

استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي وطريقة التحليل الهرمي في تحديد النطاقات المحتملة لتواجد المياه الجوفية في المنطقة بين رأس جبل الزيت والغردقة

سمر السيد محمد السيد غربيه¹

samarelsayed353@gmail.com

الملخص

إن التغذية الطبيعية السنوية لخزانات المياه الجوفية في منطقة الدراسة محدودة للغاية، وتعتمد على السيول المفاجئة الناتجة عن العواصف المطرية العرضية، لذلك فقد اعتمدت الدراسة على تحليل بيانات مياه الأمطار والجريان السطحي ومعدلات التسرب والخصائص الهيدرولوجية للتكوينات الحاملة للمياه، بالإضافة إلى العوامل الأخرى المؤثرة.

أثبت تحليل بيانات الجريان اعتماداً على بيانات الأمطار أن مساهمته في تخزين المياه الجوفية أثناء العواصف المطرية محدودة للغاية مقارنة بالجريان السطحي، ويرجع ذلك إلى قصر وقت العواصف والإمكانات العالية للأحواض الهيدرولوجية لتجميع المياه السطحية.

يُعد استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والاستشعار عن بُعد وتكاملهما مع نظم المعلومات الجغرافية أحد أكثر التقنيات الفعالة في إدارة الموارد المائية، إذ يوفر التحسس النائي العديد من البيانات المستخدمة، كما يُستخدم الاستشعار عن بُعد في الدراسات الهيدرولوجية والجيولوجية على نطاق واسع في التعامل مع فيضانات السيول المتوقعة عن طريق مقارنة سلسلة من الصور تم أخذها على فترات زمنية مختلفة، إضافةً إلى إمكانية البحث والتنقيب عن المياه الجوفية الموجودة تحت رمال الصحراء من خلال صور الرادار، نظراً لقدرة أشعة الرادار على اختراق الرواسب المفككة عدة مترات.

أجريت هذه الدراسة بهدف إنشاء مخطط لتحديد مناطق احتمالية تواجد المياه الجوفية في منطقة الدراسة من خلال النمذجة المكانية، ولتحقيق هذا الغرض تم استخدام طبقات متعددة كمدخلات للنموذج منها التكوينات والتراكيب الجيولوجية، والانحدار، وأنماط المسيلات، وبيانات الهطول المطري والحرارة، واستخدامات الأرض والغطاء الأرضي، والخريطة الجيومورفولوجية.

تم تطبيق نموذج ملائمة مكانية موزون *Weighted spatial suitability model* باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS على طبقات المدخلات بعد إجراء عملية تصنيف وإسناد وزن لكل طبقة منهم حسب مقدار أهميتها وإسهامها في عملية تغذية المياه الجوفية، حيث حُدد هذا الوزن وفقاً لطريقة التحليل الهرمي (AHP).

قُسمت المنطقة إلى خمسة نطاقات حسب درجة احتمالية تواجد المياه الجوفية، ويمكن الاستفادة من هذه النتائج في حصر نطاقات تجمع المياه الجوفية وإنشاء الآبار للإستفادة منها، وكذلك منع الضخ الجائر وإقتراح مواقع لمنشآت التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي الجغرافي، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، المياه الجوفية، التحليل الهرمي (AHP)، رأس جبل الزيت، الغردقة.

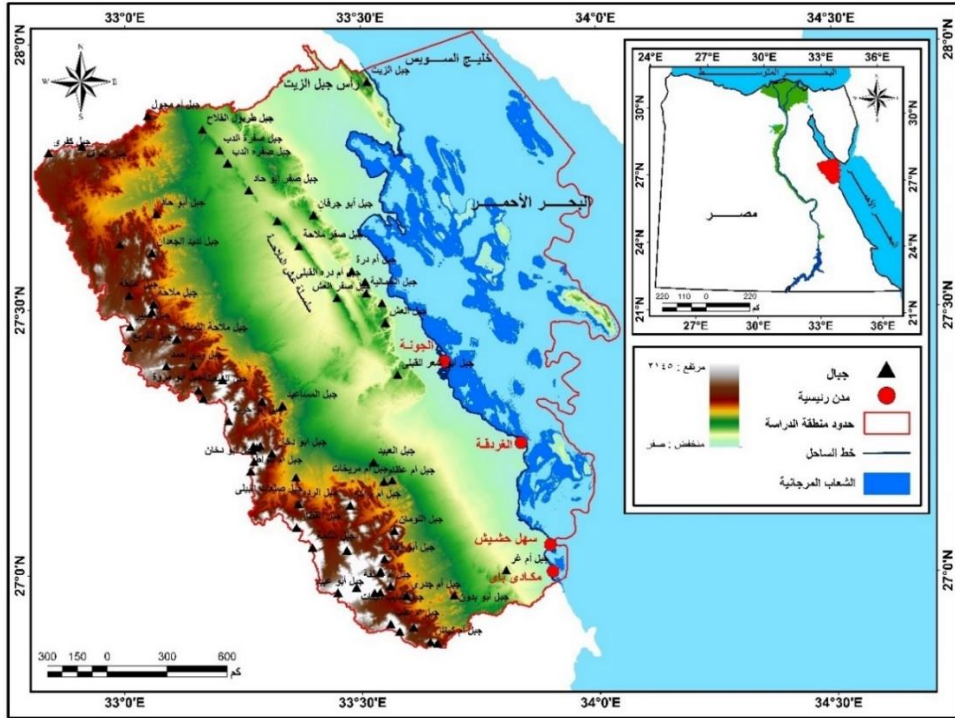
¹ بحث مشتق من رسالة ماجستير بقسم الجغرافيا كلية الآداب - جامعة المنصورة، تحت إشراف أ.د/ عبد الحميد أحمد كليو، أ.د/ رمضان عبد الحميد نوفل أستاذ الجغرافيا الطبيعية بالمعهد الجغرافي - جامعة المنصورة

