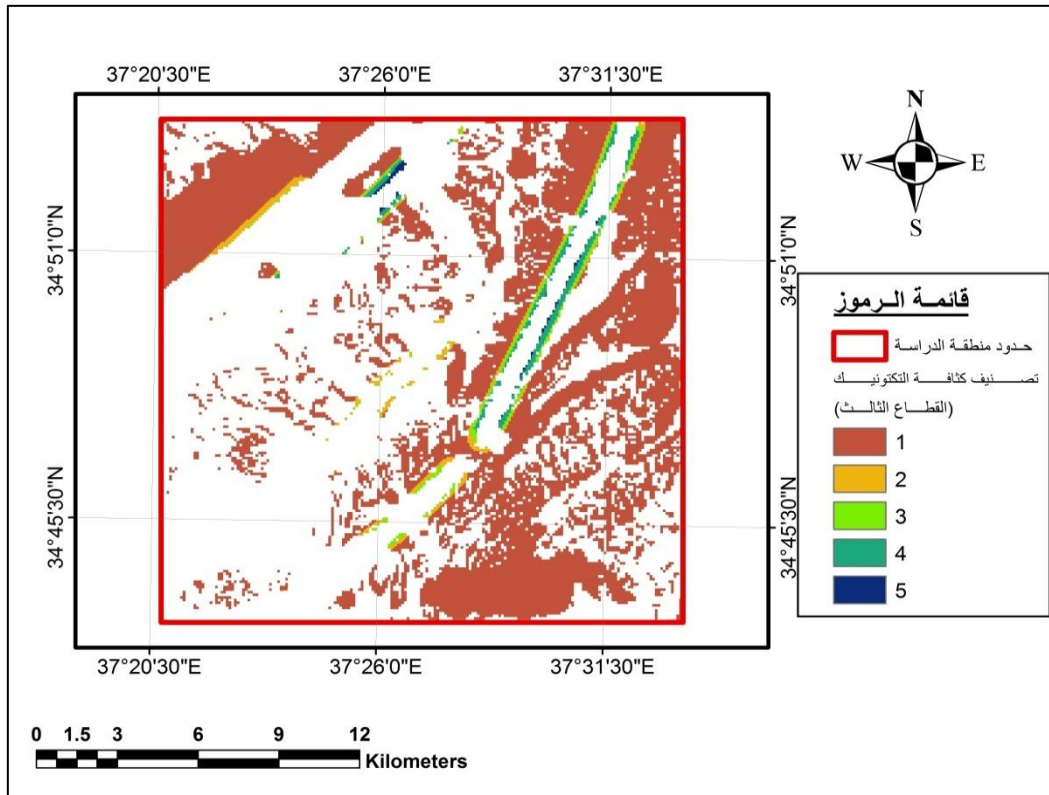
الشكل (5-34): توزيع الميل للطبقات الصخرية في القطاع الثالث



الشكل (5-35): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الأول



الشكل (5-36): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثاني

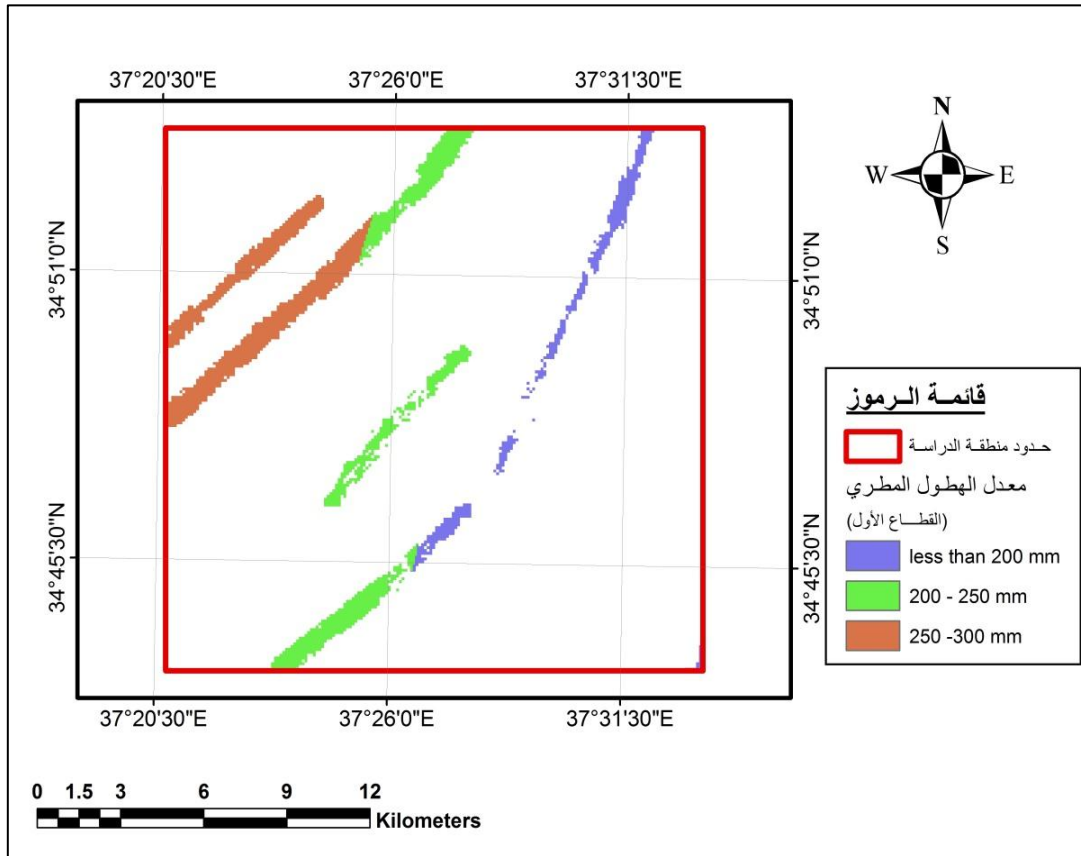


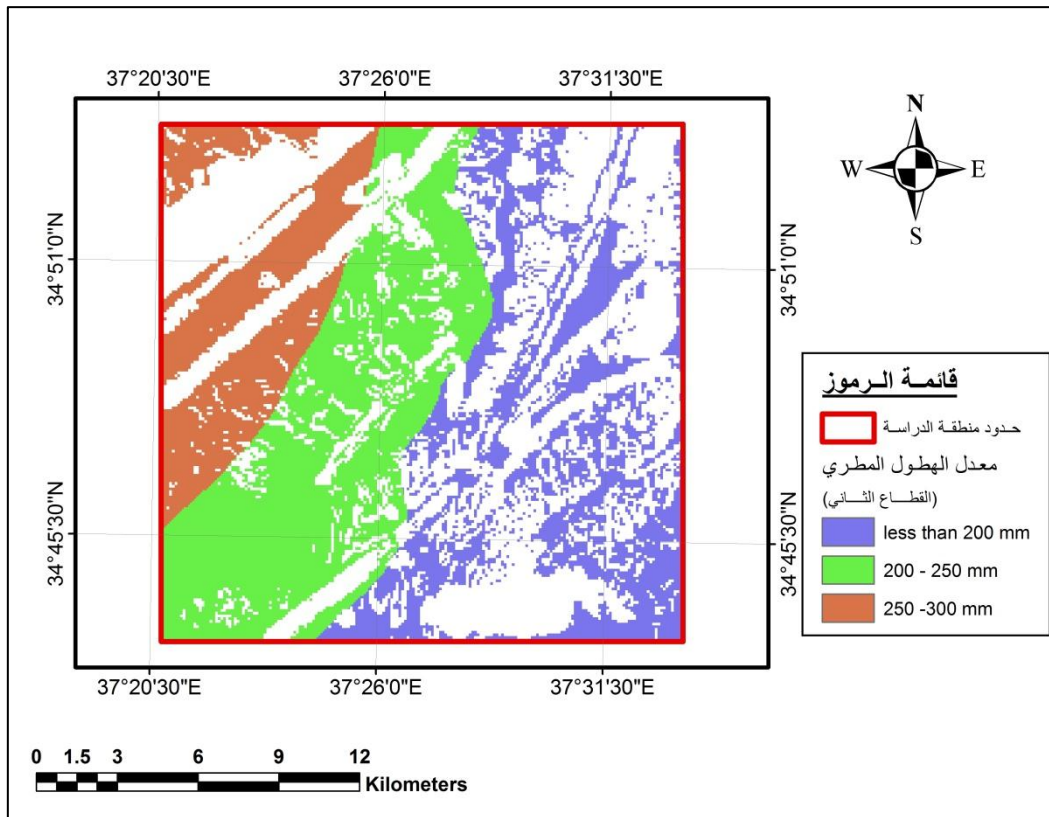
الشكل (5-37): تصنيف كثافة الفوالق في القطاع الثالث

عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي مع شريحة الهطول المطري نحصل على الشكل (5-38) حيث نلاحظ فيه قيم للهطول المطري (300 - 250 mm) تشغل الجزء الأكبر من مساحة القطاع الأول ثم تليها من حيث المساحة القيم ضمن المجال (250-200 mm). أما في القطاع الثاني فتشكل القيم ضمن المجال (250 - 200) أجزاء كبيرة منه ثم تليها من حيث المساحة قيم الهطول أقل من (300 – 250 mm) كما يبين الشكل (5-39). أما القطاع الثالث فتغلب عليه الهطولات المطرية الأقل من (200 mm)، إضافة إلى بعض الأجزاء ذات قيم الهطولات (200-250 mm) و (300 – 250 mm) كما هو واضح في الشكل (5-40).

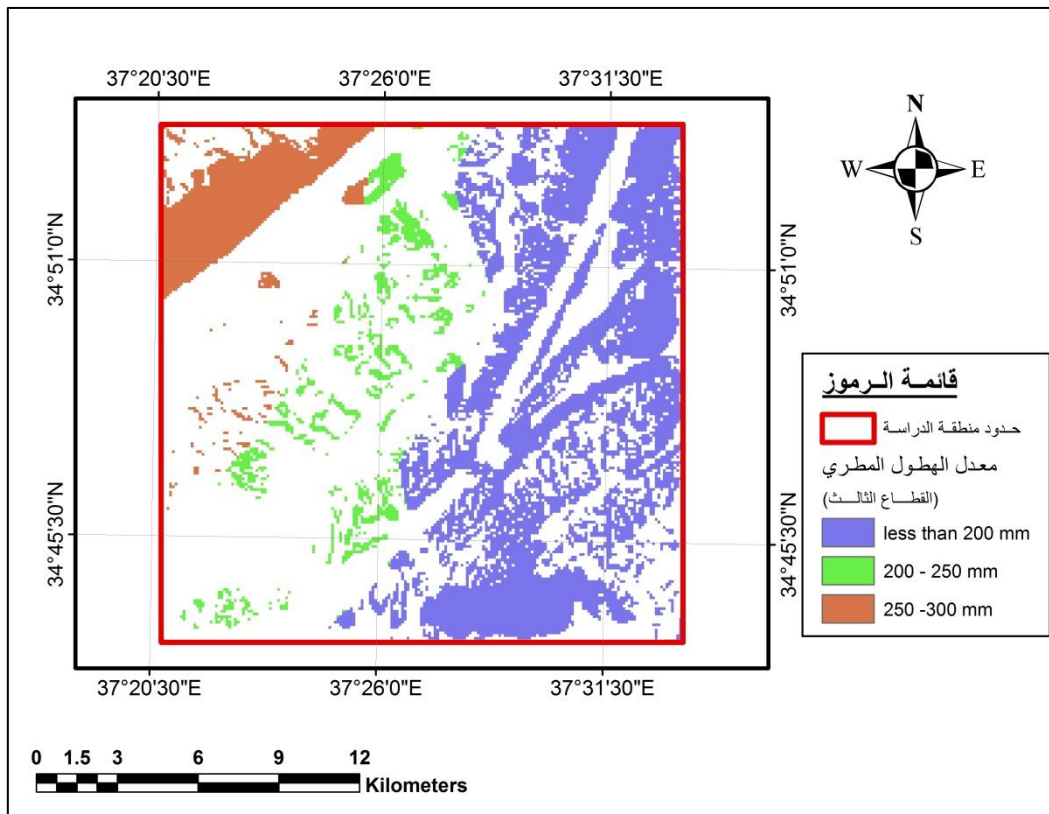
عند مطابقة النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي الجوفي مع النموذج الممثل لتصنيف كثافة

المسيلات نحصل على الشكل (5-41) حيث نلاحظ من هذا الشكل كثافة مسيلات منخفضة تشغل الجزء الأكبر من مساحة القطاع الأول والتي أعطيت التصنيف الأعلى (الرقم 5) مما يدل على معدل رشح عال . كما يسود القطاع الثاني كثافة مسيلات منخفضة، والقطاع الثالث كثافة مسيلات منخفضة إلى متوسطة وبالتالي جريان سطحي عال إلى حد ما كما هو واضح في كل من الشكل (5-42) والشكل (5-43) حيث إن الرقم الأعلى يدل عن كثافة المسيلات المنخفضة والرقم الأدنى يدل على كثافة المسيلات المرتفعة .

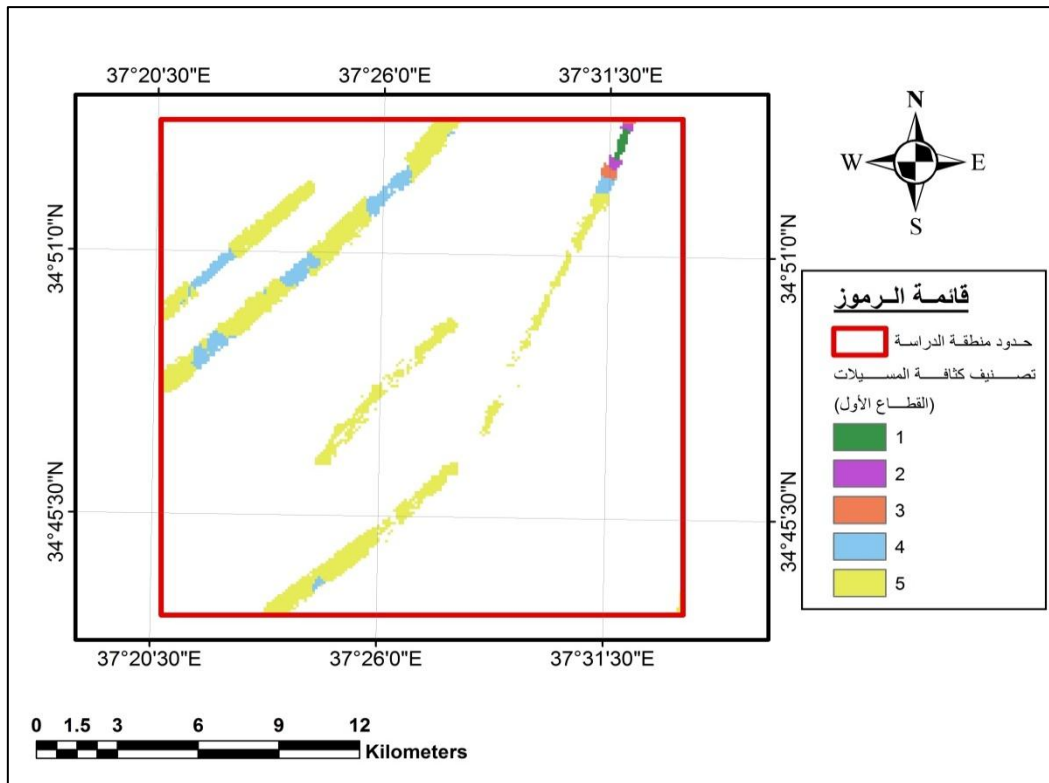




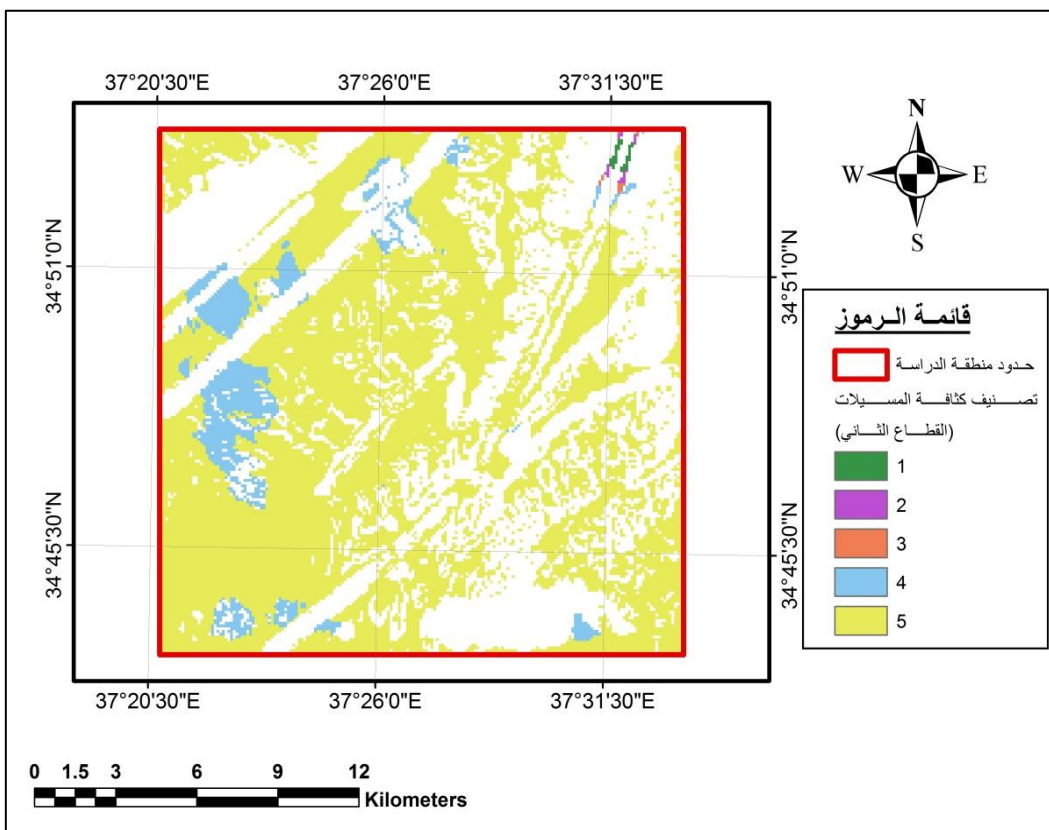
الشكل (5-39): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثاني



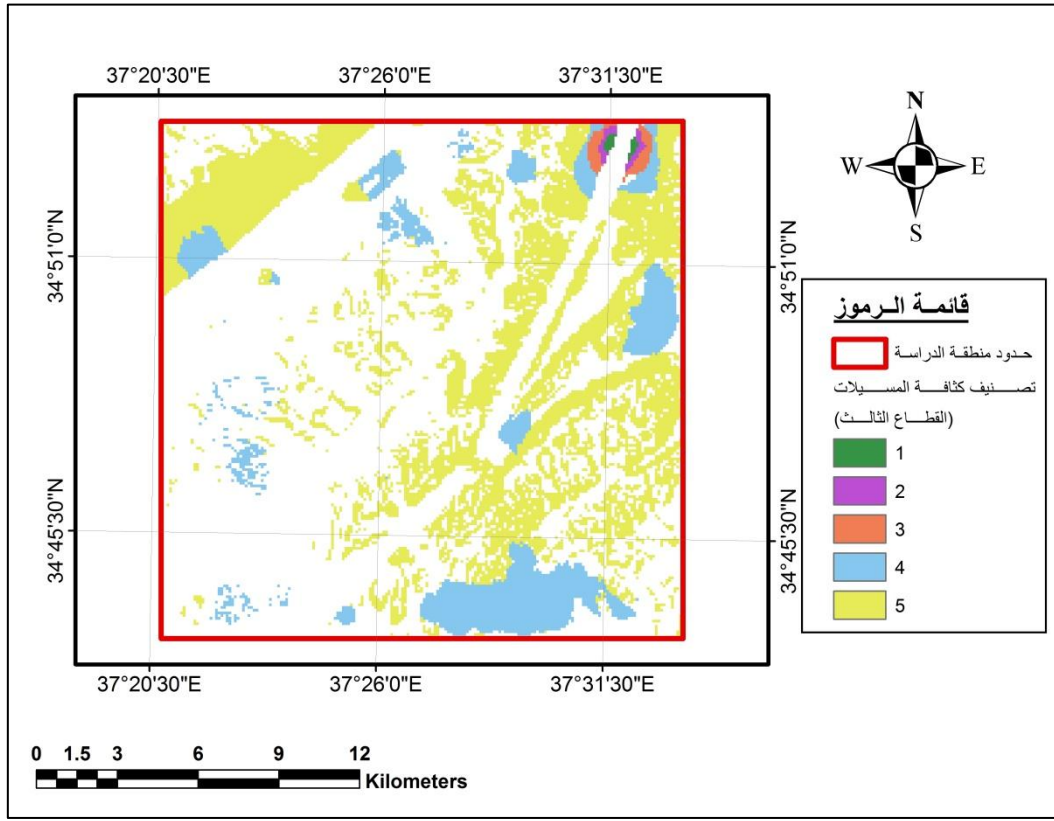
الشكل (5-40): توزيع قيم معدل الهطول المطري في القطاع الثالث