المقدمة

يُتَّصَدُ بالتمذجة المكانية للمياه الجوفية تحديد مناطق التنبؤ بالمواقع الأكثر احتمالاً لتوافر المياه الجوفية في المنطقة بالإعتماد على العوامل الأساسية التي تساهم في تشكل المياه الجوفية، أو تلك التي تدخل في عملية التغذية للمياه الجوفية، وهنا يبرز الترابط الوثيق بين عملية التغذية والتمذجة المكانية، فالتغذية الجوفية هي العملية المسؤولة عن زيادة المخزون الجوفي في الطبقات الحاملة، وتنميتها المستدامة. تتميز المياه الجوفية عن السطحية بسمة مهمة في أنها أقل تأثراً بالتلوث وأقل عُرضه للكوارث كما يمكن استخراجها عند الحاجة ، لذلك لزم التعرف على الطرق والتقنيات الحديثة لتحديد مناطق تواجد المياه الجوفية وكيفية إستغلالها وإدارتها؛ فهي مورداً هاماً من موارد المياه.

أولاً: موقع منطقة الدراسة

تحتل منطقة الدراسة جزءاً من خليج السويس من ناحية الغرب، وتقع بين دائرتي عرض 22° 86' 26 °، 30 ° 02' 28 ° شمالاً ، وبين خطي طول 87 ° 80' 32 ° ، 63 ° 04' 34 ° شرقاً ، ويحدها شمالاً مَدِينَةُ رَأْسِ غَارِبِ وجنوباً مَدِينَةُ سَفَاجَا ويحدها غرباً خط تقسيم المياه للأودية المنحدرة إلى المنطقة من الغرب والحدود الشرقية تنتهي إلى الجزر البحرية.



المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي ALOS-PALSAR بدقة مكانية 12,5م باستخدام برنامج Arc GIS Ver.10.8

شكل (1) موقع منطقة الدراسة

ثانياً: الدراسات السابقة

هناك العديد من الدراسات التي تناولت دراسة منطقة البحر الأحمر التي تُعد منطقة الدراسة جزء منها، ويمكن عرض هذه الدراسات على النحو التالي:

- دراسة محمود محمد حجاب (2004): عن جيومورفولوجية السهل الساحلى والإقليم الجبلى فيما بين رأس بكر ورأس الدب على الساحل الغربى لخليج السويس ، وتناولت الخصائص الطبيعية والجيولوجية لمنطقة الدراسة والتحليل المورفومتري للمنحدرات والخصائص المورفومترية لأحواض التصريف والتحليل المورفومتري

لشبكات التصريف، كما تناولت الظواهرات الجيومورفولوجية بالأودية وظواهرات السهل الساحلى والجوانب التطبيقية للدراسة.

- دراسة سند الشربيني(2005): عن المنطقة الساحلية فيما بين رأس غارب شمالا ورأس دب جنوبا ،دراسة جيومورفولوجية،حيث تناول فيها الملامح الجيولوجية لمنطقة الدراسة وعوامل وعمليات التشكيل الخارجية لسطح المنطقة من عوامل مناخية وبحرية وتناول ايضا مورفولوجية أحواض التصريف والعلاقات الإرتباطية بين الخصائص المورفولوجية لأحواض التصريف بالمنطقة ومورفولوجية شبكات التصريف والخصائص الجيومورفولوجية للمنحدرات.

- دراسة أحمد محمد أبورية (2007): عن المنطقة الممتدة فيما بين القصير ومرسى أم غيج ، دراسة جيومورفولوجية، وتناول فيها جيولوجية المنطقة والتحليل المورفومتري لأحواض شبكات التصريف والخصائص الجيومورفولوجية للمنحدرات و جيومورفولوجية السهل الساحلى والظواهرات المرتبطة به وتحليل الخريطة الجيومورفولوجية والأخطار الجيومورفولوجية وإمكانات التنمية بمنطقة الدراسة.