الشكل (5-41): تصنيف كثافة المسيلات في القطاع الأول



الشكل (5-42): تصنيف كثافة الميسيلات في القطاع الثاني

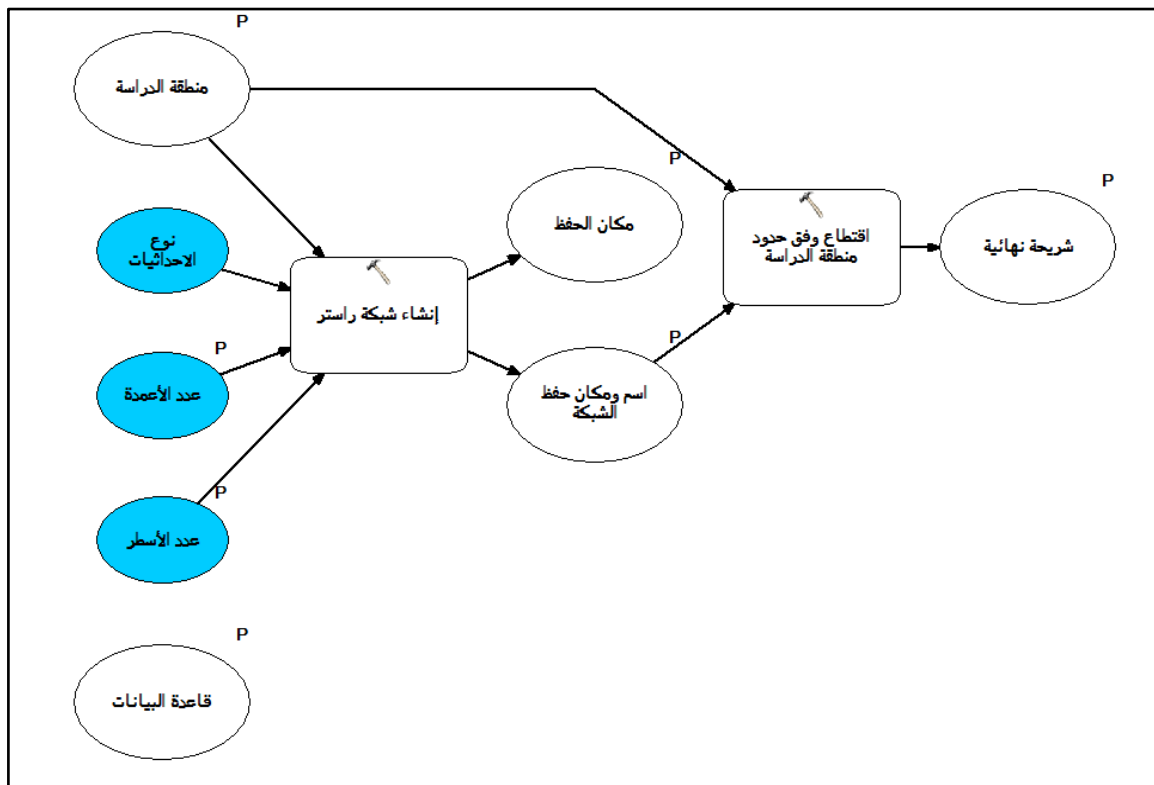


الشكل (5-43): تصنيف كثافة الميسيلات في القطاع الثالث

5-2- إيجاد النموذج الرياضي لتحديد قيم دليل المأمولية المائية :

تمّ إيجاد نموذج ModelBuilder لتحديد قيمة دليل الأمل المائي الجوفي والقيم المقابلة لها لعوامل التغذية المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي (الميل، الهطول المطري، الجيولوجيا، كثافة الميسيلات، كثافة التكتونيك (فوالق وقسمات خطية) في نفس الموقع المقاس من منطقة الدراسة وبالتالي تطبيقه في أي منطقة أخرى غير المنطقة المدروسة كما يبين الشكل (5-44). وبتطبيق هذا النموذج على الحالتين الدراسيتين الأولى والثانية بعدد أسطر ٢٠ وعدد أعمدة ٢٠ أيضاً نحصل على القيم المبينة بالملحقين (٣)(٤) وبالاستفادة من هذا النموذج وبالاستناد إلى ما ورد في الفصل الثالث عن تحليل الانحدار المتعدد نتج لدينا الجدولين (٥-٣) (٥-٤) ومنهما تم

إيجاد النموذج الرياضي الممثل للعلاقة بين قيم دليل المأمولية المائية وقيم العوامل المؤثرة في نفس الموقع من منطقة الدراسة، حيث تم الحصول على العلاقتين (١-٥) و (٢-٥) وذلك للحالتين الدراسيتين الأولى والثانية .وبين الشكلين (٥-٤٥) و (٥-٤٦) المنحني البياني الممثل للعلاقة بين القيم المقاسة والقيم المستنتجة لدليل المأمولية المائية للحالتين الأولى والثانية ،حيث القيم المقاسة والمستنتجة مبينة في الملحقين (٥) و (٦).



الشكل (٥-٤٤): نموذج ModelBuilder لقياس قيم دليل المأمولية المائية وقيم العوامل المؤثرة

5-2-1- الحالة الدراسية الأولى :

تمّ استنتاج النموذج الرياضي لتحديد قيم دليل المأمولية المائية من الجدول (٥-٣) والذي تم تمثيله بالعلاقة (٥-١):

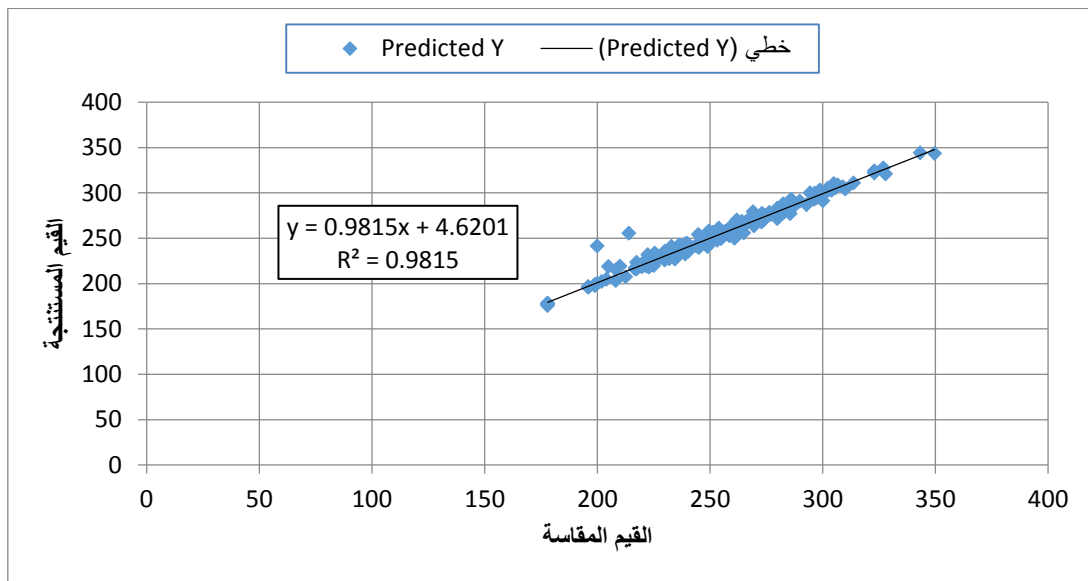
الجدول (٥-٣): النموذج الرياضي الممثل للعلاقة بين دليل المأمولية المائية والعوامل المؤثرة

	Coefficients	Standard Error
Intercept	-1.4929667	2.718842862
X1 Variable 1	15.1911059	0.447593464
X2 Variable 2	24.0267729	0.320861009
X3 Variable 3	20.5639952	0.337135458
X4 Variable 4	18.2741635	0.368506615
X5 Variable 5	22.2645401	0.293354852

$$Y = 15.191X_1 + 24.026X_2 + 20.564X_3 + 18.274X_4 + 22.26X_5 - 1.492 \quad (1-5)$$

$$R^2 = 0.9815 \text{ معامل التحديد}$$

ويبين الشكل (٥-٤) المنحني البياني الممثل للعلاقة بين القيم المقاسة والقيم المستنتجة



الشكل (٥-٤) المنحني البياني الممثل للعلاقة بين القيم المقاسة والقيم المستنتجة لدليل المأمولية المائية

5-2-2- الحالة الدراسية الثانية:

تمّ استنتاج النموذج الرياضي لتحديد قيم دليل المأمولية المائية من الجدول (٥-٤) والذي تم تمثيله

بالعلاقة (٥-٢):

الجدول (٥-٤): النموذج الرياضي الممثل للعلاقة بين دليل المأمولية المالية والعوامل المؤثرة

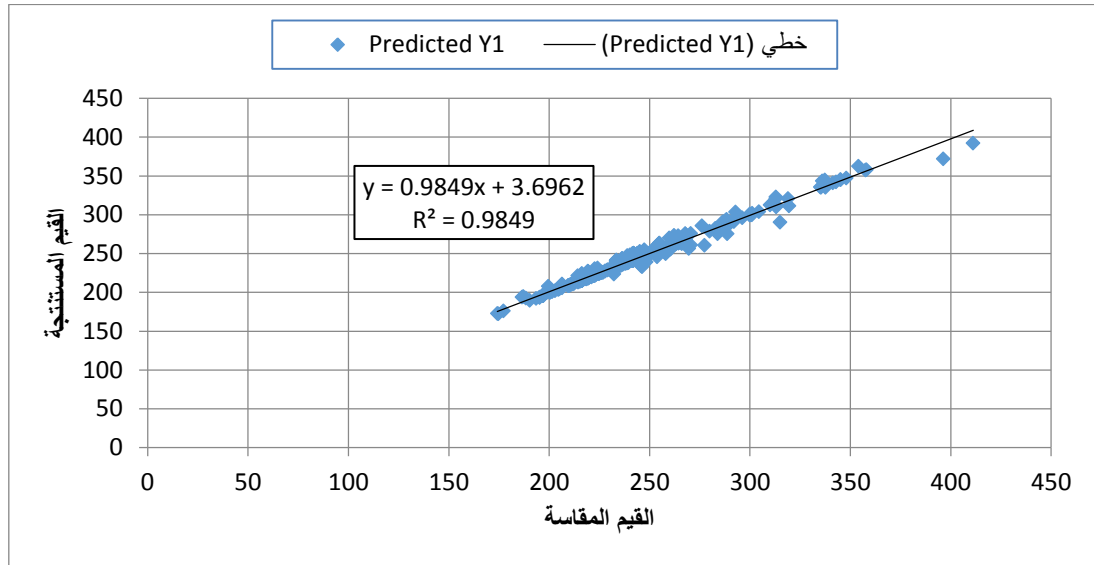
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>
Intercept	55.56184192	3.250246903
X1 Variable 1	22.97317171	0.278125639
X2 Variable 2	26.0364192	0.478314094
X3 Variable 3	12.67785969	0.307188019
X4 Variable 4	-8.437819909	0.452498398
X5 Variable 5	22.69634222	0.207010626

$$y = 22.973X_1 + 26.036X_2 + 12.677X_3 - 8.438X_4 + 22.696X_5 + 55.56 \quad (2-5)$$

$$R^2 = 0.9849 \text{ معامل التحديد}$$

X_1 : الميل، X_2 : الجيولوجيا، X_3 : الهطول المطري، X_4 : كثافة المسيلات، X_5 : كثافة التكتونيك

ويبين الشكل (٥-٦) المنحني البياني الممثل للعلاقة بين القيم المقاسة والقيم المستنتجة



الشكل (٥-٦) المنحني البياني الممثل للعلاقة بين القيم المقاسة والقيم المستنتجة لدليل المأمولية المائية

3-5- تأثير الفوالق : The effect of faults

5-1-3 الحالة الدراسية الأولى : First case study

ويبين المخطط الجيولوجي الذي أعد لمنطقة الدراسة أن كثيراً من التكرسات والفوالق التي

تكون في معظمها عرضانية تمتد باتجاه غرب - شرق وبشكل أقل باتجاه شمال - جنوب تتحرف

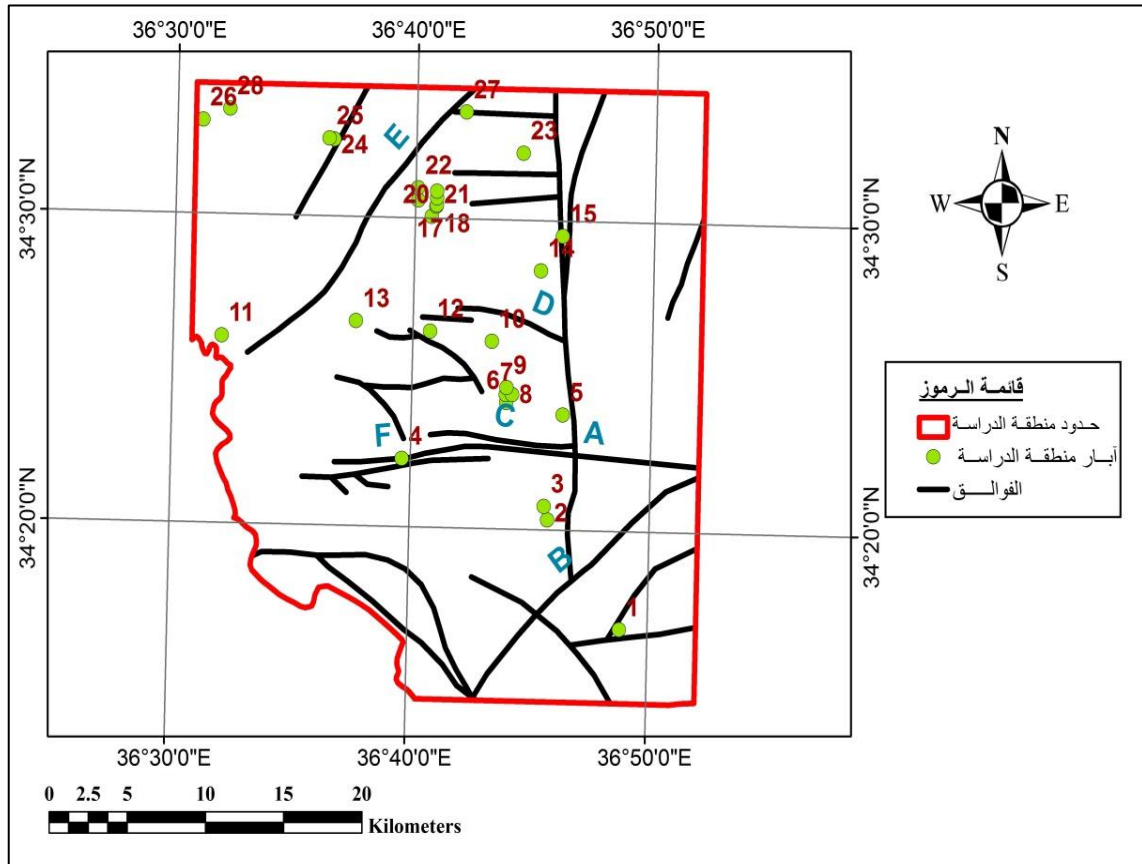
قليلاً شمالاً باتجاه الشرق كما تبين من الشكل (٥-٤٧).

تؤثر الفوالق التكتونية بشكل واضح على الظروف الهيدروجيولوجية للحوض حيث تشكل الفوالق

الموجودة بين البئرين (CH6، الديبة) وكذلك بين البئرين (المدينة الصناعية، CH5) والبئرين

(CH6، المدينة الصناعية) حاجزاً هيدروليكيّاً معيقاً لحركة المياه الجوفية وهذه الفوالق هي على

الترتيب: C,F,A حيث يبلغ الفرق في منسوب المياه الجوفية بين جانبيها القيم (305m)(187m)(218m) على الترتيب. أما الفوالق الواقعة بين البئرين (العبودية والنزارية) والبئرين (CH1,CH2) والبئرين (البريج ,المعمورة) وهي على الترتيب E, B, D. فتكون رميتها ضعيفة ومقاومتها الهيدروليكية لحركة المياه الجوفية ضعيفة حيث يبلغ الفرق في منسوب المياه الجوفية بين جانبيها (10m)(10)(26) على الترتيب .



الشكل (5-47): الفوالق مع توضيح أماكن توزع الآبار في الحالة الدراسية الأولى

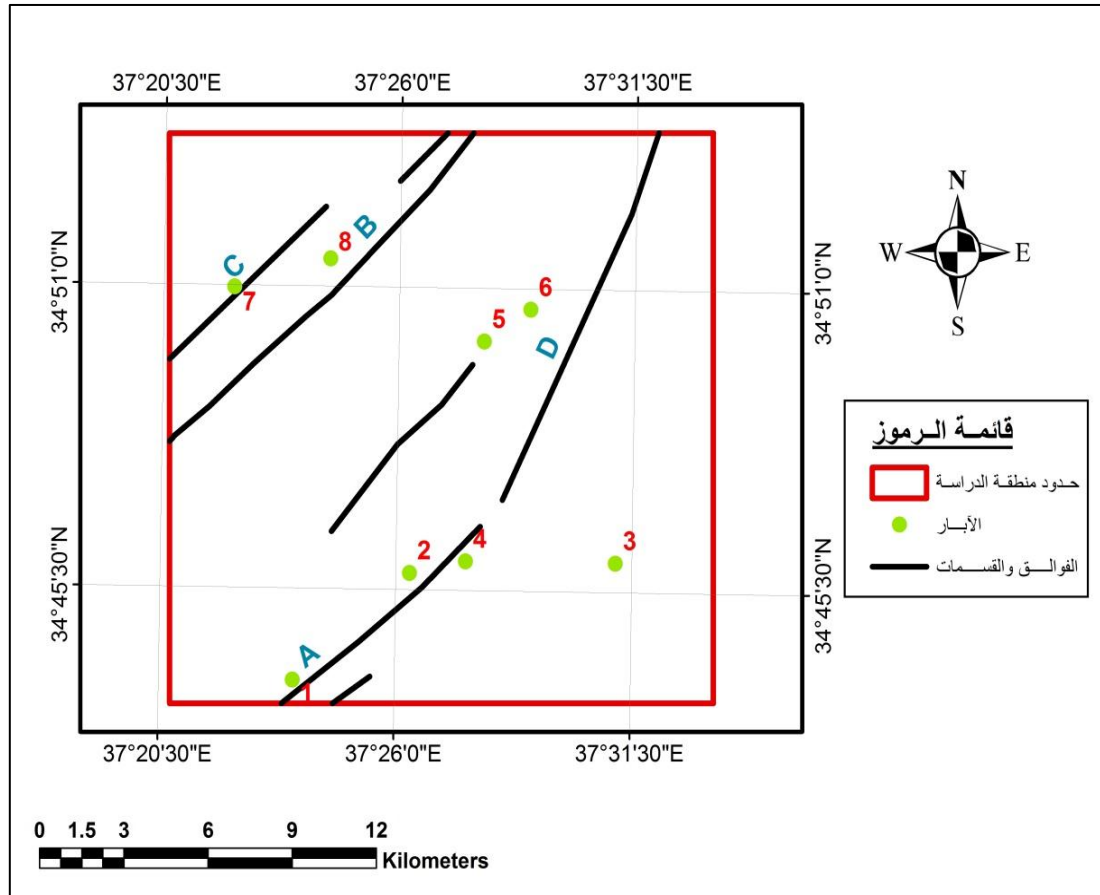
5-3-2- الحالة الدراسية الثانية: The second case study

يبين المخطط الجيولوجي الذي أعد لمنطقة الدراسة أن هناك عدداً من التكرسات والفوالق التي تمتد باتجاه شمال - غرب، شمال - جنوب كما تبين من الشكل (5-48).

تؤثر الفوالق التكتونية بشكل واضح على الظروف الهيدروجيولوجية للحوض حيث تشكل الفوالق

الموجودة بين البئرين (جب جبل ,الدرويشية) وكذلك بين البئرين (غزيل , رسم الأرنب) وهي على الترتيب B,A. حاجزاً هيدروليكياً معيقاً لحركة المياه الجوفية حيث يبلغ الفرق في منسوب المياه الجوفية بين جانبيها القيم (143m) (69m) على الترتيب. أما الفوالق الواقعة بين البئرين (غنيمان والدرويشية) وبين البئرين (رسم الأرنب، مزين البقر) وهي على الترتيب D,C. فتكون رميتها ضعيفة ومقاومتها الهيدروليكية لحركة المياه الجوفية ضعيفة حيث يبلغ الفرق في منسوب المياه الجوفية بين جانبيها (2m) (4m) على الترتيب .

وباعتبار أن الفوالق لها تأثير هيدروليكي وحسب الآبار المتاحة فلم يكن ممكناً معرفة التأثير الهيدروليكي للفوالق وذلك للحالتين الدراسيتين الأولى والثانية وبالتالي لا يمكن رسم خطوط تساوي المنسوب الستاتيكي بالطرق التقليدية .



الشكل (5-48): الفوالق مع توضيح أماكن توزيع الآبار في الحالة الدراسية الثانية

4-5-المقارنة بين طرق التحريات الجيوفيزيائية واستخدام تقنيات برنامج GIS:

من خلال ما ورد في الفصل الثالث عن الطرق الجيوفيزيائية وبتطبيقها على الحالتين الدراسيتين. يبين الجدول (5-5) مقارنة بين طرق التحريات الجيوفيزيائية والمستخدمه عند البحث والتنقيب عن المياه الجوفية وبين الطرق المكتبية باستخدام البرمجيات مثل برنامج GIS. حيث إن استخدام مثل هذه البرمجيات يوفر الوقت والجهد والتكلفة ويساعد في اختصار مناطق البحث عن المياه الجوفية واقتصارها على المناطق ذات الأولوية الأعلى، وبالتالي يؤثر إيجاباً على المردود الاقتصادي للمشروع . ولا تعدّ الدراسات الجيوفيزيائية وحدها بديلاً عن طرق التحري الأخرى، بل هي وسيلة مساعدة ومتممة لتوثيق المعلومات.

الجدول (5-5) مقارنة بين طرق التحريات الجيوفيزيائية والمكتبية (الجدوى الفنية والاقتصادية)

الطرق الجيوفيزيائية	استخدام البرمجيات المكتبية مثل برنامج الـ GIS
---------------------	---

<p>تعتمد نتائج استخدام البرنامج على دقة وموثوقية البيانات المدخلة وعلى خبرة المستخدم في اختيار التتابع المناسبة عند تحليل الشرائح بما يتناسب مع الموضوع المدروس، ونلاحظ بالنسبة للحالة الدراسية الأولى بالمقارنة بين المواقع المقترحة من قبل البرنامج وبين توزيع الآبار الفعلي ١ بئر من أصل ٢٧ بئراً تقع في المنطقة ذات الأولوية الأعلى، وباقي الآبار تقع في المناطق ذات الأولوية (٢)، كما لا يوجد أي بئر إنتاجي أو مراقبة يقع في المنطقة ذات الأولوية الأدنى (١) والتي تعد الأقل أفضلية لحفر الآبار، أما بالنسبة للحالة الدراسية الثانية فيكون توزيع الآبار الفعلي ٢ من أصل ٨ تقع في المنطقة ذات الأولوية الأعلى وباقي الآبار تقع في المناطق ذات الأولوية (٢)، كما لا يوجد أي بئر إنتاجي أو مراقبة يقع في المنطقة ذات الأولوية الأدنى (١) وهذا يدل على منطقية التحليل بمقارنة توزيع الآبار الفعلي مع المناطق المقترحة من قبل البرنامج</p>	<p>توفر الدراسات الجيوفيزيائية معلومات فنية موثوقة ودقيقة وفعالة من حيث الجودة وتسليم النتائج للاستشاريين في الوقت المحدد لمساعدتهم على إتمام المشاريع على الوجه الأمثل، ولكن يتطلب ذلك توفر فريق عمل جيد وقادر على إنجاز المهمة، كما يتطلب توفر أجهزة حديثة تواكب التطورات الحالية في هذا العلم الدقيق والمهم</p>
<p>- إن عملية تحديد المناطق المناسبة لحفر الآبار ومناطق الأمل المائي التي توصلنا إليها، ما هي إلا خطوة أولية في عملية البحث عن المياه الجوفية، حيث تمكننا من اختصار مناطق البحث بنسبة كبيرة واقتصارها على المنطقة ذات الأولوية الأعلى، وبالتالي</p>	<p>- إن الدراسات الجيوفيزيائية تعد أكثر تعقيداً من الناحية الإدارية والعملية من معظم طرق التحري الأخرى، فقد تتواجد بعض الصعوبات التي تعيق إنجازها مثل الصعوبات التي تواجه فريق العمل وتضاريس المنطقة وحرارة الجو وتقديم الدعم اللازم من الجهات المؤثرة في العمل، ولا تعد الدراسات الجيوفيزيائية وحدها بديلاً عن طرق التحري الأخرى،</p>

<p>بل هي وسيلة مساعدة و متممة لتوثيق المعلومات، ويجب الانتباه إلى اختيار الطريقة المناسبة تبعاً لهدف الاستكشاف وظروف المنطقة المطلوب تغطيتها بالمسح الجيوفيزيائي.</p>	<p>سهولة التخطيط لمواقع آبار المراقبة وآبار الضخ التي تقيدنا في التحقق من الوجود الفعلي للمياه، وكذلك اختصار مناطق الكشف عن وجود المياه باستخدام التقنيات الحديثة الجيوفيزيائية مثل أعمال مسوحات المقاومة الكهربائية للمنطقة المدروسة.</p>
---	--

تتمة الجدول (٥-٥):

الطرق الجيوفيزيائية	استخدام البرمجيات المكتبية مثل برنامج الـ GIS
<p>- إن دقة تفسير معطيات السبر الكهربائي الشاقولي تعتمد بشكل أساسي على شكل ونوعية منحنى السبر وتسلسل المتتالية وعدد الطبقات وسماكة كل طبقة بالنسبة لما قبلها ويتراوح الخطأ بهذه الطريقة (١٥ - ٢٥) %، كما أن عدم تجانس الطبقة الواحدة يؤدي دوراً كبيراً في دقة تفسير المعطيات حيث إن المنحنيات النظرية محسوبة على أساس طبقات متجانسة . كما أن كلفة السبر الواحد تصل حتى 100000 ليرة سورية، فإذا تمَّ سبر عشر نقاط فتصل التكلفة حتى مليون ليرة سورية، وتحتاج هذه الطرق إلى مدة زمنية تبلغ شهراً كحد أدنى لتنفيذ السبور والحصول على المخططات اللازمة إضافة إلى الوقت اللازم لتفسير هذه النتائج</p>	<p>- إن الاستخدام الفعال للحاسب يساعد في حل مشكلات معالجة وتفسير المعطيات الجيوفيزيائية. كما يطور عمل فريق المسح ويساعد في تقليص تكاليف المسح، الأمر الذي يزيد من كفاءة استخدام الدراسات الجيوفيزيائية حيث إن عملية اختصار مناطق البحث باستخدام البرنامج ذات أهمية بالغة في توفير كل من الجهد والوقت والتكلفة، وذلك يؤثر إيجاباً في المردود الاقتصادي للمشروع من حيث تخفيض النفقات الاستثمارية.</p>

يتبين مما سبق ومن خلال استخدام تقنيات التحليل المكاني في برنامج نظام المعلومات الجغرافية تم التحقق من النتائج التي توصلنا إليها للحالتين الدراسيتين الأولى والثانية وذلك في حال توفر بيانات خاصة للآبار (غزارة ومنسوب ستاتيكي). أما التحقق في حال عدم توفر بيانات خاصة بالآبار فتم من خلال مطابقة الخرائط الممثلة لكل من الجيولوجيا، الميل، التكتونيك، الهطول المطري، المسيلات. مع النموذج الذي تمَّ الحصول عليه والممثل لقطاعات الأمل المائي الجوفي

وذلك باستخدام نظام المعلومات الجغرافية حيث تبين انتشار التراكيب الجيولوجية النفوذة وكثافة الفوالق العالية والميول المعتدلة ومعدلات الهطول العالية وكثافة المسيلات القليلة في القطاع ذو الأولوية الأعلى. كما تمّ إيجاد نموذج لتحديد قيمة دليل الأمل المائي الجوفي والقيم المقابلة لها من عوامل التغذية المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي (الميل، الهطول المطري، الجيولوجيا، كثافة التكتونيك، كثافة المسيلات) في نفس الموقع المقاس من منطقة الدراسة وذلك باستخدام بناء النماذج في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية. وبلاستفادة من هذا النموذج استناداً إلى تقنية تحليل الانحدار تمّ إيجاد النموذج الرياضي الممثل لأوزان العوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي وكانت القيم الناتجة قريبة جداً من قيم الأوزان التي تمّ الحصول عليها بناء على آراء الخبراء. كما تمّ توضيح تأثير الفوالق في المنطقة المدروسة والتي تبين أن لها في بعض الأماكن دوراً عائقاً لحركة المياه الجوفية بينما في أماكن أخرى لها دور ناقل. كما تبين من خلال استخدام طرق التحريات الجيوفيزيائية عند البحث والتنقيب عن المياه الجوفية أنها تستهلك الكثير من الوقت والجهد والكلفة مقارنة مع البرمجيات التي تساعد في اختصار مناطق البحث عن المياه الجوفية وتقتصر على المناطق ذات الأولوية الأعلى وبالتالي تؤثر إيجاباً على المردود الاقتصادي للمشروع.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- اعتماد منهجية تنقيح جديدة لمنطقة الدراسة مشتقة رياضياً من مصفوفة المقارنة المزدوجة لرأي الخبراء (مصفوفة التنقيح المقترحة)، حيث أظهرت النتائج صحة نسب التنقيح المفترضة لمصفوفة التنقيح وذلك مقارنة مع نتائج الخبراء لمناطق مشابهة بفحص نسبة التوافق حيث $CR \leq 0.1$.

2- أعطت الأداة التي تم تطوير نمذجتها في برنامج نظام المعلومات الجغرافية لتنقيح العوامل المؤثرة في تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي نتائج دقيقة في منطقة الدراسة و توفر الوقت والجهد بنسبة كبيرة عند البحث عن المياه الجوفية وبالتالي حصر نطاقات المسوحات الهيدروجيولوجية والجيوفيزيائية .

3- يمكن الاستفادة من النموذج الممثل لقطاعات الأمل المائي في منطقة الدراسة والذي تم إنشاؤه باستخدام بناء النماذج Modelbuilder في برنامج نظام المعلومات الجغرافية من أجل تحديد قطاعات الأمل المائي الجوفي لأي منطقة أخرى ذات معطيات مشابهة للمنطقة المدروسة .

4- لوحظ توزيع القيم العالية لمناسيب وغزارة المياه الجوفية في أجزاء كبيرة من القطاع الأول لمناطق الأمل المائي وذلك باستخدام التحليل المكاني بطريقة كريغنج Kriging، IDW في برنامج نظام المعلومات الجغرافية .

5- تم إيجاد نموذج رياضي لقياس قيم دليل المأمولية المائية وذلك باستخدام بناء النماذج Modelbuilder في بيئة GIS، وبالتالي يمكن تطبيقه في أي منطقة أخرى غير المنطقة

المدرسة. ومنه تم إنشاء نموذج رياضي مقترح للمنطقة المدرسة لقياس قيم دليل المأمولية باستخدام تقنية تحليل الانحدار وذلك للحالتين الدراسيتين الأولى والثانية .

7- شكلت الفوالق مناطق أساسية لتغذية المياه الجوفية وموقعاً محتملاً لوجودها من خلال وجود آبار إنتاجية في هذه المواقع وبالقرب منها وذلك من خلال تطابق مخطط قطاعات الامل المائي الجوفي مع الفوالق والآبار .

التوصيات :

1- الآبار داخل منطقة الدراسة يتوزع معظمها خارج القطاع الأول لذلك نقترح إعادة التوثيق بالدراسات الجيوفيزيائية وحفر آبار جديدة فيه وإهمال بقية القطاعات وبالتالي الاسهام في استثمار أفضل وتحقيق جدوى اقتصادية في تكاليف الدراسات الجيوفيزيائية والبحث العلمي واتخاذ قرار فعال في مجال إدارة المياه .

2- مسح المواقع الملائمة للتحقق من أن المواقع غير مشغولة باستخدامات اقتصادية اجتماعية عالية للأرض.

3- التوسع في المعطيات (البيانات) من خلال زيادة العوامل المؤثرة مثل نفوذية التربة من مواقع متعددة ضمن منطقة الدراسة لتوثيق مدى ملائمتها في تشكل المياه الجوفية والتي تؤدي إلى دقة أكثر في النتائج .

4- يمكن تطوير عملية التغذية للمناطق عديمة ومنخفضة المأمولية المائية الجوفية وذلك من خلال إقامة مشاريع التغذية الاصطناعية من مياه الجريان السطحي والتي يتطلب تحديد مواقعها دراسات مستقلة يمكن أن تقدم في أبحاث أخرى.

5- استخدام هذه التقنيات وتطبيقاتها في إدارة الموارد المائية مما يساعد في تقليل الفجوة بين الموارد المتاحة والإمكانات المأمولة لحل مشكلة نقص المياه والاستخدام الأمثل لها وبأقل كلفة.

6- عدد الآبار المحفورة قليل وموزعة عشوائياً بالنسبة للمساحة الكبيرة المدروسة، لذلك نوصي

بحفر أبار مراقبة لرصد حركة المياه الجوفية مع مراعاة أخذ القراءات بشكل شهري.

7- إن الطرق الرديفة المستخدمة في هذا البحث (الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية) لا

تحل محل طرق الاستكشاف التقليدية (الجيوفيزيائية والجيوكهربائية....) وإنما هي طرق داعمة

توفر الوقت والجهد والتكلفة من خلال اختصار مناطق البحث عن المياه الجوفية واقتصارها

على المنطقة ذات الأولوية الأعلى وتساهم في رسم الاستراتيجيات المائية وصنع القرار.

المراجع العربية والأجنبية:

المراجع العربية:

- 1- الأسعد ،علي. حايك، شريف. عمار، غطفان . عبد الرحمن، عباس. 2014، العلاقة بين الهطل المطري ومناسيب المياه الجوفية في السهل الساحلي لنهر الكبير الشمالي – سورية – مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (2) 2014
- 2- الأسعد، علي. عبد الرحمن، عباس. تقدير الموارد الجوفية الحرة في القطاع الثالث من وادي الفرات الأدنى، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد 2012 (1) .
- 3 - الأزهرى، محمد إيهاب . تطبيقات عملية في نظم المعلومات الجغرافية: 2009
- 4- السباعي ،محمود. استخدام النمذجة الرياضية للمياه الجوفية كأداة فعالة للإدارة : دراسة حالة من سورية- مجلة أكساد ٥(١):٢٠-٣٠ ٢٠١٢ .
- 5- السهلي ، محمد . مدخل إلى نظم المعلومات الجغرافية، جامعة الكويت ، 2010.
- 6- السيد خليل ، محمد أحمد . المياه الجوفية والآبار، 2005.
- 7- الشركة العامة للدراسات المائية – التقرير الهيدروجيولوجي لدراسة تأمين المياه الصناعية جنوب حسياء في محافظة حمص – ٢٠٠٤.
- 8- الطعاني، أيمن. 2010، المجلة الدولية لتطبيقات نظام المعلومات الجغرافي والاستشعار عن بعد Vol."جامعة الملك فيصل .قسم الدراسات الاجتماعية.

- 9- الملحم، محمد . دراسة خصائص المنطقة المقام عليها سد قنوات باستخدام الطرق الجيوكهربية وتقنيات الاستشعار عن بعد بمحافظة السويداء، مكتبة الأسد الوطنية، ٢٠٠٢.
- 10- الهيئة العامة للاستشعار عن بعد - صور جوية وفضائية .
- 11- داود، جمعة محمد. أسس وتطبيقات الاستشعار عن بعد، القاهرة، جمهورية مصر العربية ٢٠١٥.
- 12- داود، جمعة محمد. مبادئ علم نظم المعلومات الجغرافية القاهرة، جمهورية مصر العربية، ٢٠٠٩.
- 13- سلامة ، معن . استثمار المياه الجوفية، جامعة البعث، 2009 .
- 14 - سلامة، معن . الهيدروجيولوجيا (1) ، جامعة البعث، 2007.
- 15- عبد الرحمن ،عباس . عمار، غطفان. خضور، ريم. التنبؤ بخريطة تساوي مناسيب المياه الجوفية الحرة باستخدام طرائق الإحصاء المكاني في سهل جبلة - اللاذقية - سورية - مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (53).
- 16- عبد الفتاح، مصطفى محمد . الانحدار المتعدد، كلية العلوم، جامعة المنصورة، مصر ٢٠٠٩.
- 17- عبده، وسام الدين، إدارة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام البرنامج، ArcGIS Desktop مكتبة المتنبي، الدمام، المملكة العربية السعودية 2012 .
- 18- عساس، فاتن. دراسة نسبة التباين المفسر في نموذج الانحدار المتعدد التدريجي في ضوء أحجام عينات مختلفة مجلة البحث العلمي فى التربية - كلية التربية - جامعة أم القرى - المملكة العربية السعودية -العدد العشرون) ج ٩ 2019 .
- 19- علوان، ابراهيم . استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة الينابيع العذبة تحت البحر في الساحل السوري، مجلة الاستشعار عن بعد، العدد العاشر، 1998.

- 20- علوان ، ابراهيم . التحليل المكاني للمياه الجوفية واستثمارها في محافظة صلاح الدين، جامعة تكريت، ٢٠٠٦.
- 21- عمار، أسامة . تقنيات الاستشعار عن بعد واستخداماتها في الدراسات الهيدرولوجية" ، ندوة معالجة المعلومات ومعطيات الاستشعار عن بعد ودورها في دعم التنمية الشاملة، دمشق، سورية 1996.
- 22- مصطفى، عبد الباقي. التعريف بمقدرة الاستشعار عن بعد لاستكشاف المياه الجوفية، السودان 2012 .