- دراسة أحمد أحمد البدوى (2011): عن النظم البيئية طبيعية من الغردقة حتى رأس بناس وعلاقتها بالنشاط السياحى، وتناول فيها الخصائص الطبيعية العامة بمنطقة الدراسة والنظام البيئى للأودية الجافة والنظام البيئى للسهل الساحلى والجزر من خلال دراسة خط الساحل والشعاب المرجانية والمانجروف والسبخات، ثم دراسة استخدام الارض والنشاط السياحى وانتهت الدراسة بالتقييم البيئى للأنظمة البيئية وخريطة التنمية المستدامة.

ثالثاً: أسباب اختيار الموضوع

تتمثل أسباب اختيار الموضوع في الآتى:

- 1- رغبة الطالبة في دراسة المياه الجوفية كموضوع جغرافي جدير بالدراسة.
- 2- ندرة الدراسات التي اهتمت بالمياه الجوفية في منطقة الدراسة
- 3- وفرة مصادر الدراسة من خرائط متعددة ومرئيات فضائية، وبيانات احصائية.

رابعاً: أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى مايلي:

- 1- التعريف بمقدرة تقنيات الذكاء الاصطناعي و الاستشعار عن بعد وتكاملهما مع نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الظواهر الجيولوجية والجيومورفولوجية.
- 2- إعداد قاعدة بيانات جغرافية لتحديد المناطق المحتملة للمياه الجوفية
- 3- تحديد العلاقة بين السمات السطحية، والتي تشمل: الصدوع، أنماط المسيلات، التضاريس، وتوزع الهطول المطري؛ والسمات تحت السطحية وتشمل التراكيب الجيولوجية والليثولوجية، للحصول على المناطق التي يحتمل أن تعطي معدلات رشحية عالية.

خامساً: مناهج وأساليب الدراسة:

1- المناهج:

يتطلب تحقيق أهداف الدراسة إتباع عدد من المناهج العلمية Scientific Approaches أهمها:-

- المنهج الوصفي التحليلي : يتم الإعتماد عليه من خلال جمع البيانات والمعلومات التي تساعد على رصد مختلف خصائص الظواهر بالإضافة الى تسجيل الملاحظات الميدانية ووصف أبعادها حتى يمكن إنشاء قاعدة بيانات للظواهر ثم إجراء عمليات القياس وتحليل الظواهر في منطقة الدراسة بالإضافة الى تحليل البيانات المناخية والخرائط الجيولوجية والطبوغرافية والصور الفضائية.

- المنهج التطبيقي: يستخدم هذا المنهج من خلال تطبيق المعلومات الجغرافية والنظريات والمفاهيم المتنوعة عن طريق تحديد العلاقات السببية بين المتغيرات التي يكون لها تأثير على تشكيل الظواهر بالخريطة الطبوغرافية للمنطقة.

2- الأساليب:

سوف تعتمد الدراسة على عدة أساليب منها :

- أسلوب نظم المعلومات الجغرافية والإستشعار عن بعد : سوف يتم استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (Gis) والاستشعار عن بعد (RS) في عمل قواعد البيانات الجغرافية Database لمنطقة الدراسة من خلال استخدام مجموعة من البرامج المساعدة (ENVI 5.6 – ARC GIS 10.8 – Global mapper 19) ، ووضع تلك المعلومات والبيانات بقاعدة متكاملة عن منطقة الدراسة لتساعد على معرفة مدى تطور الظواهر.

- أسلوب التحليل الكارتوجرافي: من خلال التمثيل الكارتوجرافي للبيانات بهدف التوزيع والربط والتحليل لما تتضمنه الرسالة من بيانات ومعلومات.

- الأسلوب الكمي الإحصائي: يستخدم في تحليل البيانات وتحويلها إلى الصيغة الكمية بإستخدام الصيغ الرياضية وذلك عن طريق معالجة بيانات الجداول بالإعتماد على برنامج EXCEL 365,SPSS,SAS.

سابعاً: مصادر الدراسة:

- أ- الخرائط: اعتمدت الدراسة على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ ، والخرائط الجيولوجية مقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠ ، ومقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠
- ب - نماذج الارتفاع الرقمية والمرئيات الفضائية : اعتمدت الدراسة على بيانات PALSAR ALOS بدقة مكانية ١٢,٥م، وتم استخدامه لدراسة النطاقات

التضاريسية وحساب درجات الانحدار. كما اعتمدت الدراسة على المرئية الفضائية Sentinel-2 بدقة مكانية 10 م، واستخدمت في تحديد الوحدات الجيومورفولوجية.

ثامناً: محتويات البحث

يحتوي البحث علي عدة نقاط رئيسية تسبقها مقدمة وتعقبها خاتمة وهي :

أولاً: المعايير والعوامل المؤثرة في تشكل وتخزين المياه الجوفية، وتشمل

1- التكوينات الجيولوجية والليثولوجية

2- كثافة التراكيب الخطية

3- الهيدرولوجيا

4- الشبكة المائية

5- الهطول المطري

6- الانحدار

7- التربة

8- استخدامات الأرض والغطاء الأرضي

ثانياً: إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لبناء نموذج رقمي لتحديد المواقع المحتملة لتواجد المياه الجوفية، وتشمل :

1- تحديد أوزان المعايير باستخدام طريقة التحليل الهرمي

2- تصنيف الطبقات وإعطاء الأوزان النسبية لكل فئة من فئات المتغيرات

3- حساب التوافق الموزون لكل متغير

4- نتائج تطبيق النموذج

أولاً: المعايير والعوامل المؤثرة في تشكل وتخزين المياه الجوفية.

1- التكوينات الجيولوجية:

توضح البنية والتكوينات الجيولوجية في أي منطقة نوعية وطبيعة الطبقات

الحاملة للمياه الجوفية، ويمكن تقسيم هذه الطبقات في منطقة الدراسة إلى ثلاث

وحدات رسوبية رئيسية(Klitzsch) and Linke, 1983,p.145:-

- وحدات ما قبل التصدع (ما قبل الأوليجوسين) والتي تشمل مركب صخور القاعدة (جرانيت ما قبل الكمبري)، حقبة الحياة القديمة والعصر الكريتاسي الأعلى (الطباشيري) والأيوسين الأسفل.
- وحدات متزامنه مع التصدع (الأوليجوسين المتأخر - الميوسين الأوسط)، والتي تشمل الرواسب القاريه والبحرية الضحلة من الميوسين والمتبخرات من الميوسين الأوسط والمتأخر.
- وحدات الصدع المتأخر (الميوسين المتأخر / البليوسين إلى العصر الرباعي)، البليوسين متمثل في (الصخور الفتاتية البحرية والقارية الضحلة)، والرباعي متمثل في (رواسب السهل الساحلى ورواسب السبخات والمراوح الغرينية ورواسب الأودية).

صخور الأساس (مركب صخور القاعدة): عبارة عن آثار لتكوين الجبال في حقبة الحياة الحديثة. وتنقسم الصخور المنصهرة إلى مجموعتين، الجرانيتات والبركانيات كما في صورة (1)، وتظهر على السطح في المناطق الجبلية في تلال البحر الأحمر، وتشكل تلالاً جبلية شديدة الانحدار وعالية الارتفاع، وتتكون تلال البحر الأحمر في المنطقة من قاع بلورى من عصر ما قبل الكمبري (Greilling et al., 1988, p.153).



المصدر: الدراسة الميدانية

صورة (1) بركانيات الدخان بوادى بيلى

وتتكون الطبقات المتنافرة من حقب الحياة القديمة والدهر الوسيط في الغالب من أحجار رملية بحرية وقارية ضحلة بما في ذلك الحجر الرملي النوبي، والذي يُعرف بطبقة المياه الجوفية الأكثر إنتاجية.

في بداية العصر الكريتاسي (الطباشيري) : تغيرت البيئة الرسوبية وانتقلت تدريجياً من البيئة القارية إلى البيئة البحرية في عصر الأيوسين الذي تهيمن عليه التكوينات الجيرية السميقة.

العصر الثالث (الميوسين): هو وقت المرحلة الرئيسية للرفع، ومعظم الصخور الرسوبية نشأت مترامنه مع فترة التصدع، وتتكون الرواسب المترامنه مع حدوث حركات التصدع في منطقة الدراسة من مواد فتاتية سيليكية في العصر الميوسيني المبكر والأوسط إلى الحجر الجيري البحري الضحل والمتبخرات في أواخر الميوسين (Bosworth and McClay, 2001, p.571).

وحدات المتبخرات: يشكل الهاليت الذي يتقاطع مع الكبريتات والكربونات تسلسلاً تبخرياً سميقاً هو المسؤول عن الملوحة العالية في المياه المالحة العميقة للبحر الأحمر. وقد تم جرف الهاليت بالقرب من السطح، وتتكون المتبخرات بشكل رئيسي من الجبس والأنهيدريت.