المراجع الأجنبية :

- 23- A.Argaz , B.Ouahman , A.Darkaoui, H.Bikhtar,K.Yabsa,2019.Application of remote sensing techniques and gis –multicriteria decision analysis for groundwater potential mapping in Souss watershed , Morocco.Journal of materials and environmental sciences 2019,volume10,issue5, page 411-421.
- 24- Abel O.Talabi & Moshood N.Tijani.2011.Integrated remote sensing and approach to groundwater potential assessment in the basement terrain of Ekiti area south western Negeria,RMZ-Materials and Geoenvironment, Vol.58, No.3, pp 303-328, 2011.
- 25- A. Gaber, M. Koch, and F. El-Baz, "Textural and compositional characterization of wadi Feiran deposits, Sinai Peninsula, Egypt, using Radarsat-1, PALSAR, SRTM and ETM+ data, "Remote Sensing, vol. 2, no. 1, pp. 52-75, 2009.
- 26- A. Gaber, M. Koch, M. H. Griesh, and M. Sato, "SAR remote sensing of buried faults: Implications for groundwater exploration in the Western Desert of Egypt, "Sensing and Imaging: An International Journal, vol. 12, no. 3, pp. 133-151, 2011.
- 27- Al-Abadi A. M., 2011. "Hydrologic and hydrogeological analysis of

- northeasten Missan governorate, south of Iraq using GIS". Ph.D. thesis. Baghdad University, Iraq. 220p .
- 28- Alem Tiruneh. (2006). Hydrogeology of Modjo River Catchment (Ethiopian Rift Valley) MSc Thesis, Addis Ababa University, pp159.
 - 29- Ali, O,F.2006 . Hydrogeological Studies on Lower Cretaceous rocks (Nubia SandStone aquifer) in Central Sinai , Egypt . Ph.D.Thesis , Fac. Sci Azhar university , Egypt , 282 pp. 113-Ali El-Naqa ,Nazar, Hammouri, Khalil Ibrahim and Masdouq El-Taj, 2009. Integrated Approach for groundwater exploration in Wadi Araba using remote sensing and gis .Jordan Journal of civil Engineering ,Volume 3,No.3,2009.
 - 30- Allaa Al-Abadi,Ayser Al - Shamma,2014.Groundwater potential mapping of the major aquifer in northeastern Missan Governorate , south of Iraq by using Analytical Hierarchy process and gis .Journal of environment and earth science vol.4,N.10,2014
 - 31- Al-Muqdadi, S. W. (2012). Groundwater investigation and modeling western desert of Iraq. Technische Universität Bergakademie Freiberg. PhD. Thesis .
 - 32- A.M. Hachem, E. Ali, E.O. Abdelhadi, E.H. Abdellah, K. Said. Using Remote Sensing and GIS-Multicriteria decision Analysis for Groundwater Potential Mapping in the Middle Atlas Plateaus, Morocco. Research Journal of Recent Sciences 4(7) (2015)33-41.
 - 33- Andrew N. Harrington , 2020 , Hands-on Python Tutorial , Computer Science Department, Loyola University Chicago .
 - 34- Anirudh Bhowmick , Jai Ram Ojha ,2019 .Integrated gis and remote sensing techniques for geospatial analysis of groundwater potential zones of Bilate river Catchment ,Main Ethiopian Rift Vally . International Journal of innovative technology and exploring engineering (IGATE), Volume -8 Issue -6S, April 2019.
 - 35- Aryamanesh, M., Zare, M. and Kushy, T. M. (2009), The effect of Active Tectonics on Aquifer Creation, a Case Study: Isfahk District, Eastern Iran. World Applied Sciences Journal, Vol. 6, No. 11, pp. 1441-1446.

- 36- Baharuddin, T. M., Tjahjanto, D., Othman, A. R., Ab. Latiff, A. A., Masiri, K. and Wong, W. C. 2006. Application of geographic information system (GIS) in demarcation groundwater potential zones, National Conference – Water for Sustainable Development Towards a Developed Nation by 2020, 13-14 July 2006, Guoman Resort Port Dickson.
- 37- Basavarajappa H.T, Manjunatha M.C and JeevanL (2014). Application of geoinformatics on delineation of groundwater potential zones of Chitradurga district, Karnataka, India. International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET), IAEME, Vol.5, Issue.5, Pp: 94-108.
- 38- Basavarajappa H.T, Dinakar S, Satish M.V, Nagesh D, Balasubramanian A and Manjunatha M.C (2013). Delineation of Groundwater Potential Zones in Hard Rock Terrain of Kollegal Shear Zone (KSZ), South India, using Remote Sensing and GIS. International Journal of Earth Sciences and Engineering (IJEE), Cafet-Innova, Hydrology & Water Resource Management- special issue, Vol.6, No.5, Pp: 1185-1194.
- 39- BasavarajHutti and Basavarajappa H.T (2014)."Assessment of river basin for engineering restoration in Ghataprabha catchments using Geo-informatics applications" International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET), ISSN 0976-6367.
- 40- Bawallah M.A., Aina A.O., Ilugbo S.O., Olufemi B., Ola Sunkanmi N.K.Olaogun S.O,Ajayi-Gidi I.O.2018,Modelling of groundwater potential using gis and multi – criteria decision analysis around Kwara State ,South western Nigeria .IOSR Journal of applied geology and geophysics (IoSR-JAGG).Volume6,Issue 3 Ver.II(May-June, 2018),pp58-67.
- 41- Busavarajappa H.T, Jeevan L ,Manjunath M.C.2014 . Delineation of ground water potential zones in precambrian hard rock terrain of Tumakuru district, Karnataka , India using geomatics application , international Journal of Civil engineering and technology (IJCIET),Volume5, Issue 12, December (2014), pp.305-315.
- 42- Butler,DK,2005.Near-surface geophysics ,Society of Exploration

Geophysicists, Tulsa (Oklahoma).

- 43- C. Chuma, 2011. Investigating the Occurrence of Groundwater in the Low Yield Aquifer within Matsheumhlope Wellfield, Unpublished M.Sc. Thesis, National University of Science and Technology Library, Bulawayo.
- 44- Colin Lindeman, 2015, Create a Python Tool that Summarizes ArcMap Layer Properties. Pacific, Disaster Center . 60 au Winter 2015 esri.com.
- 45- Constant Chuma , Oluwagbenga O.I.Orimoogunje, Joseph O.A.Kinyede, 2013.Application of remote sensing and geographical information systems in determining the ground water potential in the Crystalline basement of Bulawayo Metropolitan area , Zimbabwe.Advances in remote sensing ,2013, 2,149-161.
- 46- DAVID J. LILJA ,Linear Regression,2016,Using R,AN INTRODUCTION TO DATA MODELING ,University of Minnesota, Minneapolis ,Minnesota, USA, Copyright c 2016 by David J. Lilja.
- 47- Dhabia W. M. Bakhit,1999. Environmental and Management Problems in The Hydrology Of The United Arab Emirates. Theses Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in the Department of Geological Sciences University of South Carolina.
- 48- David W.Allen . 2014 . Gis Tutorial for Python Scripting . United States of America, Esri press , 380 New york Street , Redlands, California 92373-8100.
- 49- E. Anthony, 2006. Groundwater Exploration and Management using Geophysics: Northern Region of Ghana, Ph.D dissertation, Dept. Env'tal. Sci. & Pro Eng., BTU Cottbus.
- 50- E. Danielsen, T. Dahlin, R. Owen, P. Mangeya and E. Auken, 2007. Geophysical and Hydrogeologic Investigation of Groundwater in the Karoo Stratigraphic Sequence at Sawmills in Northern Matabeleland Zimbabwe: A CaseHistory," Hydrogeology Journal, Vol. 15, No. 5, pp. 945-960.

- 51- F.Lalbiaknawia ,2015 . Application of remote sensing and gis techniques for groundwater potential zones mapping in Aizawl District ,Mizoram,India ,International Journal of engineering sciences & research technology ,Lalbinakmawia,4(1): January.
- 52- GHoubache,S.Y, 2013 . Hydrogeological Studies Of the Malha sandstone aquifer at SUDR EL-HEITAN area, central sinai, Egypt.
- 53- Gunawardena GMWL ,2011. Land use planning in war ravaged areas of Sri Lanka, Master thesis, The University of Tokyo, 106174, p 134
- 54 -Hasan El-Kadi ,Islam Abou El-Magd,Osama Abdel –Raouf ,Osman Ebrahim, 2018. Integrating Geospatial and Geophysical Information for mapping groundwater potential zones – case study of Matrouh – Negilla Basin ,North Western Coast ,Egypt .2018IJSRSET,Volume4,Issue10,print ISSN:2395-1990.
- 55- H. Elwa and A. El Qaddah, 2011. Groundwater potentiality mapping in the Sinai Peninsula, Egypt, using remote sensing and GIS watershed-based modeling,” Hydrogeology Journal, vol. 19, no. 3, pp. 613-628.
- 56- Hsin-Fu Yeh-Cheng-Hawlee,Kuo-Chin Hsu.Po-Hsun Chang ,2008.Gis for assessment of the groundwater recharge potential zone. Environeol 58: 185-195.
- 57- Hussein Nasser,2014, Geodatabases Birmingham,Learning ArcGIS PB, UK. ISBN32 Copyright © 2014 Packt Publishing.
- 58- IP.Senanayake,D.M.D.O.K.Dissanayake,B.B.Mayadunna,W.L.Weerasekera , 2016. An approach to delineate groundwater recharge potential sites in Ambalantota ,Sri Lanka using gis techniques. China university of geosciences frontiers7(2016) 115-124.
- 59- James Hetherington, January 17, 2020. An introduction to Python Programming for Research.
- 60- JASIN, B., HARUN, Z., SAID, U. & SAAD, S, 2005. Permian Radiolarian Biostratigraphy of the Semanggol Formation, south Kedah, peninsular Malaysia. Geological Society of Malaysia Bulletin, No.51, p.19-

30.

- 61- Jassim, S. Z. and Goff, J. C, 2006. "Geology of Iraq", Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, Czech Republic, 431p.
- 62- Jet Brains, 2019. Python Developers Survey 2018 Results. [online] Available at: <https://www.jetbrains.com/research/python-developerssurvey-2018>
- 63- J.E. Tomlinson , J.H. Arnott, J.J. Harou,2020. A water resource simulator in Python, Department of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, The University of Manchester, Manchester, M13 9PL, United Kingdom.
- 64- Juhartini , Muhammad Suyanto ,2015. The Use of Programming Languages on the Final Project Report by Using Analytical Hierarchy Process (AHP), School Of Information Management and Computer AMIKOM, STMIK AMIKOM Yogyakarta Yogyakarta, Indonesia, (IJACSA) International Journal Of Advanced Computer Science and Application, Vol. 6, No. 9, 2015- JGE (Jordan Geography and Environment). 2001. Jordan's water shortage. Available at www.kinghussein.gov.jo/geo_envi4.html
- 65- Kebede S, 2013. Groundwater in Ethiopia: Features, vital numbers and opportunities. Springer, Berlin. ISBN978642303906. Availabletopurchaseat.
- 66- Khushbu Kumar ,Suniti Yadav ,2018.Linear regression analysis study,Department of Anthropology, University of Delhi, New Delhi, India ,<http://www.j-pcs.org> on Wednesday, May 23, 2018, IP: 14.139.45.244, Article in Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences · January 2018.
- 67- K. M. Fred, B.C. Muhangu, C.O. Juma, and I.T. Githae, , 2002. "Groundwater resources in Kenya" Presented at Groundwater International Workshop, Tripoli, Libya, June 2-4.
- 68- Koçal, A, 2004. A methodology for detection and evaluation of lineaments from satellite imagery, Ms.C. Thesis, Middle East Technical University,

- 69- Kuria, D.N., Gachari, M.K., Macharia, M.W. and Mungai, E, 2012. "Mapping groundwater potential in Kitui District, Kenya using geospatial technologies". International Journal of Water Resources and Environmental Engineering Vol. 4(1). 15-22.
- 70- Kurt Schmidheiny ,2020.The Multiple Linear Regression Model,Short Guides to MicroeconometricsFall 2020,Unversity at Basel Bern, Switzerland, and Corfu, Greece ,Linear regression, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics , .
- 71- Laura Tateosian , 2015 . Python for Arc Gis , North Carolina State university Raleigh , NC , USA , ISBN 978-3-319-18397-8.
- 72- Lazim, S. A, 2002. "The possibility of using groundwater Formation (Bai-Hassan and Mukdadiyah) in Bazurgan area-the economic evaluation and suitability for human and industrial usage", Unpublished Master Thesis, University of Baghdad, College of Civil Engineering, 99p.
- 73- Lidij aStirn Zadnik,2010. MULTIPLE CRITERIA METHODS WITH FOCUS ON ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND GROUP DECISION MAKING , University of Ljubljana, Biotechnical Faculty-Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenia ,2010.
- 74- Luca Ciabatta, Christian Massari, Luca Brocca, Christoph Reimer, Sebastian Hann,Christoph Paulik, Wouter Dorigo, Wolfgang Wagner, 2016. USING PYTHON@LANGUAGE FOR THE VALIDATION OF THE CCI SOIL MOISTURE PRODUCTS VIA SM2RAIN PeerJ Preprints CC BY 4.0 Open Access | rec: 26 Sep 2016,publ: 26 Sep 2016.
- 75- Manap, M. A., Nampak H., Pradhan B., Lee, S., Azmin Sulaiman W., Ramli M., 2012. "Application of probabilistic-based frequency ratio model in groundwater potential mapping using remote sensing data and GIS". Arab J. Geoscience. DOI 10.1007/s12517-012-0795-z.
- 76- Masoud Nosrati , Sahneh Branch , 2011. Islamic Azad University,Sahneh, Iran, Python: An appropriate language for real world programming . World Applied Programming, Vol (1), No (2), June 2011. 110-117 ISSN: 2222-

2510.

- 77- Masha'el Mohammed Al Saud ,2010. Mapping potential areas groundwater storage in Wadi Aurnah basin ,western Arabian Peninsula , using remote sensing and geographic information system techniques.Doi:10.1007/S.
- 78- Mati, B.M., Muchiri, J. M., Njenga, K., Penning de Vries, F., Merrey D.J, 2005. "Assessing water availability under pastoral livestock systems in drought-prone Isiolo District, Kenya". Working Paper 106. Colombo, Sri Lanka: Int. Water Manage. Insti. (IWMI).
- 79- M. Ataei, M. Jamshidi, F. Sereshki, and S.M.E. Jalali ,Mining method selection by AHP approach,2008 . Shahrood University of Technology. © The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2008. SA ISSN 0038–223X/3.00 +0.00. Paper received April 2007; revised paper received October 2008.
- 80- McKinney, W, 2012. Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython. Sebastopol, California: O'Reilly Media Sebastopol, CA.
- 81- Milton Ospina , Tom Wesp , 2005. Supporting the planning process with ArcGis modelbuilder and visualization tools , Urban and regional planning Solutions manager , Esri- SanAntonio.
- 82- MINERAL AND GEOSCIENCES DEPARTMENT, MALAYSIA ,2004. Impact of the 26th December 2004 Tsunami on Groundwater Systems and Groundwater Based Water Supplies in Malaysia.
- 83- MIRSAC, 2010. Ground water potential zonation and surface water mapping of Mizoram. using Remote Sensing and GIS. Mizoram Remote Sensing Application Centre, Directorate of S&T, Mizoram.
- 84- MWI (Ministry of Water and Irrigation),2009. "Water for Life:Jordan's Water Strategy 2008-2022," Amman, 2009.
- 85- Nahla A Morad, N.A., et al,2014. Hydrologic factorscontrolling groundwater salinity in the Northwestern coastal zone, Egypt. J. Earth Syst. Sci., 123 (71567– 1578 (Indian Academy of Sciences).
- 86- Najmeh Yazdani,Mohammad Aryamanesh .2013,Study of the Role of

Structural Elements in Aquifers Detection ,using RS & Gis , A Case study East of Tabas Central Iran .International Bulletin of water resources & Development ,Vol .(I)-No.01-fall 2013.

- 87- National Rainfed Area Authority, 2011.Monitoring and Evaluation of Artificial Recharge of Ground Water Programmes/Schemes/Projects in the Rainfed Regions of Maharashtra, Planning Commission Government of India, New Delhi, 18.
- 88- Nezar Hammouri ,Ali El-Naqa ,Mohammed Barakat ,2012.An integrated Approach to groundwater exploration using remote sensing and geographic information system .Journal of water resource and protection, 2012, 4,717-724.
- 89- Ng'ang'a, S.K, 2007.“Integrated Water Resources Management for Crop Production and Domestic water Supply in Makueni District, Eastern Kenya”. MSc. Thesis. Biomechanical and Environmental Engineering Department, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Nairobi, Kenya.
- 90- N.Kalantari.A.Khoobyari .A.Charchi.M.R.Keshavarzi ,2010.Deciphering groundwater potential zones in Sand Stone terrain based on gis applications .International Applied geological congress ,Islamic Azad university ,Iran ,26-28 April 2010.
- 91- O. Ait El Mekki, N. Laftouhi,2016. Combination of a geographical information system and remote sensing data to map groundwater recharge potential in arid to semi-arid areas : the Haouz Plain, Morocco. Earth Sci Informatics 2016.
- 92- OyinLoye, A. O. & AdeMiLua, O. L, 2005. The nature of aquifer in the crystalline basement rocks of Ado-Ekiti, IgedeEkiti and Igbara-Odo areas, southwestern Nigeria. Pak. J. sci. Ind. Res. Vol. 48, No. 3, pp. 154–161.
- 93- Pankaj Kumar , Srikantha Herath , Ram Avtar Kazuhiko Takeuchi, 2016.Mapping of groundwater potential zones in Killinochi area ,Srilanka, using gis and remote sensing techniques .Springer international publishing Switzerland 2016.

- 94- Pieter Kempeneers , Ondrej Pesek, Davide De Marchi and Pierre Soille, 2019. pyjeo: A Python Package for the Analysis of Geospatial Data, International journal of geo information.
- 95- Purity M.Kibetu, George M.Thumbi,George O .Okwadha,Maurice O.Nyadawa, 2015.Groundwater mapping of Makueni County ,Eastern Kenya using remote sensing and geographical information system (gis) technologies .Journal of international Academic Research for multidisciplinary ,impact factor 1.625 ,ISSN:2320-5083, Volume 3,ISSue8, September 2015.
- 96- R.Al-Ruzouq , A.Shana bleh and T.Merabtene ,2015.Geomatics for mapping of groundwater potential zones in Northern part of the united Arab Emiratis –Sharjah City . The international Archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences ,Volume XL-7/w3, 2015.
- 97- Rangzan,k , 2008 . Remote Sensing and GIS Approach for Water-Well Site Selection, Southwest Iran.
- 98- R. Choukr-Allah, R. Ragab, L. Bouchaou, D. Barcel. The Souss-Massa River Basin, 2017, Morocco.
- 99- R. M. Teeuw, 1995. “Groundwater Exploration Using Remote Sensing and a Low-Cost Geographical Information System,” Hydrogeology Journal, Vol. 3, No.3, pp. 21-30.
- 100- Roseline Bilina and Steve Lawford, 2012. PYTHON FOR UNIFIED RESEARCH IN ECONOMETRICS AND STATISTICS, Econometric Reviews, 31(5):558–591, 2012.ISSN: 0747-4938 print/1532-4168 online. Rubin ,Y. Hubbard,S, 2005 - Hydrogeophysics, Berlin.
- 101- Tam ,Vu. T , 2011 . A multi-analysis remote-sensing approach for mapping groundwater resources in the karstic Valley, Vietnam.
- 102- Richard L. Halterman , 2016 . Fundamentals of Python Programming , Southern Adventist University.
- 103- Saaty, T.L, 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 48(1), pp. 9-26.

- 104- Saaty, T.L, 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International , Journal of Services Sciences, 1(1), pp. 83-98.
- 105- Saaty, T. L. and Vargas, L. G, 2000. "Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process", Boston.Kluwer Academic Publishers, 352p.
- 106- Samy Ismail Elmahdya, and Mohamed Mostafa Mohamed, 2013. Groundwater potential modelling using remote sensing and GIS: a case study of the Al Dhaid area, United Arab Emirates , Civil and Environmental Engineering Department, United Arab Emirates University.
- 107 -Sara M.Abouzied ,May Yuan ,Samia K.Ibrahim,Mona F.Kaiser , and Tarek A.Seleem,2016.Delineation of groundwater potential zones in Nuweiba Area (Egypt) using remote sensing and gis techniques .International Journal of Signal processing systems Vol .4,No.2,April 2016 .
- 108- Sawarieh, "Heat Sources of the Groundwater in the Zara-ZarqaMa'in-Jiza Area, Central Jordan," Ph.D. Thesis, University of Karlsruhe, 2005.
- 109- Schmidt AF, Finan C,2018. Linear regression and the normality assumption, *Journal of Clinical Epidemiology* (2018), doi: 10. 1016/j.jclinepi. 2017.12.006
- 110- Sisay Libasse ,2007 . Remote sensing and geographical information systems (gis) of Addis Ababa university ,Addis Ababa ,Ethiopia .Department of Earth Sciences faculty of Science Addis Ababa university.
- 111- S. Mukherjee, "Role of Satellite Sensors in Groundwater Exploration," *Sensors*, Vol. 8, No. 3, 2008. pp. 2006-2016. doi:10.3390/s8032006.
- 112- Stillwell, John, and Graham Clarke (eds.), 2004. *Applied GIS and Spatial Analysis*, John Wiley and Sons, West Sussex, England.
- 113- Valliammai, A., Balathanduytham, K., Tamilmani, D. and Mayilswami, C. 2013. Identification of potential recharge zone of the selected watershed using Remote Sensing and GIS, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(8), 611.
- 114- Wait, JR, 1982 . *Geo-electromagnetism*, New York.