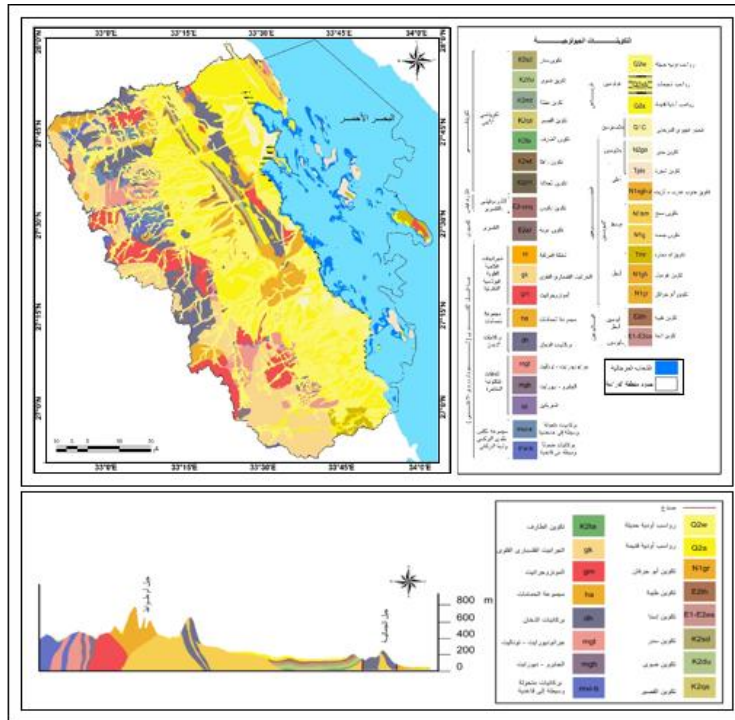
طبقات ما بعد الصدع : هي التي تغطي معظم الرواسب المترامنه مع عمليات التصدع وما قبل التصدع. وتتكون الصخور الناعمة في عصر البليوسين والعصر الرباعي الهولوسين بشكل رئيسي من حصى ورمال فانجلوميراتية ذات سماكة كبيرة جداً (Bosworth, 1996, p.793) ، وتنتشر الطبقات الخشنة الحبيبات ورواسب التبخر والحجر الجيري والمارل على نطاق واسع وتفصل بين وحدات صخرية وهيدروجيولوجية مختلفة.

جدول (1) التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة ورموزها ومساحتها ونسبها المئوية

الزمن	العصر	الفترة	التكوين	الرمز	المساحة (كم ²)	المساحة %	مساحة تكوينات الأزمنة %
الرابع	الهولوسين		رواسب أودية حديثة	Q ₂ w	2180.54	32.81	55.70
			رواسب السبخات	Q ₂ sb	55.26	0.83	
	البلايستوسين		رواسب أودية قديمة	Q ₂ a	1313	19.76	
			رواسب الحجر الجيري المرجاني	Q ₁ c	67.85	1.02	
الثالث	ميوسين	أوسط	جابر	N ₂ ga	85.47	1.29	6.82
			جنوب غارب-الزيت	N ₁ sgh-z	8.16	0.12	
			شجرة	Tpls	73.55	1.11	
		سمح	N ₁ sm	1.73	0.03		
		جمسة	N ₁ g	26.72	0.40		
		أم محاره	Tmr	73.43	1.10		
	أسفل	غرمول	N ₁ gh	200.11	3.01		
		أبو جرفان	N ₁ gr	8.30	0.12		
		طيبة	E ₂ th	49.81	0.75		
إيوسين	أسفل	إسنا	E ₁ - E ₂ es	11.68	0.18		
		باليوسين					
الثاني	كريتاسي	أعلى	سدر	K ₂ sd	15.42	0.23	0,89
			ضوى	K ₂ du	7.55	0.11	
			مطلة	K ₂ mt	0.38	0.01	
			القصير	K ₂ qs	14.26	0.21	
			الطارف	K ₂ ta	12.02	0.18	
			واطا	K ₂ wt	5.78	0.09	
			جلالة	K ₂ jLL	3.69	0.06	
الأول	أوردوفيشي كمبري		ناقوس	E ₃ -onq	9.88	0.15	0.22
			عربة	E ₂ ar	4.73	0.07	
ما قبل الكمبري	البروتروزوي	الأعلى	الحلقة المركبة	rc	3.14	0.05	36.37
			الجرانيت القلوي الفلسباري	gk	811.91	12.22	
			المونزوجرانيت	gm	436.44	6.57	
			الحمامات	ha	153.28	2.31	
			بركانيات الدخان	dh	538.09	8.10	
			جرانوديورايت - توناليت	mgt	246	3.70	
			الجابرو - ديورايت	mgb	39.04	0.59	
			السرينتين	sp	4.45	0.10	
			بركانيات متحولة	mvi	184.44	2.78	

المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على خريطة الغردقة الجيولوجية 1: 250000 المساحة الجيولوجية المصرية 2005، وتم حساب المساحات باستخدام برنامج Arc GIS Ver. 10.8

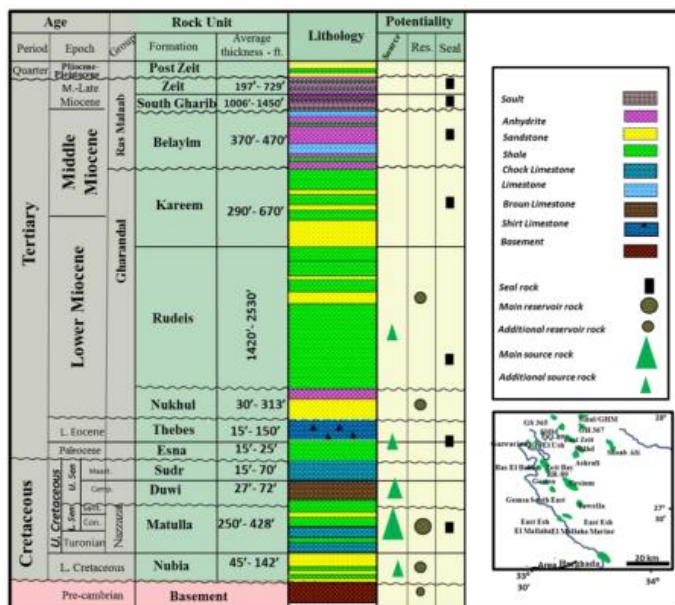
تتكون هضبة أبو شعر في معظمها من الكربونات التي نشأت في العصر الميوسيني الأوسط وتقع على طول نظام الصدع الرئيسي في الاتجاه شمال غرب - جنوب شرق، وتميز السهل عن المناطق الجبلية بمنحدرات شديدة الانحدار، حيث يصل أعلى ارتفاعاتها إلى أكثر من 200 متر فوق سطح البحر (جبل أبو شعر). يتكون السهل الساحلي في هذه المنطقة من تسلسلات عمليات التصدع المتأخر من العصر البليوسيني والعصر الرباعي الهولوسيني، والتي تتكون من الرواسب المروحية الغرينية ورواسب الأودية، ورواسب السهل الساحلي ورواسب السبخات والفتات البحرية الضحلة مع سُمك قد يصل إلى 100 متر (Klitzsch and Linke, 1983, p.147).



المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على خريطة الغردقة الجيولوجية 1: 250000 المساحة الجيولوجية المصرية 2005، باستخدام برنامج Arc GIS Ver. 10.8

شكل (2) الخريطة الجيولوجية والقطاع الجيولوجي لمنطقة الدراسة

تُعد البنية الليثولوجية عاملاً رئيسياً يتحكم في كمية ونوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة. وتمثل الخريطة الليثولوجية التوزيع المكاني للتركيب الصخرية، وفق أعمارها الجيولوجية وخصائصها الفيزيائية كالمسامية والنفاذية المتعلقة ببنيتها وتركيبها.



المصدر: (El Nagaar, and Others, 2017, P86)

شكل (3) العمود الليثولوجي الطبقي لمنطقة غرب الغردقة

ومن المعروف أن المسامية porosity والنفاذية permeability تختلف من صخر إلى آخر، فعلى سبيل المثال المسامية والنفاذية تكون جيدة في الصخور الرملية ولذا فإنها غالباً تخزن المياه وتسمح للمياه بالحركة خلال مساماتها، الأمر الذي يجعل إنتاجية البئر في مثل هذا الخزان عالية ومجدية اقتصادياً. على العكس من ذلك صخور الطفل shale تكون المسامية فيها جيدة ولكن النفاذية فيها منخفضة ولذا فإنها قادرة على خزن الماء ولكنها لا تسمح باستغلاله. بالإضافة إلى ذلك التجوية في مناطق الصخور الجرانيتية المجواه تكون ذات مسامية ونفاذية جيدة

وبالتالي من المتوقع أن تحتوي على كميات كبيرة من المياه الجوفية (محمد عبد الله، 1997، ص8).

يتكون الصخر من معدن أو أكثر، وتختلف المعادن المكونة للصخور في درجة مقاومتها للتجوية الكيميائية، فمنها ماهو قابل للذوبان ومنها ماهو شديد المقاومة، ولذا فإن نوعية المياه تختلف باختلاف الصخور الخازنة للمياه، وهذا يعني أن التعرف على أنواع الصخور يدل على خزانات المياه الجوفية وخصائصها الطبيعية والكيميائية.

تؤثر أيضاً المتغيرات الجيومورلوجية تأثيراً مباشراً على المياه الجوفية. حيث تتركز المياه الجوفية في بطون الأودية وذلك بسبب إمتلاء الأودية بالرواسب المفككة ذات المسامية والنفاذية العالية. كما أن الأودية تشكل مناطق منخفضة تتساب إليها مياه الأمطار من المنابع العليا بعد سقوطها وتتجمع فيها مما يساعد على زيادة معدلات تسرب المياه إلى الباطن. كما تحتوى المراوح الفيضية أيضاً على كميات كبيرة من المياه الجوفية حيث تتشكل من رواسب مفككة سميكة ذات نفاذية و مسامية جيدة. وقد تم تصنيف لثيولوجية الصخور بمنطقة الدراسة إلى أربعة أنواع كما في جدول (2)، وشكل (4).