- 115- W.B.Mwege , M.M. Bancy ,J.K.Mulwa , and G.M.Kituu, 2013. Identification of Groundwater potential zones using remote sensing and gis in Lake Chala Watershed Kenea .Proceedings of 2013 Mechanical engineering Conference on Sustainable research and innovation , Volume5 ,24 th-26th April 2013.
- 116-Aero-Material Consumption Prediction Based on Linear Regression ,China , Naval Aviation University Qingdao Campus, Qingdao, 266041, PR China , Procedia Computer Science 131 (2018) 825–8.
- 117- Yeh HF, Chang PH, Hsu KC, Lee CH ,2007. Assessment of groundwater recharge in Chih-Pen and Jin-Lin Creek basins. In: Proceedings of 3rd conference on resources engineering in Taiwan, pp 1–15 .
- 118- Zulherry ISnain,2015.Use of index Overlay model in the production of groundwater potential map in Kota Kinabalu ,Sabah through the geographic information system (gis) method.International Journal of Engineering and Advanced Research technology (IJEART) ISSN:2454-9290,Volume-1 ,Issue-5 , November 2015.

ملحق (1)

تطبيق أداة التحليل الهرمي التي تم تطوير نموذجها في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية للحصول على مصفوفات التثقيل وذلك لتحديد أوزان العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي وفق آراء الخبراء الخمسة والعشرون بدءاً من الخبير الأول ثم الثاني ثم الثالث (الحالة الدراسية الأولى).

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الأول

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	2	0.89	1.14	1.33	0.234924	0.000814	1.12	0.000727	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.5	1	0.44	0.57	0.67	0.117374	0.000814	1.12	0.000727	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.13	2.25	1	1.29	1.5	0.264899	0.000814	1.12	0.000727	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	0.88	1.75	0.78	1	1.17	0.206183	0.000814	1.12	0.000727	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.75	1.5	0.67	0.86	1	0.176619	0.000814	1.12	0.000727	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.8	1	1.29	1.8	0.25712	0.00017	1.12	0.00015	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.56	1	0.56	0.71	1	0.14287	0.00017	1.12	0.00015	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1.8	1	1.29	1.8	0.25712	0.00017	1.12	0.00015	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineame	0.78	1.4	0.78	1	1.4	0.2	0.00017	1.12	0.00015	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.56	1	0.56	0.71	1	0.14287	0.00017	1.12	0.00015	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثالث

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineame	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.33	0.89	1	1.14	0.21012	0.0015	1.12	0.0013	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.75	1	0.67	0.75	0.86	0.15797	0.0015	1.12	0.0013	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.13	1.5	1	1.13	1.29	0.23714	0.0015	1.12	0.0013	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineame	1	1.33	0.89	1	1.14	0.21012	0.0015	1.12	0.0013	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.88	1.17	0.78	0.88	1	0.18462	0.0015	1.12	0.0013	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الرابع

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	2	0.88	1.17	1.4	0.23861	0.0074	1.12	0.006	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.57	1	0.5	0.67	0.8	0.13250	0.0074	1.12	0.006	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.14	2	1	1.33	1.6	0.26460	0.0074	1.12	0.006	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineame	0.86	1.5	0.75	1	1.2	0.19879	0.0074	1.12	0.006	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.71	1.25	0.63	0.83	1	0.16548	0.0074	1.12	0.006	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الخامس

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.4	0.88	1	1.4	0.219	0.000082	1.12	0.000073	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.71	1	0.63	0.71	1	0.15612	0.000082	1.12	0.000073	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.14	1.6	1	1.14	1.6	0.24975	0.000082	1.12	0.000073	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	1	1.4	0.88	1	1.4	0.219	0.000082	1.12	0.000073	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.71	1	0.63	0.71	1	0.15612	0.000082	1.12	0.000073	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السادس

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	2	1	1.33	1.6	0.25786	0.00059	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.5	1	0.5	0.67	0.8	0.12912	0.00059	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	2	1	1.33	1.6	0.25786	0.00059	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	0.75	1.5	0.75	1	1.2	0.19349	0.00059	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.63	1.25	0.63	0.83	1	0.16163	0.00059	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السابع

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.75	1	1.4	1.17	0.24151	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.57	1	0.57	0.8	0.67	0.13793	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1.75	1	1.4	1.17	0.24151	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	0.71	1.25	0.71	1	0.83	0.17186	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.86	1.5	0.86	1.2	1	0.20717	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثامن

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.75	0.88	1.4	1.17	0.23367	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.57	1	0.5	0.8	0.67	0.13336	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.14	2	1	1.6	1.33	0.26632	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineamen	0.71	1.25	0.63	1	0.83	0.16655	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.86	1.5	0.75	1.2	1	0.20008	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير التاسع

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.13	1	1.29	2.25	0.24874	0.0512	1.12	0.04572	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.89	1	0.89	1.14	2	0.22076	0.0512	1.12	0.04572	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1.13	1	1.29	2.25	0.24874	0.0512	1.12	0.04572	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	0.78	0.88	0.78	1	1.75	0.19361	0.0512	1.12	0.04572	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.33	0.38	0.33	0.43	1	0.08813	0.0512	1.12	0.04572	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير العاشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineament	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.14	1	1.6	2	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.88	1	0.88	1.4	1.75	0.21914	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1.14	1	1.6	2	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	0.63	0.71	0.63	1	1.25	0.15648	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.5	0.57	0.5	0.8	1	0.12487	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الحادي عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.13	1.13	1.5	1.8	0.25018	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.89	1	1	1.33	1.6	0.22193	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	0.89	1	1	1.33	1.6	0.22193	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineame	0.67	0.75	0.75	1	1.2	0.16665	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.56	0.63	0.63	0.83	1	0.13929	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثاني عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1	1	1.14	2	0.22839	0.00035	1.12	0.00031	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1	1	1	1.14	2	0.22839	0.00035	1.12	0.00031	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1	1	1.14	2	0.22839	0.00035	1.12	0.00031	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	0.88	0.88	0.88	1	1.75	0.20062	0.00035	1.12	0.00031	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.5	0.5	0.5	0.57	1	0.11419	0.00035	1.12	0.00031	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثالث عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1	0.78	1.17	1.75	0.21214	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1	1	0.78	1.17	1.75	0.21214	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.29	1.29	1	1.5	2.25	0.27281	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_Lineament	0.86	0.86	0.67	1	1.5	0.18205	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.57	0.57	0.44	0.67	1	0.12084	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الرابع عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1	0.88	1.17	1.75	0.218988	0.00081	1.12	0.0007	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1	1	0.88	1.17	1.75	0.218988	0.00081	1.12	0.0007	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.14	1.14	1	1.33	2	0.249469	0.00081	1.12	0.0007	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_linea	0.86	0.86	0.75	1	1.5	0.187633	0.00081	1.12	0.0007	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.57	0.57	0.5	0.67	1	0.124922	0.00081	1.12	0.0007	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الخامس عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1	1	1.17	1.75	0.22577	0.00080	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1	1	1	1.17	1.75	0.22577	0.00080	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1	1	1.17	1.75	0.22577	0.00080	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	0.86	0.86	0.86	1	1.5	0.19379	0.00080	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.57	0.57	0.57	0.67	1	0.12887	0.00080	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السادس عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.25	0.71	0.63	1.75	0.174195	0.2299	1.12	0.20535	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.8	1	0.57	0.5	1.75	0.148273	0.2299	1.12	0.20535	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.4	1.75	1	0.88	1.75	0.225977	0.2299	1.12	0.20535	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_linea	1.4	1.75	1	0.88	1.5	0.219525	0.2299	1.12	0.20535	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.6	2	1.14	1	1	0.23203	0.2299	1.12	0.20535	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السابع عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.25	0.63	0.71	0.63	0.15648	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.8	1	0.5	0.57	0.5	0.12487	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.6	2	1	1.14	1	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineame	1.4	1.75	0.88	1	0.88	0.21914	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.6	2	1	1.14	1	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبر الثامن عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.25	0.83	0.63	0.71	0.16353	0.0213	1.12	0.01907	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.8	1	0.67	0.5	0.57	0.13092	0.0213	1.12	0.01907	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.2	1.5	1	0.75	0.86	0.19644	0.0213	1.12	0.01907	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	1.6	2	1.33	1	1.14	0.26149	0.0213	1.12	0.01907	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.4	1.75	1.67	0.88	1	0.24759	0.0213	1.12	0.01907	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبر التاسع عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1	0.67	0.67	0.67	0.15416	0.00149	1.12	0.00133	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1	1	0.67	0.67	0.67	0.15416	0.00149	1.12	0.00133	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.5	1.5	1	1	1	0.23055	0.00149	1.12	0.00133	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.5	1.5	1	1	1	0.23055	0.00149	1.12	0.00133	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.5	1.5	1	1	1	0.23055	0.00149	1.12	0.00133	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبر العشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.8	0.57	0.5	0.5	0.1248	0.0006	1.12	0.0006	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.25	1	0.71	0.63	0.63	0.1564	0.0006	1.12	0.0006	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.75	1.4	1	0.88	0.88	0.2191	0.0006	1.12	0.0006	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	2	1.6	1.14	1	1	0.2497	0.0006	1.12	0.0006	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	2	1.6	1.14	1	1	0.2497	0.0006	1.12	0.0006	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الحادي والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1	0.71	0.63	0.56	0.14716	0.00175	1.12	0.00156	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1	1	0.71	0.63	0.56	0.14716	0.00175	1.12	0.00156	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.4	1.4	1	0.88	0.78	0.20596	0.00175	1.12	0.00156	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineamen	1.6	1.6	1.14	1	0.89	0.23493	0.00175	1.12	0.00156	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.8	1.8	1.29	1.13	1	0.26477	0.00175	1.12	0.00156	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثاني والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.67	0.5	0.57	0.57	0.12492	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.5	1	0.75	0.86	0.86	0.18763	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1.33	1	1.14	1.14	0.24946	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.75	1.17	0.88	1	1	0.21898	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.75	1.17	0.88	1	1	0.21898	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثالث والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.67	0.57	0.67	0.57	0.13330	0.00148	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough
Slope	1.5	1	0.86	1	0.86	0.20002	0.00148	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough
Geology	1.75	1.17	1	1.17	1	0.23332	0.00148	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough
Faults_lineament	1.5	1	0.86	1	0.86	0.20002	0.00148	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough
Drainage	1.75	1.17	1	1.17	1	0.23332	0.00148	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough

مصفوفة التثقيل وفق الخبر الرابع والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.67	1	0.83	0.83	0.19985	0.00060	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.6	1	0.6	0.5	0.5	0.12005	0.00060	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1.67	1	0.83	0.83	0.19985	0.00060	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.2	2	1.2	1	1	0.24011	0.00060	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.2	2	1.2	1	1	0.24011	0.00060	1.12	0.00053	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبر الخامس والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.67	1	1	0.83	0.20728	0.00963	1.12	0.00860	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.6	1	0.6	0.6	0.6	0.12930	0.00963	1.12	0.00860	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1	1.67	1	1	0.83	0.20728	0.00963	1.12	0.00860	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineamen	1	1.67	1	1	0.83	0.20728	0.00963	1.12	0.00860	The matrix is considered to be consistent enough.
drainage	1.2	2	1.2	1.2	1	0.24883	0.00963	1.12	0.00860	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق متوسط آراء الخبراء

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	1.4	0.88	1	1.17	0.212407	0.000413	1.12	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	0.71	1	0.63	0.71	0.83	0.151217	0.000413	1.12	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.14	1.6	1	1.14	1.33	0.241973	0.000413	1.12	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	1	1.4	0.88	1	1.17	0.212407	0.000413	1.12	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.86	1.2	0.75	0.86	1	0.181995	0.000413	1.12	0.000369	The matrix is considered to be consistent enough.

ملحق (2)

تطبيق أداة التحليل الهرمي التي تمّ تطوير نمذجتها في بيئة برنامج نظام المعلومات الجغرافية للحصول على مصفوفات المقارنة المزدوجة وذلك لتحديد أوزان العوامل المؤثرة في تشكل قطاعات الأمل المائي الجوفي وفق آراء الخبراء الخمسة والعشرون بدءاً من الخبير الأول ثم الثاني ثم الثالث (الحالة الدراسية الثانية).

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الأول

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.71	0.56	0.71	1.25	0.15610	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.4	1	0.78	1	1.75	0.21884	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.8	1.29	1	1.29	2.25	0.28159	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.4	1	0.78	1	1.75	0.21884	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.8	0.57	0.44	0.57	1	0.12461	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.71	0.63	0.71	1.25	0.16116	0.00013	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.4	1	0.88	1	1.75	0.22606	0.00013	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.6	1.14	1	1.14	2	0.25780	0.00013	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.4	1	0.88	1	1.75	0.22606	0.00013	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.8	0.57	0.5	0.57	1	0.12890	0.00013	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثالث

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.71	0.71	0.71	1.25	0.16619	0.00127	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.4	1	1	1	1.75	0.23352	0.00127	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.4	1	1	1	1.75	0.23352	0.00127	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.4	1	1	1	1.75	0.23352	0.00127	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.8	0.57	0.57	0.57	1	0.13324	0.00127	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الرابع

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineament	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.71	0.56	0.83	1.25	0.16114	0.00039	1.12	0.00035	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.4	1	0.78	1.17	1.75	0.22594	0.00039	1.12	0.00035	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.8	1.29	1	1.5	2.25	0.29036	0.00039	1.12	0.00035	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_linea	1.2	0.86	0.67	1	1.5	0.19377	0.00039	1.12	0.00035	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.8	0.57	0.44	0.67	1	0.12877	0.00039	1.12	0.00035	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الخامس

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.71	0.56	1	1.25	0.16671	0.00011	1.12	0.00010	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.4	1	0.78	1.4	1.75	0.23343	0.00011	1.12	0.00010	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.8	1.29	1	1.8	2.25	0.30016	0.00011	1.12	0.00010	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_linea	1	0.71	0.56	1	1.25	0.16671	0.00011	1.12	0.00010	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.8	0.57	0.44	0.8	1	0.13298	0.00011	1.12	0.00010	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السادس

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.71	0.63	0.83	1.25	0.166555	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.4	1	0.88	1.17	1.75	0.233671	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.6	1.14	1	1.33	2	0.266329	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.2	0.86	0.75	1	1.5	0.200081	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.8	0.57	0.5	0.67	1	0.133365	0.00036	1.12	0.00032	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السابع

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.75	0.67	0.75	1.2	0.16665	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.33	1	0.89	1	1.6	0.22193	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.5	1.13	1	1.13	1.8	0.25018	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	1.33	1	0.89	1	1.6	0.22193	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.83	0.63	0.56	0.63	1	0.13929	0.00156	1.12	0.0014	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثامن

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.75	0.67	0.67	1.2	0.16227	0.00194	1.12	0.00173	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.33	1	0.89	0.89	1.6	0.21593	0.00194	1.12	0.00173	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.5	1.13	1	1	1.8	0.24314	0.00194	1.12	0.00173	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineam	1.5	1.13	1	1	1.8	0.24314	0.00194	1.12	0.00173	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	0.83	0.63	0.56	0.56	1	0.13549	0.00194	1.12	0.00173	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير التاسع

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.5	0.5	0.57	0.8	0.12487	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	2	1	1	1.14	1.6	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1	1	1.14	1.6	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	1.75	0.88	0.88	1	1.4	0.21914	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.25	0.63	0.63	0.71	1	0.15648	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير العاشر

Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
1	0.57	0.44	0.57	0.8	0.1246	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
1.75	1	0.78	1	1.4	0.2188	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
2.25	1.29	1	1.29	1.8	0.2815	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
1.75	1	0.78	1	1.4	0.2188	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.
1.25	0.71	0.56	0.71	1	0.1561	0.00033	1.12	0.00029	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الحادي عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.5	0.57	0.8	0.12890	0.00013	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	0.88	1	1.4	0.22606	0.00013	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1.14	1	1.14	1.6	0.25780	0.00013	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	1.75	1	0.88	1	1.4	0.22606	0.00013	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.25	0.71	0.63	0.71	1	0.16116	0.00013	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثاني عشر

layerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.44	0.57	0.67	0.12084	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	0.78	1	1.17	0.21214	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2.25	1.29	1	1.29	1.5	0.27281	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	1.75	1	0.78	1	1.17	0.21214	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.5	0.86	0.67	0.86	1	0.18205	0.00098	1.12	0.00088	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الثالث عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.57	0.67	0.8	0.13319	0.04127	1.12	0.03685	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	1	1.67	1.4	0.250362	0.04127	1.12	0.03685	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.75	1	1	1.67	1.4	0.250362	0.04127	1.12	0.03685	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	1.5	0.86	0.86	1	1.2	0.200097	0.04127	1.12	0.03685	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.25	0.71	0.71	0.83	1	0.165989	0.04127	1.12	0.03685	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقيل وفق الخبير الرابع عشر

Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
1	0.57	0.5	0.67	0.67	0.129284	0.000237	1.12	0.00021	The matrix is considered to be consistent enough.
1.75	1	0.86	1.17	1.17	0.22539	0.000237	1.12	0.00021	The matrix is considered to be consistent enough.
2	1.14	1	1.33	1.33	0.257795	0.000237	1.12	0.00021	The matrix is considered to be consistent enough.
1.5	0.86	0.75	1	1	0.193765	0.000237	1.12	0.00021	The matrix is considered to be consistent enough.
1.5	0.86	0.75	1	1	0.193765	0.000237	1.12	0.00021	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الخامس عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.5	0.57	0.67	0.12492	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	0.88	1	1.17	0.21898	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1.14	1	1.14	1.33	0.24946	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	1.75	1	0.88	1	1.17	0.21898	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.5	0.86	0.75	0.86	1	0.18763	0.00081	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السادس عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.44	0.5	0.67	0.11737	0.000814	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	0.78	0.88	1.17	0.20618	0.000814	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2.25	1.29	1	1.13	1.5	0.26489	0.000814	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	2	1.14	0.89	1	1.33	0.23492	0.000814	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.5	0.86	0.67	0.75	1	0.17661	0.000814	1.12	0.00072	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير السابع عشر

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.5	0.5	0.5	0.67	0.117793	0.000125	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	2	1	1	1	1.33	0.235232	0.000125	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1	1	1	1.33	0.235232	0.000125	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineament	2	1	1	1	1.33	0.235232	0.000125	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.5	0.75	0.75	0.75	1	0.176512	0.000125	1.12	0.00011	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التنقيط وفق الخبر الثامن عشر

Table										
EighteenAHPCI										
	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
▶	1	0.71	0.56	0.63	0.83	0.14286	0.001488	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough.
	1.4	1	0.78	0.88	1.17	0.20022	0.001488	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough.
	1.8	1.29	1	1.13	1.5	0.25724	0.001488	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough.
	1.6	1.14	0.89	1	1.33	0.22813	0.001488	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough.
	1.2	0.86	0.67	0.75	1	0.17151	0.001488	1.12	0.00132	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التنقيط وفق الخبر التاسع عشر

Table

NineteenAHPCI

	LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
▶	Rainfall	1	0.57	0.57	0.57	0.8	0.1332	0.001276	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
	Slope	1.75	1	1	1	1.4	0.2335	0.001276	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
	Geology	1.75	1	1	1	1.4	0.2335	0.001276	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
	Faults_lineaments	1.75	1	1	1	1.4	0.2335	0.001276	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.
	Drainage	1.25	0.71	0.71	0.71	1	0.1661	0.001276	1.12	0.00114	The matrix is considered to be consistent enough.