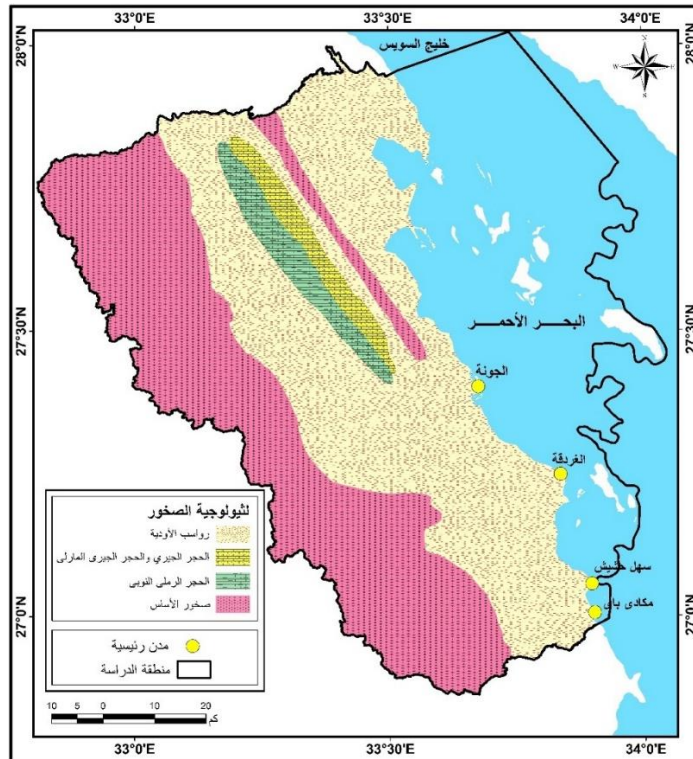
جدول (2) تصنيف نوع الصخر بمنطقة الدراسة

نوع الصخر	درجة الملائمة	الوزن	المساحة (كم ²)	المساحة (%)
رواسب الأودية	الأولى	4	3310,53	51,06
الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي	الثانية	3	249,52	3,85
الحجر الرملي النوبي	الثالثة	2	196,35	3,03
صخور الأساس	الرابعة	1	2726,28	42,05
الإجمالي			6482,71	100

المصدر: من إعداد الطالبة إعتامداً على قاعدة البيانات الجغرافية

من تحليل الجدول السابق تبين الآتي:-

تتمثل درجة الملائمة الأولى في رواسب الأودية حيث تحتل المساحة الأكبر من منطقة الدراسة وتبلغ 3310,53 كم²، بنسبة 51,06% من إجمالي مساحة المنطقة وهي الأكثر انتشاراً والأكثر ملائمة لإحتتمالية تواجد المياه الجوفية. وتتمثل الدرجة الثانية في الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي، ويشغل مساحة 249,52 كم²، بنسبة 3,85%، بينما تتمثل الدرجة الثالثة في الحجر الرملي النوبي بمساحة 196,35 بنسبة 3,03%، وتتمثل الدرجة الرابعة في صخور الأساس (صخور ما قبل الكامبري) بمساحة 2726,28 بنسبة 42,05%، وهي الدرجة الأقل ملائمة للإحتتمالية تواجد المياه الجوفية.



المصدر: من إعداد الطلبة اعتماداً على خريطة الهيدرولوجية، مقياس 1: 2000000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية المصرية 1999، باستخدام برنامج ARC GIS Ver. 10.8.