<

مصفوفة التنقيط وفق الخبر العشرون

Table

TwentyAHPCI

	LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
▶	Rainfall	1	0.57	0.5	0.5	0.8	0.12487	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
	Slope	1.75	1	0.88	0.88	1.4	0.21914	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
	Geology	2	1.14	1	1	1.6	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
	Faults_lineaments	2	1.14	1	1	1.6	0.24975	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.
	Drainage	1.25	0.71	0.63	0.63	1	0.15648	0.00069	1.12	0.00061	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الحادي والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.5	0.5	0.5	0.8	0.12112	0.00119	1.12	0.00107	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	2	1	1	1	1.6	0.24224	0.00119	1.12	0.00107	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1	1	1	1.6	0.24224	0.00119	1.12	0.00107	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	2	1	1	1	1.6	0.24224	0.00119	1.12	0.00107	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.25	0.63	0.63	0.63	1	0.15213	0.00119	1.12	0.00107	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثاني والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.57	0.44	0.8	0.12630	0.0121	1.12	0.01082	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	1	0.78	1.4	0.22181	0.0121	1.12	0.01082	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.75	1	1	0.78	1.4	0.22181	0.0121	1.12	0.01082	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineamen	2.25	1.14	1.14	1	1.8	0.27184	0.0121	1.12	0.01082	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.25	0.71	0.71	0.56	1	0.15821	0.0121	1.12	0.01082	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبير الثالث والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.67	0.57	0.57	0.8	0.13793	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.5	1	0.86	0.86	1.2	0.20717	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.75	1.17	1	1	1.4	0.24151	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	1.75	1.17	1	1	1.4	0.24151	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.25	0.83	0.71	0.71	1	0.17186	0.00018	1.12	0.00016	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبر الرابع والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.57	0.57	0.67	0.12887	0.000804	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	1	1	1.17	0.22577	0.000804	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	1.75	1	1	1	1.17	0.22577	0.000804	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	1.75	1	1	1	1.17	0.22577	0.000804	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.5	0.86	0.86	0.86	1	0.19379	0.000804	1.12	0.00071	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق الخبر الخامس والعشرون

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.5	0.5	0.67	0.12123	0.00050	1.12	0.00045	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	0.88	0.88	1.17	0.21266	0.00050	1.12	0.00045	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1.14	1	1	1.33	0.24210	0.00050	1.12	0.00045	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	2	1.14	1	1	1.33	0.24210	0.00050	1.12	0.00045	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.5	0.86	0.75	0.75	1	0.18188	0.00050	1.12	0.00045	The matrix is considered to be consistent enough.

مصفوفة التثقييل وفق متوسط آراء الخبراء

LayerName	Rainfall	Slope	Geology	Faults_lineaments	Drainage	weight	CI	RI	CR	Notes
Rainfall	1	0.57	0.5	0.57	0.8	0.128904	0.000131	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Slope	1.75	1	0.88	1	1.4	0.226065	0.000131	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Geology	2	1.14	1	1.14	1.6	0.257807	0.000131	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Faults_lineaments	1.75	1	0.88	1	1.4	0.226065	0.000131	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.
Drainage	1.25	0.71	0.63	0.71	1	0.16116	0.000131	1.12	0.000117	The matrix is considered to be consistent enough.

ملحق (3)

القيم المقاسة لدليل المأمولية المائية والقيم المقابلة للعوامل المؤثرة حسب نموذج Modelbuilder

(الحالة الدراسية الأولى)

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
3.174963	3	2	2	1	205.00367
2.285906	3	2	3	1	217.411859
4.35253	3	2	3	5	343.374157
5	1	2	4.060415	2	258.073307
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	4	2	257
5	1	2	3	2	239
5	1	2	3	1	217
5	1	1	3	1	196
5	1	1	2	1	178
3.350371	3	2	3	1	245.079321
3.095875	3	2	4	4	327.940095
4.35253	3	2	3	2	285.607919
5	3	2	4.189012	2	306.600256
5	1	2	4	1	235
5	1	2	4	1	235
5	1	2	4	2	257
5	1	2	4	2	257
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3	1	217
5	1	1	3	1	196
5	1	1	2	1	178
4.586499	3	2	3	3	298.795737
4.851451	3	2	3	2	287
4.35253	3	2	3	1	260.09696
5	3	2	4	1	283
5	3	2	4	1.361777	300.12559
5	1	2	4	3	279
5	1	2	3	2	239
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3	2	239
5	1	2	3	1	217
5	1	1	3	1	196
5	1	1	2	1	178
4	3	2	2	1	232
3.20286	3	2	2	3	269.540391

5	3	2	3	2	287
2.204118	3	2	3	1.918343	249.464178

تتمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	3	2	4	2	302.363813
4.270268	3	2	3	1	250.741323
5	3	2	3	2	287
5	3	2	3	2	287
5	1	2	4	1.975407	253.734076
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3.109194	1	217.479182
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3.83893	1	222.429589
5	1	1	3	1	196
5	1	1	1.892117	1	178
5	1	3	2	2	200
5	3	2	3	2.78001	310
4.837595	3	2	3	3	309
3.63675	3	2	3	4	313.751201
3.738265	3	2	3	2	262.233873
2.962572	3	2	4	3	297.259841
5	3	2	3	2	292.904815
4.323112	3	2	2.908625	1	250.044834
3.761672	3	2	3	1	245.441735
5	3	2	3	1	265
5	3	2	3	1	265
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3.535953	3	273.158685
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	1	3	1	196
5	1	1	2	1	178
5	1	3	2	1	210
1.222008	3	2	3	1	212.639333
3.629542	3	2	3	1	239.034931
3.067151	3	2	3	1	240.340493
2.530814	3	2	3	1	231.897176
3.079269	3	2	3	1	230.119575
3	3	2	3	1	236.873161
4.851451	3	2	3	1	262.411859
4.465552	3	2	3	1	251.204219
4	3	2	3	1	254.909146
5	3	2	3	1	265
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	3	261
4.210078	1	2	3	1	204.150237

5	1	2	3	2	239
5	1	2	3	1	217

تتمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	1	1	3.382357	1	208.201018
5	1	1	2	1	178
5	1	3	4	1	214
4.665357	1	2.762642	3	1	222.183009
2.031078	3	2	3	1	223.55922
2.103536	3	2	3	1	224.410783
4.375475	3	2	3	1	258.24616
3.089808	3	2	3	1	240.315419
4.299258	3	2	3	1	244.841358
4	3	2	3	1	247.411859
4.557662	3	2	3	1	249.587621
5	3	2	3	1	265
5	3	2	3.978399	1	283
5	1.267125	2	3	1	224.01725
5	1	2	3	3	261
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	2	239
5	1	1	3	1.85423	208.372006
5	1	1	2	1	178
5	1	3	3.203752	1	233
5	1	3	4	1	256
5	1	3	4	1	256
4.258884	3	2	3.648495	2	282.680708
3	3	2	3.844835	2.928692	286.126526
3.167918	3	2	4	3	296.539567
2.370577	3	2	3	3	271.843208
2.427063	3	2	4	3	286.51132
3.779573	3	2	3	2	264.156792
2.997619	3	2	3	2	260.025751
5	3	2	3	1	263.756732
5	3	2	3	1	265
5	3	2	4	1	283
5	1.356297	2	4	3.529617	294.505187
5	2	2	4	2.584359	297.278304
5	1	2	4	2	257
5	1	2	4	2	257
5	1	1	3	2.061368	225.114975
5	1	1	2	2	200
5	1	3	4.020008	1	265
5	1	3	5	1	274
5	1	3	4	1	256
3	3	2	4	1	253

4.362539	3	2	3	1	257.818134
4.372848	3	2	3	1	251.523966

تتمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
4.849291	3	2	3	1	262.429498
3.772465	3	2	3	1	249.528689
4	3	2	3	2	279.747646
3.849131	3	2	4	3	305.018964
5	3	2	4.874496	3	349.644821
5	3	2	4	3	327
5	1	2	4	3	279
5	1	2	4	4.910665	323
5	1.076334	2	4	1.664263	261.219704
5	2	2	4	1	259
5	2	2	4	1	259
5	2	1	4	1	238
5	1	1	2	1	178
5	1	3	4	1	256
5	1	3	5	1	274
5	1	3	4.005097	1	256
3.470122	2.481773	2	4	1	246.47224
2.805924	3	2	3	1	226.040077
2.94624	3	2	3	1	225.611879
4.089979	3	2	3	1	247.429498
3.523552	3	2	3	1	236.378587
3.462822	3	2	3	1	237.101215
4.210474	3	2	3	1	258.682568
4.402962	3	2	4	1	272.341974
5	1	2	4	1	235
5	1	2	4	1	232.478543
5	1	2	4	3	279
5	1	2	4	1	235
5	1.104772	2	3	1	219.274887
5	2	2	3	1	241.446919
5	2	2	3.611353	1	248.508113
5	2	1.022241	2	1	202
5	1	3	2	1	220
5	1	3	3	1	238
5	1	3	3	1	238
5	1	3	4	1	256
4.684753	3	2	4	1	282.646025
3.651789	3	2	3	2	261.79788
5	3	2	4	1.202216	282.573426
4.649629	3	2	3	1.889	269.143344
3.766114	3	2	3	2	269.411859
3.881355	3	2	3	2	261.90304
5	3	2	4	1	283

5	1	2	4	1	235
5	1	2	4	1	235

تتمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	1	2	4	3	279
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3.566345	1	234.488111
5	1	2	3	1	217
5	2	2	3.382357	1	253.201018
5	2	2	2.892117	1	237.788399
5	2	3	1.903257	1	244
5	2	3	2.864042	1	262
5	2	3	3	3	306
5	1.149629	3	3	1.398887	260.942075
5	1	3	4	1	256
4.945098	3	3	4	1	304
5	3	2	4	1	283
4	3	2	4	1	265.935778
2.392473	3	2	3.857125	1	249.048486
3.213358	3	2	3	1	235
4	3	2	4	1	268.965691
3.990513	3	2	4	1	273.046915
4.396512	3	2	3	1	261.076815
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	4	283
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	2	1	199
5	2	3	3	1	254
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	3	306
5	1	3	4	3	300
5	1	3	4	1	256
5	1	2	4	1	235
4.134995	3	2	4	1	267.060541
4	3	2	3	1	250
4.835962	3	2	3	1	264.054095
4.383283	3	2	3	1.478166	263.611003
4.910996	3	2	3	1	259.517848
5	1.322858	2	3	2	248.919681
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3	4	283
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217

5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217

تنمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	1	2	2	1	199
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3.770966	1	274.393187
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1.483085	280.118524
5	1	3	4	3	300
4.178163	1	3	3	1	225.637042
4.109513	3	2	3	1	251.372638
3.649629	3	2	3	1	239.920679
4.273345	3	2	3	1	256.627884
3.64747	3	2	3	1	239.90304
5	3	2	3	1	265
5	1	2	3	1	217
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3	5	305
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	2	1	199
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1	262
5	1	3	3	1.996198	261.113842
5	1	3	3	3	282
5	1.14437	3	3.948785	1	258.446992
5	3	2	3	1	265
4	3	2	3	1	250
5	3	2	3	1	265
5	3	2	3	1	265
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	4	5	323
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3.068695	1	222.820149
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	2	1	199
5	2	4	2	1	265
5	2	4	4	1	301

5	2	4	3	1	281.189717
5	2	3	3	1	262

تتمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	1	262
5	1	3	3	3	282
5	1	3	3	1	238
5	3	3	4	1	304
5	3	2	4	1	279.894231
5	3	2	3	1	265
5	3	2	3	1	265
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	4	5	323
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	2	1	199
5	2	4	2	1	265
5	2	4	3	1	283
5	2	4	3	1	283
5	2	3	3	1	262
5	2	3	3	2	284
5	2	3	4	1	280
5	2	3	4	1	280
5	1	3	3.60868	3	296.325437
5	1	3	4	1	256
5	1	3	4	1	256
5	3	2	3	1	265
5	3	2	4	1	283
5	1	2	4	1	234.288031
5	1	2	3	1.707985	239
5	1	2	3	3	261
5	1	2	4	1	235
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	2	1	199
5	2	4	2	1	265
5	2	4	3	1	283
5	2	4	3	1	283
5	2	4	3.499464	1	286.042269
5	2	3.541927	4	1	289.864192
5	2	3	4	2	302
5	2	3	3	1	262

5	1	3	3	1	238
5	1	3	4	3	300

تتمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	1	3	3	1	238
5	1	3	4	1	256
5	3	3	4	1	304
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	2	239
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	3	1	217
5	1	2	2	1	199
5	2	4	3	1	283
5	2	4	3	1	283
5	2	4	3	1	283
5	2	4	3	1	283
5	2	4	4	1	301
5	1	4	4	1	279.334162
5	2	4	3.266105	1	285.231679
5	1	4	3.563275	1	266.539989
5	1	4	4	1	277
5	1	3	3	3	282
5	1	3	4	1	256
5	1	3	3	1	238
5	1	2	3.0292	1	217
5	1	2	4	1.054328	237.662129
5	1	2	3	2	239
5	1	2	3	1	217
5	1	2.548131	3	1	224.908439
5	1	3	3	1	238
5	1	3	3	1	238
5	1	2.887206	2	1	217.664174
5	2	4	2.834181	1	283
5	2	4	3	1	283
5	2	4	2.81047	1	276.441388
5	2	4	2.37796	1	271.804098
5	2	4	2	1	265
5	2	4	2.75511	1	273.187991
5	1	4	3	2	281
5	1	4	2	1	241
5	1	4	2	1	241
5	1	4	2	1	241
5	1	3	2	3.310021	274.007545
5	1	3	2	1.0704	220

5	1	3	2	1	220
5	1	3	2	1.016843	221.750265

تتمة ملحق ٣

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	1	3	2	1.310021	230.007545
5	1	3	2	1	220
5	1	3	2	1	220
5	1	3	2	1	220
5	1	3	2	1	220
5	2	3	1	1	226

ملحق (4)

القيم المقاسة لدليل المأمولية المائية والقيم المقابلة للعوامل المؤثرة حسب نموذج Modelbuilder

(الحالة الدراسية الثانية)

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
4.485714	3	2	5	1	243.22743
4.057599	3	2	5	1	233.56058
4.123949	3	2	5	1	245.86715
5	3	2	5	1	254.84
5	3	2	5	3	300
4.973474	3	2	5	2.784898	292.14905
4.613496	3	1	5	1	246.27322
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
4.670079	3	1	4.72024	1	234.49039
5	3	1	4	1	258.07001
5	3	1	4	1	243.90032
4.811531	3	1	4	1	253.81438
5	3	1	4	1	258.07001
5	3	1	4.282578	1	241.94
5	4	1	5	1	267.75
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
5	4	1	5	1	267.75
4.720257	3	2	5	1	248.52341
3.001787	3	2	5	1	209.72035
4.993609	3	2	4	1	254.69568
5	3	2	4.306075	1	254.84
4.995124	3	2	4	1	254.72991
5	3	2	5	3	300
5	3	2	5	3	300
5	3	1	5	1	241.95679
4.006934	3	1	5	1	219.51658
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	4	1	241.94
4	3	1	4	1	219.36
4.869474	3	1	4	1	238.99274
5	3	1	4	1	257.90488
5	3	1	4	1	241.94
5	3	1	4	1	241.94
4.921237	3	1	4	1	240.16154
4.629855	3	1	4	1	233.58212

5	3	1	5	1	241.94
4.722932	3	1	5	1	235.68381

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
4.096407	3	2	5	1	234.43688
4	3	2	5	1	232.26
5	3	2	5	1	254.84
4.074029	3	2	5	1	233.93157
5	3	2	5	1	254.84
4.632373	3	2	5	1	246.53898
5	3	2	5	2.117848	283.62749
5	3	2	5	3	301.00545
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
4.307811	3	1	5	1	226.31038
4.150231	3	1	4	1	222.75221
4.979023	3	1	4	1	241.46633
5	3	1	4	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
4.129697	3	1	5	1	222.28857
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
4.309446	3	2	5	1	239.24728
4.255422	3	2	5	1	238.02741
5	3	2	5	1	254.84
5	3	2	5	1	254.84
4	3	2	5	1	232.26
4.698762	3	2	5	1	248.03805
3.576803	3	2	5	1	222.70421
3.309446	3	2	5	1.061782	216.66728
3.322642	3	2	5	3.520019	264.37965
4.620113	3	1	5	1.771743	250.54542
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
4	3	1	5	1	219.36
2.571255	3	1	4	1	187.09893
3	3	1	5	1	196.78
5	3	1	5	1	241.94
4	3	1	5	1	219.36
4.690554	3	1	5	1	234.95272
4.180132	3	1	5	1	223.42739
5	3	1	5	1	241.94
4.733311	3	2	5	1	248.81817
5	3	2	5	1	254.84
4.011539	3	2	5	1	232.52053

4.969287	3	2	5	1	254.14651
4	3	2	5	1	232.26

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	3	2	5	1	254.84
3.589801	3	2	5	1	222.99769
3	3	2	5	1	209.67999
4	3	2	5	1	232.26
5	3	1	5	3	287.10001
3.777913	3	1	5	2.063506	237.46475
4	3	1	5	1	219.36
4.121532	3	1	5	1	222.1042
4.013168	3	1	5	1	219.65733
4.020333	3	1	5	1	219.81912
4.985544	3	1	5	1	241.61358
4.969287	3	1	5	1	241.24651
3.370145	3	1	5	1	205.13788
4.819868	3	1	5	1	237.87262
5	3	1	5	1	241.94
4	3	3	5	1	245.16
5	3	2	5	1	254.84
4.768463	3	2	5	1	249.61189
4.629129	3	2	5	1	246.46573
4.329507	3	2	5	1	239.70027
5	3	2	5	1	254.84
4.576803	3	2	5	1	245.28421
4.67626	3	2	5	1	247.52994
3.677358	3	2	5	1	224.97474
3.772365	3	1	5	1	214.21999
5	3	1	5	3	287.10001
4.121716	3	1	5	2.118423	247.43671
4	3	1	5	1	219.36
4	3	1	5	1	219.36
3.623712	3	1	5	1	210.86341
4.296131	3	1	5	1	226.04664
5	3	1	5	1	241.94
4.370145	3	1	5	1	227.71788
4.886674	3	1	5	1	239.38109
4	3	1	5	1	219.36
4.804368	3	3	5	1	263.32263
4.124134	3	3	5	1	247.96295
4.288971	3	2	5	1	238.78496
4.052637	3	2	4	1	233.44853
4	3	2	5	1	232.26
4.288971	3	2	5	1	238.78496
4.576803	3	2	5	3	290.44422
4.872919	3	2	5	1	251.97052

4.804263	3	2	4.864968	1	250.42026
4.223191	3	1	5	1	224.39965

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
3.777913	3	1	5	1	214.34527
5	3	1	5	1.118423	244.08143
4.035119	3	1	5	1	220.15299
5	3	1	5	1	241.94
4.282909	3	1	5	1	225.74809
4.152952	3	1	5	1	222.81366
4.079577	3	1	5	1	221.15686
5	3	1	5	1	241.94
3.58295	3	1	5	1	209.94301
4	3	1	5	1	219.36
4	3	3	5	1	245.16
4.783165	3	3	5	1	262.84386
3.070418	3	3	4	1	224.17005
4.051188	3	2	4.13715	1	233.41581
4	3	2	5	1	232.26
4.051188	3	2	5	1	233.41581
4.051188	3	2	5	2	255.99581
4.828237	3	2	5	3	296.12159
4.016515	3	2	5	1	232.63291
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
4.67181	3	1	5	1	234.52946
3	3	1	5	4	264.51999
5	3	1	4	1	241.94
4	3	1	5	1	219.36
4.4707	3	1	5	1	229.98841
4.075504	3	1	5	1	221.06488
4	3	1	5	1	219.36
4.958033	3	1	5	1	240.99239
5	3	1	5	1	241.94
5	3	3	5	1	267.73999
3.608654	3	3	4	1	236.32341
5	3	3	4	1	267.73999
3.608654	3	3	4	1	236.32341
3.391346	3	2	5	1	218.51658
3.983855	3	2	5	1	231.89544
4.423197	3	2	5	1	241.81578
3	3	2	5	3	253.71704
3.803623	3	2	5	2.229981	256.39134
4.608654	3	2	5	1	246.00341
4.913087	3	1	5	1	239.97751
4.871564	3	1	5	1	239.03992
3.608654	3	1	5	4.034323	279.93368

4.608654	3.812931	1	4	2.812931	292.85671
4.987232	3	1	5	1	241.6517

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	3	1	5	1	241.94
4	3	1	5	1	219.36
4	3	1	5	1	219.36
4	3	1	5	1	219.36
3	3	1	5	1	196.78
5	3	3	5	5	358.06
4	3	3	5	1	245.16
4.100872	3	3	4	1	247.4377
5	3	3	4	1	283.87
4.268496	3	3	4.573798	1	251.22263
4.261374	3	2	5	1	238.16181
3.576803	3	2	5	1	222.70421
4	3	2	5	1	232.26
4.236014	3	2	5	3	282.74921
3	3	2	5	2.173914	236.01993
5	3	2	5	1	254.84
4	3	1	5	1	219.36
3.357397	3	1	5	1	204.85003
2	3	1	5	5	264.51999
3.562049	3	1	5	1	209.47107
5	3	1	5	1	241.94
3.021366	3	1	5	1	197.26245
5	3	1	5	1	241.94
4.599737	3	1	5	1	232.90206
4	3	1	5	1	219.36
4	3	3	5	1.201373	245.16
4.825416	3	3	4	5	354.1179
4.928337	3	3	4	1.729406	314.93317
4	3	3	4	1	245.16
4.962467	3	3	5	1	266.89249
3.024625	3	2	5	1	210.23602
4.464532	3	2	5	1	242.74913
3.127081	3	2	5	1	212.54947
4.322642	3	2	5	1	239.54525
3.227635	3	2	5	3	259.61166
3	3	2	5	2.771169	250.18464
3.623666	3	1	5	1	210.86238
4.008709	3	1	5	1	219.55666
4.030725	3	1	5	4.187069	287.79378
3.950818	4	1	5	2.39074	288.74579
4	3	1	5	1	219.36
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94

3	3	1	5	1	196.78
3.341253	3	1	5	1	204.48549

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	3	3	5	1	267.73999
5	3	3	5	1	267.73999
4.257102	3	3	5	5	341.28538
4.575123	3	3	5	2.611558	288.35364
4.784308	3	3	5	1	262.86967
5	3	3	5	1	267.73999
4	3	2	5	1	232.26
4	3	2	5	1	232.26
4	3	2	5	1	232.26
4.454289	3	2	5	1	242.51783
5	3	2	5	3	300
5	3	2	5	1.473691	262.25054
5	3	1	5	1	241.94
3	3	1	5	1	196.78
2	3	1	5	5	264.51999
3.941121	4	1	5	1	243.84051
3.620951	3	1	5	1	210.80107
3.781966	3	1	5	1	214.43679
4	3	1	4	1	219.36
5	3	1	5	1	241.94
5	3	3	5	3	312.89999
5	3	3	4.006417	1	267.73999
4.282514	3	3	4	1	259.11164
4.981639	3	3	5	5	357.64541
3.60615	3	3	5	3.937644	301.07369
4	3	3	5	1	245.16
4.143059	3	2	5	1	235.49027
3.248021	3	2	5	1	215.2803
4.167999	3	2	5	1	236.05341
3.304479	3	2	5	1	216.55513
2.359943	3	2	5	1	195.22752
5	3	2	5	1	254.84
5	3	2	5	1	254.84
5	3	1	5	1	241.94
3	3	1	5	4.519445	270.47649
4	4	1	5	1.779757	266.10894
4	4	1	5	1	245.17
3	3	1	5	1	196.78
3.864544	3	1	4	1	216.30141
5	3	1	4	1	258.07001
5	2.902746	3	5	1	266.43139
5	3	3	4	3	312.89999
4.375694	3	3	4	1	270.55478

4	3	3	4.940548	1	245.16
4	3	3	4.982506	5	335.48001

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
4.024082	3	3	4.062965	5	336.02378
5	3	3	5	1	267.73999
4.207509	3	2	5	1	236.94556
4.322642	3	2	5	1	239.54525
4.701201	3	2	5	1	248.09311
3	3	2	5	1	209.67999
4	3	2	5	1	232.26
4.91906	3	2	5	1	253.01237
3.428745	3	1	5	1	206.46107
3.907862	3	1	5	1.269445	217.70956
2	3	1	5	5	254.87087
5	4	1	5	1	267.75
2.721992	4	1	5	1	216.31259
5	3	1	4.587527	1	241.94
5	3	1	4	1	241.94
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	4	1	232.25
5	3	3	4	3	318.95993
4.957973	3	3	5	1.271169	266.79103
5	3	3	4.98075	1	267.73999
5	3	3	4.153232	4.215102	347.95873
4.327454	3	3	5	5	342.87391
5	3	2	5	1	254.84
3.384539	3	2	5	1	218.36288
4	3	2	5	1	232.26
3.096007	3	2	5	1	211.84784
4.290421	3	2	5	1	238.81769
4.379758	3	1	5	1	227.93494
4.428745	3	1	5	1	229.04107
4	3	1	5	1	219.36
3.203482	3	1	5	4.977682	286.52799
3.920423	4	1	5	1.31408	244.14991
4	3	1	5	1	219.36
3	3.147605	1	5	1	198.78984
4.432296	3	1	5	1	229.12124
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	4	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
4.074029	3	3	5	3	291.99158
5	3	3	5	1.812931	276.04673
5	3	3	5	1	267.73999
5	3	3	5	4	337.65439
3.198629	3	2	5	5	304.48504

5	3	2	4	1	254.84
2.858565	3	2	4.343889	1	206.4864

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
5	3	2	5	1	254.84
5	3	2	5	1	254.84
4.906122	3	1	5	1	239.82024
5	3	1	5	1	241.94
3	3	1	5	1	196.78
4.87956	3	1	5	1.727682	260.47728
2.710984	3	1	5	4.56408	259.79088
2.629855	3.201948	1	5	1	188.42212
4.494166	3	1	5	1	230.51828
3.208246	3	1	5	1	201.4822
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
5	3	3	5	3	310.13153
5	3	3	5	2	290.38746
5	3	3	5	1	267.73999
5	3	3	5	4.020594	335.15687
3.148946	3	2	4	5	319.49321
3.199591	3	2	4	1	214.18675
4.69031	3	2	5	1	247.8472
4.887387	3	2	5	1	251.32126
4	3	1	5	1	219.36
4.571255	3	1	5	1	232.25894
5	3	1	5	1	241.94
3	3	1	5	1	196.78
3.008961	3.895307	1	5	5	313.11235
2	3	1	5	1	174.2
3.159847	3	1	5	1	200.38935
3.26959	3	1	5	1	202.86735
4.328196	2	3	5	1	226.76067
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	2	238.7
5	3	3	5	1	267.73999
1.790465	3	3	4.991911	1	195.2687
1	3	2	4	4	248.39
4.650296	3	2	4.094283	5	337.26368
5	3	2	5	1	254.84
4.547229	3	1	5	1	231.71643
4	3	1	5	1	219.36

5	3	1	4.98544	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94

تتمة ملحق ٤

Slope(X1)	Geology(X2)	Rain(X3)	Drain(X4)	Lin_fau(X5)	Measured(y)
3.818948	3	1	5	1	215.27185
4	3	1	4	2.476533	277.33716
4	4	1	3.813051	4	312.91
2.547229	3	1	4	1	186.55643
4	3	1	5	1	219.36
5	2	3	5	1	241.92999
5	2	3	5	1	241.92999
5	1	3	5	1	216.12
4.925971	1	3	5	1	214.44842
4	1	3	5	1	193.53999
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
4.718478	3	3	5	1	261.38323
1.06681	3	2	4	1	174.69194
5	3	2	5	5	345.16
4	3	2	5	4.063506	300
4	3	1.355268	5	1	222.71699
4.303437	3	1	5	1	226.21161
5	3	1	4	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
3.902532	3	1	5	1	217.15917
2	3	1	3	1	190.33
5	4	1	1	5	411.19413
2.830229	3.799202	1	3	1	233.41034
3.848754	3	1	5	1	215.94486
4	2	3	5	1	219.35001
5	2	3	5	1	241.92999
5	2	3	5	1	241.92999
4.074029	2	3	5	1	221.02158
4	2	3	5	1	219.35001
5	2	3	5	1	241.92999
5	1	3	5	1	216.12
5	1	3	5	1	216.12
5	3	2	5	1	254.84
5	3	2	5	1	254.84
5	3	2	5	5	345.16
4	3	2	4	2.473691	262.25054
5	3	1	5	1	241.94
5	3	1	5	1	241.94
4.133088	3	1	5	1	222.36512
4.5293	3	1	5	1	231.3116
3.122497	3	1	3.929416	1	199.54598
5	4	1	1.109536	4.144157	396.3014

3.180132	4	1	3	1.594412	269.51596
2.133088	3	1	5	1	177.20512

ملحق (5)

القيم المقاسة والقيم المستنتجة لدليل المأمولية المائية حسب تقنية تحليل الانحدار (الحالة الدراسية الأولى)

Measured(y)	Predicted Y1	[(y-y1)/y]*100	Measured(y)	Predicted Y1	[(y-y1)/y]*100
205.00367	218.7594084	-6.70999616	250.741323	253.6724661	-1.16899083
217.411859	223.5278129	-2.8130728	287	287.0224422	-0.0078196
343.374157	343.9802772	-0.17651889	287	287.0224422	-0.0078196
258.073307	258.3470936	-0.10608869	253.734076	256.6955082	-1.16714011
235	234.9785199	0.009140467	217	216.7043564	0.136241284
217	216.7043564	0.136241284	217.479182	218.6997854	-0.5612507
217	216.7043564	0.136241284	235	234.9785199	0.009140467
257	257.24306	-0.09457588	222.429589	232.0351004	-4.31845036
239	238.9688965	0.01301401	196	196.1403612	-0.07161288
217	216.7043564	0.136241284	178	175.8947262	1.182738103
196	196.1403612	-0.07161288	200	241.2587282	-20.6293641
178	177.8661978	0.0751698	310	304.3890062	1.809998008
245.079321	239.6982134	2.195659594	309	306.8198708	0.705543429
327.940095	320.8999215	2.146786444	313.751201	310.8422474	0.92715298
285.607919	277.1866569	2.948539414	262.233873	267.8552923	-2.14366635
306.600256	308.7506419	-0.70136469	297.259841	296.6103614	0.218488845
235	234.9785199	0.009140467	292.904815	287.0224422	2.008288171
235	234.9785199	0.009140467	250.044834	252.8054232	-1.10403768
257	257.24306	-0.09457588	245.441735	245.9463304	-0.20558664
257	257.24306	-0.09457588	265	264.7579021	0.091357681
235	234.9785199	0.009140467	265	264.7579021	0.091357681
217	216.7043564	0.136241284	217	216.7043564	0.136241284
196	196.1403612	-0.07161288	273.158685	271.0275294	0.780189594
178	177.8661978	0.0751698	217	216.7043564	0.136241284
298.795737	303.0054449	-1.40889155	217	216.7043564	0.136241284
287	284.7658187	0.778460395	217	216.7043564	0.136241284
260.09696	254.9221168	1.989582333	196	196.1403612	-0.07161288
283	283.0320656	-0.01133061	178	177.8661978	0.0751698
300.12559	291.0868642	3.011647838	210	218.9941881	-4.28294671
279	279.5076001	-0.18193552	212.639333	207.3660257	2.479930309
239	238.9688965	0.01301401	239.034931	243.9391296	-2.05166608
235	234.9785199	0.009140467	240.340493	235.3957884	2.057374754
239	238.9688965	0.01301401	231.897176	227.2482362	2.004741864
217	216.7043564	0.136241284	230.119575	235.5798742	-2.37280953
196	196.1403612	-0.07161288	236.873161	234.3756904	1.054349326
178	177.8661978	0.0751698	262.411859	262.5012786	-0.03407604
232	231.2926328	0.304899656	251.204219	256.639046	-2.16350944
269.540391	263.7122749	2.162242215	254.909146	249.5667963	2.095785812

287	287.0224422	-0.0078196	265	264.7579021	0.091357681
249.464178	242.7318473	2.698716422	217	216.7043564	0.136241284
302.363813	305.2966057	-0.96995494	261	261.2334366	-0.08943932
204.150237	204.7045677	-0.27153076	239	238.9688965	0.01301401

تتمة ملحق ٥

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
217	216.7043564	0.136241284	262.429498	262.4684658	-0.01484885
208.201018	203.1276156	2.436780798	249.528689	246.110288	1.369943072
178	177.8661978	0.0751698	279.747646	271.8313364	2.829803834
214	255.5425151	-19.4123902	305.018964	310.078173	-1.65865393
222.183009	227.3037256	-2.30472915	349.644821	343.5418287	1.745483394
223.55922	219.6566938	1.745634221	327	327.5611458	-0.17160423
224.410783	220.7574109	1.627984204	279	279.5076001	-0.18193552
258.24616	255.2706768	1.152188765	323	322.0476776	0.294836649
240.315419	235.7399733	1.903933488	261.219704	251.6020898	3.681810395
244.841358	254.1128562	-3.78673698	259	259.0052928	-0.00204354
247.411859	249.5667963	-0.87099191	259	259.0052928	-0.00204354
249.587621	258.0382988	-3.38585613	238	238.4412976	-0.18541916
265	264.7579021	0.091357681	178	177.8661978	0.0751698
283	282.6373254	0.128153559	256	255.5425151	0.17870505
224.01725	223.1225081	0.399407583	274	273.8166786	0.066905635
261	261.2334366	-0.08943932	256	255.6356585	0.142320905
235	234.9785199	0.009140467	246.47224	247.3402046	-0.3521551
217	216.7043564	0.136241284	226.040077	231.4274614	-2.38337574
239	238.9688965	0.01301401	225.611879	233.5590166	-3.52248189
208.372006	215.1593993	-3.25734414	247.429498	250.9336768	-1.41623324
178	177.8661978	0.0751698	236.378587	242.3290243	-2.51733347
233	240.9917489	-3.42993517	237.101215	241.4064684	-1.81578716
256	255.5425151	0.17870505	258.682568	252.7641291	2.287915628
256	255.5425151	0.17870505	272.341974	273.9623982	-0.59499612
282.680708	287.6147743	-1.74545561	235	234.9785199	0.009140467
286.126526	292.7557837	-2.31689729	232.478543	234.9785199	-1.07535813
296.539567	299.7297942	-1.0758184	279	279.5076001	-0.18193552
271.843208	269.3431392	0.919673076	235	234.9785199	0.009140467
286.51132	288.4753875	-0.68551131	219.274887	219.2216895	0.024260662
264.156792	268.4828065	-1.63766923	241.446919	240.7311293	0.296458419
260.025751	256.6040605	1.315904476	248.508113	251.903094	-1.36614492
263.756732	264.7579021	-0.37958089	202	202.3503344	-0.17343289
265	264.7579021	0.091357681	220	218.9941881	0.457187229
283	283.0320656	-0.01133061	238	237.2683516	0.307415301
294.505187	299.8599461	-1.81822235	238	237.2683516	0.307415301
297.278304	294.2803173	1.00847815	256	255.5425151	0.17870505
257	257.24306	-0.09457588	282.646025	278.2431151	1.557746979
257	257.24306	-0.09457588	261.79788	266.5416262	-1.81198802
225.114975	219.7712316	2.373784043	282.573426	287.5343119	-1.75560949
200	200.1307379	-0.06536893	269.143344	279.2285553	-3.74715243

265	255.9081445	3.430888855	269.411859	268.2783494	0.420734856
274	273.8166786	0.066905635	261.90304	270.0289876	-3.10265495
256	255.5425151	0.17870505	283	283.0320656	-0.01133061
253	252.6498539	0.138397663	235	234.9785199	0.009140467

تتمة ملحق ٥

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
257.818134	255.0741646	1.064304261	235	234.9785199	0.009140467
251.523966	255.2307697	-1.47373778	279	279.5076001	-0.18193552
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
234.488111	227.0538375	3.170426609	274.393187	275.3838832	-0.36104985
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
253.201018	247.7183836	2.165328731	280.118524	272.0507898	2.880114488
237.788399	238.7596577	-0.40845504	300	300.0715953	-0.02386509
244	241.2530636	1.125793621	225.637042	224.7837387	0.378175177
262	258.8106057	1.217326057	251.372638	251.2304199	0.056576618
306	305.8242047	0.057449459	239.920679	244.2442733	-1.80209324
260.942075	249.7444892	4.291215133	256.627884	253.7192091	1.133421216
256	255.5425151	0.17870505	239.90304	244.2114757	-1.7959071
304	302.7620387	0.407224109	265	264.7579021	0.091357681
283	283.0320656	-0.01133061	217	216.7043564	0.136241284
265.935778	267.8409598	-0.71640672	235	234.9785199	0.009140467
249.048486	240.8099258	3.308014555	305	305.7625168	-0.25000552
235	237.6168344	-1.11354655	217	216.7043564	0.136241284
268.965691	267.8409598	0.418169032	217	216.7043564	0.136241284
273.046915	267.6968418	1.959397069	217	216.7043564	0.136241284
261.076815	255.5902521	2.1015129	217	216.7043564	0.136241284
217	216.7043564	0.136241284	199	198.4301929	0.286335213
283	283.4979767	-0.17596351	262	261.2951245	0.269036469
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
199	198.4301929	0.286335213	261.113842	259.4482419	0.637882726
254	261.2951245	-2.87209624	282	281.7974318	0.071832699
262	261.2951245	0.269036469	258.446992	258.075349	0.143798544
262	261.2951245	0.269036469	265	264.7579021	0.091357681
306	305.8242047	0.057449459	250	249.5667963	0.173281486
300	300.0715953	-0.02386509	265	264.7579021	0.091357681
256	255.5425151	0.17870505	265	264.7579021	0.091357681
235	234.9785199	0.009140467	217	216.7043564	0.136241284
267.060541	269.8916831	-1.06011247	217	216.7043564	0.136241284
250	249.5667963	0.173281486	323	324.0366803	-0.32095366
264.054095	262.2659835	0.677176196	235	234.9785199	0.009140467
263.611003	266.035435	-0.91970061	222.820149	217.9597001	2.181332769
259.517848	263.405833	-1.49815706	217	216.7043564	0.136241284
248.919681	246.7261324	0.881227487	217	216.7043564	0.136241284

235	234.9785199	0.009140467	199	198.4301929	0.286335213
283	283.4979767	-0.17596351	265	263.5849561	0.533978818
217	216.7043564	0.136241284	301	300.1332831	0.287945811
217	216.7043564	0.136241284	281.189717	281.8591196	-0.23806085

تتمة ملحق هـ

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
217	216.7043564	0.136241284	262	261.2951245	0.269036469
199	198.4301929	0.286335213	262	261.2951245	0.269036469
262	261.2951245	0.269036469	282	281.7974318	0.071832699
238	237.2683516	0.307415301	217	216.7043564	0.136241284
304	303.5960608	0.132874736	239	238.9688965	0.01301401
279.894231	283.0320656	-1.12107871	217	216.7043564	0.136241284
265	264.7579021	0.091357681	217	216.7043564	0.136241284
265	264.7579021	0.091357681	217	216.7043564	0.136241284
217	216.7043564	0.136241284	217	216.7043564	0.136241284
217	216.7043564	0.136241284	199	198.4301929	0.286335213
323	324.0366803	-0.32095366	283	281.8591196	0.403137943
217	216.7043564	0.136241284	283	281.8591196	0.403137943
217	216.7043564	0.136241284	283	281.8591196	0.403137943
217	216.7043564	0.136241284	283	281.8591196	0.403137943
217	216.7043564	0.136241284	301	300.1332831	0.287945811
199	198.4301929	0.286335213	279.334162	276.1065102	1.155480495
265	263.5849561	0.533978818	285.231679	286.7219659	-0.52248295
283	281.8591196	0.403137943	266.539989	268.1257262	-0.59493407
283	281.8591196	0.403137943	277	276.1065102	0.32255948
262	261.2951245	0.269036469	282	281.7974318	0.071832699
284	283.5596646	0.155047693	256	255.5425151	0.17870505
280	279.5692879	0.153825737	238	237.2683516	0.307415301
280	279.5692879	0.153825737	217	217.237962	-0.1096599
296.325437	292.9205496	1.149036483	237.662129	236.1881078	0.6202171
256	255.5425151	0.17870505	239	238.9688965	0.01301401
256	255.5425151	0.17870505	217	216.7043564	0.136241284
265	264.7579021	0.091357681	224.908439	227.9761197	-1.36396867
283	283.0320656	-0.01133061	238	237.2683516	0.307415301
234.288031	234.9785199	-0.29471796	238	237.2683516	0.307415301
239	232.4673168	2.733340235	217.664174	216.6746928	0.454590738
261	261.2334366	-0.08943932	283	278.8289161	1.473881235
235	234.9785199	0.009140467	283	281.8591196	0.403137943
217	216.7043564	0.136241284	276.441388	278.3956174	-0.7069236
217	216.7043564	0.136241284	271.804098	270.491859	0.48278854
217	216.7043564	0.136241284	265	263.5849561	0.533978818
199	198.4301929	0.286335213	273.187991	277.3839597	-1.53592722
265	263.5849561	0.533978818	281	280.0968869	0.321392578
283	281.8591196	0.403137943	241	239.5581833	0.598264205
283	281.8591196	0.403137943	241	239.5581833	0.598264205

286.042269	290.9864064	-1.72846392	241	239.5581833	0.598264205
289.864192	290.7134721	-0.29299243	274.007545	270.4257433	1.307190906
302	301.833828	0.055023828	220	220.5616117	-0.25527805
262	261.2951245	0.269036469	220	218.9941881	0.457187229

تتمة ملحق ٥

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
238	237.2683516	0.307415301	221.750265	219.3691897	1.073764333
300	300.0715953	-0.02386509	230.007545	225.8966631	1.787281333
238	237.2683516	0.307415301	220	218.9941881	0.457187229
256	255.5425151	0.17870505	220	218.9941881	0.457187229
304	303.5960608	0.132874736	220	218.9941881	0.457187229
217	216.7043564	0.136241284	220	218.9941881	0.457187229

ملحق (6)

القيم المقاسة والقيم المستنتجة لدليل المأمولية المائبة حسب تقنية تحليل الانحدار (الحالة الدراسية الثانية)

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
243.22743	243.227428	0	254.84	254.3999201	0.00172687
233.56058	232.7499801	0.00347061	233.93157	233.1274294	0.0034375
245.86715	234.2742501	0.04715106	254.84	254.3999201	0.00172687
254.84	254.3999201	0.00172687	246.53898	245.9543619	0.00237128
300	299.7926046	0.00069132	283.62749	279.7709809	0.01359708
292.14905	294.3011896	-0.0073666	301.00545	299.7926046	0.00402933
246.27322	232.8428377	0.05453448	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	241.94	241.7220604	0.00090081
234.49039	236.5032932	-0.0085842	226.31038	225.8202837	0.00216561
258.07001	250.1598803	0.03065109	222.75221	230.6379912	-0.0354016
243.90032	250.1598803	-0.0256644	241.46633	249.6779721	-0.0340074
253.81438	245.8301497	0.03145697	241.94	250.1598803	-0.0339749
258.07001	250.1598803	0.03065109	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	247.7755381	-0.0241198	222.28857	221.7284402	0.00251981
267.75	267.7584796	-3.167E-05	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	239.24728	238.5357045	0.00297423
267.75	267.7584796	-3.167E-05	238.02741	237.2946019	0.00307869

248.52341	247.9733362	0.00221335	254.84	254.3999201	0.00172687
209.72035	208.4946298	0.00584455	254.84	254.3999201	0.00172687
254.69568	262.6909185	-0.0313913	232.26	231.4267484	0.00358756
254.84	260.2551343	-0.0212492	248.03805	247.4795278	0.00225177
254.72991	262.7257229	-0.0313894	222.70421	221.7045711	0.00448864
300	299.7926046	0.00069132	216.66728	216.9647582	-0.001373
300	299.7926046	0.00069132	264.37965	273.0609004	-0.0328363
241.95679	241.7220604	0.00097011	250.54542	250.5105944	0.000139
219.51658	218.9081847	0.00277153	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	250.1598803	-0.0339749	219.36	218.7488887	0.00278589
219.36	227.1867086	-0.0356797	187.09893	194.3639044	-0.0388296
238.99274	247.1612841	-0.0341791	196.78	195.775717	0.00510358
257.90488	250.1598803	0.03003044	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	250.1598803	-0.0339749	219.36	218.7488887	0.00278589
241.94	250.1598803	-0.0339749	234.95272	234.6131043	0.00144545
240.16154	248.3504444	-0.0340975	223.42739	222.8870921	0.00241822
233.58212	241.6564757	-0.0345675	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	248.81817	248.2732279	0.00219012
235.68381	235.3569297	0.00138694	254.84	254.3999201	0.00172687
234.43688	233.641523	0.00339261	232.52053	231.6918359	0.00356398
232.26	231.4267484	0.00358756	254.14651	253.6943451	0.00177914

تتمة ملحق ٦

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
232.26	231.4267484	0.00358756	214.34527	213.6468459	0.00325843
254.84	254.3999201	0.00172687	244.08143	244.4098294	-0.0013455
222.99769	222.0031764	0.00445976	220.15299	219.5556836	0.00271316
209.67999	208.4535767	0.00584899	241.94	241.7220604	0.00090081
232.26	231.4267484	0.00358756	225.74809	225.2482058	0.00221432
287.10001	287.1147449	-5.134E-05	222.81366	222.2626813	0.00247283
237.46475	237.7845421	-0.0013467	221.15686	220.5770248	0.00262182
219.36	218.7488887	0.00278589	241.94	241.7220604	0.00090081
222.1042	221.5408642	0.00253635	209.94301	209.1679275	0.00369187
219.65733	219.0513995	0.00275853	219.36	218.7488887	0.00278589
219.81912	219.2160022	0.00274371	245.16	244.1046081	0.00430493
241.61358	241.3899603	0.00092551	262.84386	262.0963921	0.00284378
241.24651	241.0164854	0.0009535	224.17005	231.1869811	-0.0313018
205.13788	204.2791217	0.00418623	233.41581	239.883272	-0.0277079
237.87262	237.5838571	0.00121392	232.26	231.4267484	0.00358756
241.94	241.7220604	0.00090081	233.41581	232.6026991	0.00348353
245.16	244.1046081	0.00430493	255.99581	255.2990414	0.0027218
254.84	254.3999201	0.00172687	296.12159	295.8466637	0.00092842
249.61189	249.0807809	0.00212774	232.63291	231.8061504	0.00355392
246.46573	245.879837	0.00237718	241.94	241.7220604	0.00090081
239.70027	238.9965693	0.00293576	241.94	241.7220604	0.00090081
254.84	254.3999201	0.00172687	234.52946	234.1824952	0.00147943

245.28421	244.6777428	0.00247252	264.51999	263.8647437	0.00247711
247.52994	246.9625855	0.00229206	241.94	250.1598803	-0.0339749
224.97474	224.0146384	0.00426759	219.36	218.7488887	0.00278589
214.21999	213.5193908	0.00327047	229.98841	229.5623607	0.00185247
287.10001	287.1147449	-5.134E-05	221.06488	220.4834551	0.00263012
247.43671	246.9292025	0.00205105	219.36	218.7488887	0.00278589
219.36	218.7488887	0.00278589	240.99239	240.7579453	0.00097282
219.36	218.7488887	0.00278589	241.94	241.7220604	0.00090081
210.86341	210.1043599	0.00359971	267.73999	267.0777798	0.00247333
226.04664	225.551957	0.00218842	236.32341	243.5519692	-0.0305876
241.94	241.7220604	0.00090081	267.73999	275.5155997	-0.0290416
227.71788	227.2522934	0.00204457	236.32341	243.5519692	-0.0305876
239.38109	239.1186028	0.00109653	218.51658	217.4440356	0.00490832
219.36	218.7488887	0.00278589	231.89544	231.0558466	0.00362056
263.32263	262.5834923	0.00280697	241.81578	241.1489258	0.00275769
247.96295	246.9563598	0.00405945	253.71704	253.8462612	-0.0005093
238.78496	238.0653288	0.0030137	256.39134	254.8314156	0.00608414
233.44853	241.0738072	-0.0326636	246.00341	245.4094613	0.00241437
232.26	231.4267484	0.00358756	239.97751	239.7253932	0.00105059
238.78496	238.0653288	0.0030137	239.03992	238.7714782	0.001123
290.44422	290.0704272	0.00128698	279.93368	278.6264631	0.00466972
251.97052	251.4804665	0.00194486	292.85671	303.4821362	-0.036282

تتمة ملحق ٦

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
250.42026	251.0425961	-0.0024852	241.6517	241.428739	0.00092266
224.39965	223.8762939	0.00233225	241.94	241.7220604	0.00090081
219.36	218.7488887	0.00278589	341.28538	340.7964254	0.00143269
219.36	218.7488887	0.00278589	288.35364	293.8934794	-0.019212
219.36	218.7488887	0.00278589	262.86967	262.1226505	0.00284179
196.78	195.775717	0.00510358	267.73999	267.0777798	0.00247333
358.06	357.8631487	0.00054977	232.26	231.4267484	0.00358756
245.16	244.1046081	0.00430493	232.26	231.4267484	0.00358756
247.4377	254.8597778	-0.0299958	232.26	231.4267484	0.00358756
283.87	275.5155997	0.02943036	242.51783	241.8632076	0.00269929
251.22263	253.8690285	-0.0105341	300	299.7926046	0.00069132
238.16181	237.4313382	0.00306714	262.25054	265.1509732	-0.0110598
222.70421	221.7045711	0.00448864	241.94	241.7220604	0.00090081
232.26	231.4267484	0.00358756	196.78	195.775717	0.00510358
282.74921	282.241423	0.00179587	264.51999	263.5879142	0.00352365
236.01993	235.0971306	0.00390985	243.84051	243.4326706	0.00167256
254.84	254.3999201	0.00172687	210.80107	210.040931	0.00360594
219.36	218.7488887	0.00278589	214.43679	213.7399562	0.00324962
204.85003	203.9862597	0.00421658	219.36	227.1867086	-0.0356797
264.51999	263.5879142	0.00352365	241.94	241.7220604	0.00090081
209.47107	208.6877652	0.00373946	312.89999	312.4704643	0.00137274
241.94	241.7220604	0.00090081	267.73999	275.4614542	-0.0288394

197.26245	196.2665618	0.00504853	259.11164	259.0326707	0.00030478
241.94	241.7220604	0.00090081	357.64541	357.4413383	0.0005706
232.90206	232.5267498	0.00161144	301.07369	301.730398	-0.0021812
219.36	218.7488887	0.00278589	245.16	244.1046081	0.00430493
245.16	248.6750386	-0.0143377	235.49027	234.7132674	0.00329951
354.1179	362.2902204	-0.023078	215.2803	214.1514057	0.00524384
314.93317	290.4241215	0.07782301	236.05341	235.2862183	0.00325007
245.16	252.542428	-0.0301127	216.55513	215.4484251	0.0051105
266.89249	266.2155278	0.00253645	195.22752	193.7494374	0.0075711
210.23602	209.0192911	0.00578746	254.84	254.3999201	0.00172687
242.74913	242.0985218	0.00268016	254.84	254.3999201	0.00172687
212.54947	211.3730304	0.00553492	241.94	241.7220604	0.00090081
239.54525	238.8388585	0.00294889	270.47649	275.6542452	-0.0191431
259.61166	259.0757591	0.00206425	266.10894	262.4829397	0.013626
250.18464	248.6526345	0.00612349	245.17	244.7853079	0.00156907
210.86238	210.1033031	0.00359986	196.78	195.775717	0.00510358
219.55666	218.9489621	0.00276783	216.30141	224.0748547	-0.035938
287.79378	291.7895482	-0.0138842	258.07001	250.1598803	0.03065109
288.74579	275.2201524	0.04684272	266.43139	264.5456339	0.00707783
219.36	218.7488887	0.00278589	312.89999	320.9082842	-0.0255938
241.94	241.7220604	0.00090081	270.55478	261.1733108	0.03467494
241.94	241.7220604	0.00090081	245.16	244.6062534	0.00225873

تتمة ملحق ٦

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
196.78	195.775717	0.00510358	335.48001	335.0375882	0.00131878
204.48549	203.6153808	0.00425511	336.02378	343.3497495	-0.0218019
267.73999	267.0777798	0.00247333	267.73999	267.0777798	0.00247333
267.73999	267.0777798	0.00247333	236.94556	236.1938883	0.00317232
239.54525	238.8388585	0.00294889	196.78	195.775717	0.00510358
248.09311	247.5355594	0.00224733	260.47728	255.4708913	0.01922006
209.67999	208.4535767	0.00584899	259.79088	270.0276822	-0.039404
232.26	231.4267484	0.00358756	188.42212	192.5303152	-0.0218031
253.01237	252.5404716	0.00186513	230.51828	230.1014491	0.00180823
206.46107	205.6253495	0.00404782	201.4822	200.5597881	0.00457812
217.70956	222.7476026	-0.0231411	216.12	215.0049414	0.00515942
254.87087	263.5879142	-0.0342018	216.12	215.0049414	0.00515942
267.75	267.7584796	-3.167E-05	216.12	215.0049414	0.00515942
216.31259	215.4254107	0.00410136	216.12	215.0049414	0.00515942
241.94	245.2024333	-0.0134845	310.13153	312.4704643	-0.0075417
241.94	250.1598803	-0.0339749	290.38746	289.774122	0.00211213
216.12	215.0049414	0.00515942	267.73999	267.0777798	0.00247333
232.25	223.4427613	0.03792137	335.15687	335.634215	-0.0014242
318.95993	320.9082842	-0.0061085	319.49321	311.0985276	0.02627499
266.79103	272.2668308	-0.0205247	214.18675	221.4766349	-0.0340352
267.73999	267.2402079	0.00186667	247.8472	247.2853586	0.00226687
347.95873	347.193711	0.0021986	251.32126	251.8128423	-0.001956

342.87391	342.412634	0.00134531	219.36	218.7488887	0.00278589
254.84	254.3999201	0.00172687	232.25894	231.8724279	0.00166413
218.36288	217.2876572	0.00492403	241.94	241.7220604	0.00090081
232.26	231.4267484	0.00358756	196.78	195.775717	0.00510358
211.84784	210.659162	0.00561099	313.11235	310.0775369	0.00969242
238.81769	238.0986399	0.00301088	174.2	172.8025453	0.00802211
227.93494	227.4731345	0.00202603	200.38935	199.4479096	0.00469804
229.04107	228.5985212	0.00193217	202.86735	201.9690544	0.00442799
219.36	218.7488887	0.00278589	226.76067	225.607892	0.00508368
286.52799	290.7291759	-0.0146624	216.12	215.0049414	0.00515942
244.14991	250.085639	-0.0243118	216.12	215.0049414	0.00515942
219.36	218.7488887	0.00278589	216.12	215.0049414	0.00515942
198.78984	199.6188227	-0.0041702	216.12	215.0049414	0.00515942
229.12124	228.680099	0.00192538	238.7	237.7012836	0.00418397
216.12	215.0049414	0.00515942	267.73999	267.0777798	0.00247333
216.12	223.4427613	-0.0338829	195.2687	193.4128347	0.00950417
216.12	215.0049414	0.00515942	248.39	239.0340799	0.03766625
291.99158	291.1979735	0.00271792	337.26368	344.7937559	-0.022327
276.04673	285.52834	-0.0343478	254.84	254.3999201	0.00172687
267.73999	267.0777798	0.00247333	231.71643	231.3204745	0.00170881
337.65439	335.1668065	0.00736724	219.36	218.7488887	0.00278589
304.48504	303.8020837	0.00224299	241.94	241.8449151	0.00039302

تتمة ملحق ٦

Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$	Measured(y)	Predicted Y1	$[(y-y_1)/y]*100$
254.84	262.83774	-0.0313834	241.94	241.7220604	0.00090081
206.4864	210.7405126	-0.0206024	215.27185	214.58955	0.0031695
254.84	254.3999201	0.00172687	277.33716	260.6986069	0.05999394
254.84	254.3999201	0.00172687	312.91	322.8895965	-0.0318929
239.82024	239.565385	0.00106267	186.55643	193.811951	-0.0388918
241.94	241.7220604	0.00090081	219.36	218.7488887	0.00278589
241.92999	241.0413606	0.0036731	219.35001	218.0681889	0.00584371
241.92999	241.0413606	0.0036731	241.92999	241.0413606	0.0036731
216.12	215.0049414	0.00515942	241.92999	241.0413606	0.0036731
214.44842	213.3042605	0.00533536	221.02158	219.7688698	0.00566782
193.53999	192.0317697	0.00779282	219.35001	218.0681889	0.00584371
216.12	215.0049414	0.00515942	241.92999	241.0413606	0.0036731
216.12	215.0049414	0.00515942	216.12	215.0049414	0.00515942
261.38323	260.6103266	0.00295697	216.12	215.0049414	0.00515942
174.69194	172.4798908	0.01266255	254.84	254.3999201	0.00172687
345.16	345.185289	-7.326E-05	254.84	254.3999201	0.00172687
300	300.957129	-0.0031904	345.16	345.185289	-7.326E-05
222.71699	223.2529266	-0.0024064	262.25054	273.3119636	-0.0421788
226.21161	225.719799	0.00217413	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	250.1598803	-0.0339749	241.94	241.7220604	0.00090081
241.94	241.7220604	0.00090081	222.36512	221.8063422	0.00251288
217.15917	216.5097396	0.00299057	231.3116	230.9085885	0.00174227

190.33	189.6781851	0.00342467	199.54598	207.6232566	-0.0404783
411.19413	392.2951282	0.04596127	396.3014	371.9463775	0.0614558
233.41034	229.5595368	0.01649799	269.51596	256.3169576	0.048973
215.94486	215.2742884	0.00310527	177.20512	175.8599988	0.00759074

Recharge factors that affect determination of Groundwater potential zones (A case study :Homs province)

Scientific progress and spread of technology use in various aspects of daily life have led to the creation of new tools in the scientific research methodology that contribute to its accuracy in making decisions and predictions in the field of water studies. These decisions lead to shortening cost and time, especially the studies related to defining the ground water zones, which are of great importance in protecting and managing the groundwater systems in the studied area. Weighting matrix was obtained for the factors affecting groundwater recharge (tectonics, drainage, slope, geological structures, Rainfall) derived from the double comparison matrices of twenty-five experts using the auxiliary tools, in particular the decision-making tools, which is the hierarchical analysis method. A tool modeling of the proposed mathematical system was also developed within the environment of the GIS program to formulate the weights of the factors according to the degree of their influence, and then conduct a weighted linear integration process for the used classified maps that represent the influencing factors, thus obtaining a scheme of the distribution of the ground water potential zones, where the studied area was divided in terms of its suitability into Three sectors (high, medium, low). The proposed mathematical model was validated by comparing with the measured values of the wells data (flow and static level). A model was also found for the values of the ground water potential index and the values of the influencing factors, using the Modelbuilder in the environment of the GIS program, and

therefore we can apply this model to any other area using its data, and then apply the multiple regression technique to result the mathematical model that represents the weights of the factors Influencing the formation of the ground water potential zones, which gave accurate results after the experiment on data taken from measured values at points other than the points we relied on in the conclusion of the model. The mathematical model of the weighting matrix is one of the most important applied results that achieve accuracy in determining the zones of groundwater potential and is suitable for generalizing it to the study of zones similar to the study area and monitoring .

Keywords: Mathematical model, geographic information system, ground water potential zones, hierarchical analysis method, multiple regression, paired comparison matrices, model building .

Republic
Albaath University
Civil Engineering Faculty
Department Of Water Resources
Engineering and Manegement

Recharge factors that affect determination of
Groundwater potential zones
(A case Study : Homs Province)

Study prepared for Doctor Degree In Department of water
Resources Engineering and manegement

By
Tamador Jaber Alibraheem

by
Prof. Eng . Maan Salameh Dr. Mohamad Almelhem
Study year: 2021-2022