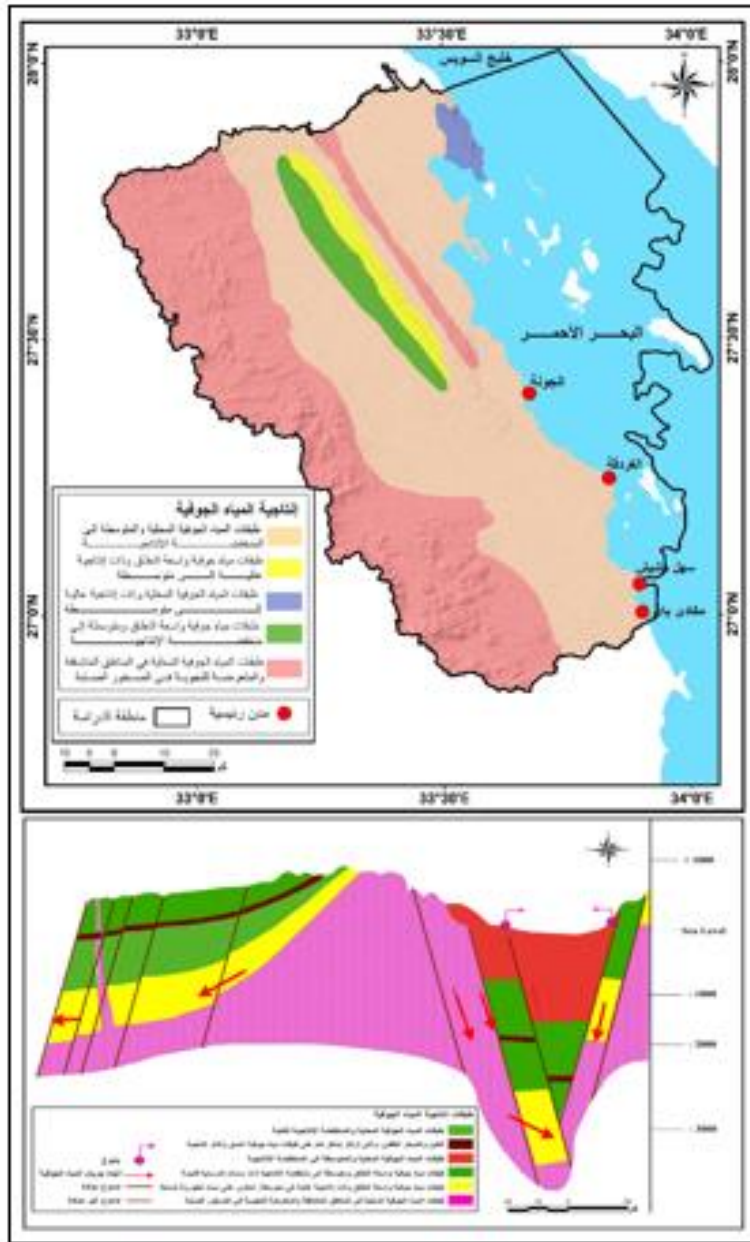
شكل (4) نثولوجية الصخور بمنطقة الدراسة

تم الاعتماد على الخريطة الهيدرولوجية الصادرة عن المساحة الجيولوجية المصرية عام 1999م والتي صنفت طبقات المياه الجوفية وفقاً لدرجة إنتاجيتها إلى خمس طبقات كما في جدول (3)، وشكل (5)، وتمت إعادة تصنيفها وفقاً لأولوية تجميع المياه الجوفية وتعذيتها السطحية وتحت السطحية، واستخدامها كمدخل في عملية النمذجة المكانية لرفع دقة إحصائية تواجد المياه الجوفية بمنطقة الدراسة.

جدول (3) تصنيف طبقات المياه الجوفية بمنطقة الدراسة وفقاً لدرجة الإنتاجية.

إنتاجية طبقات المياه الجوفية	درجة الملانمة	الوزن	المساحة (كم ²)	المساحة (%)
طبقات المياه الجوفية المحلية وذات إنتاجية عالية إلى متوسطة، وإعادة تغذية سطحية من حين لآخر من هطول الأمطار، أو من الجريان السطحي أو من مياه الري.	الأولى	5	74,66	1,15
طبقات مياه جوفية واسعة النطاق وذات إنتاجية عالية إلى متوسطة، تحتوي على مياه أحفورية ضئيلة، ولا تحتوي بشكل أساسي على أي تغذية سطحية، وتتغذى محلياً تحت السطح من المناطق المجاورة.	الثانية	4	196,35	3,02
طبقات المياه الجوفية المحلية والمتوسطة إلى المنخفضة الإنتاجية، وتغذية سطحية ضئيلة وتغذية محدودة تحت السطح، ولا يتم استبعاد طبقات المياه الجوفية العميقة ذات الإنتاجية العالية.	الثالثة	3	3235,86	49,91
طبقات مياه جوفية واسعة النطاق ومتوسطة إلى منخفضة الإنتاجية ذات سمات كارسنية قديمة تحتوي على مياه أحفورية. لا يوجد في الأساس أي تغذية سطحية، بل يتم إعادة التغذية تحت السطح محلياً من المناطق المجاورة.	الرابعة	2	249,52	3,85
طبقات المياه الجوفية المحلية في المناطق المتشققة والمعرضة للتجوية في الصخور الصلبة.	الخامسة	1	2726,28	42,05
الإجمالي			6482,70	100

المصدر: من إعداد الطالبة إعتاداً على قاعدة البيانات الجغرافية



المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على الخريطة الهيدروجيولوجية، مقياس 1: 50000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية المصرية 1999، باستخدام برنامج Arc GIS Ver. 10.8.

شكل (6) تصنيف طبقات المياه الجوفية بمنطقة الدراسة وفقاً لدرجة الإنتاجية والقطاع الهيدروجيولوجي لخزانات المياه الجوفية

2- كثافة التراكيب الخطية: (LD) Lineament Density

تُعرف التراكيب الجيولوجية بأنها سمات خطية في المشهد التكتوني، تظهر ف شكل خطوط ضيقة وطويلة وذات امتداد مستقيم نسبياً. قد تمثل التراكيب الخطية فوالق أو انكسارات أو اتصالاً رئيسياً بين التكوينات الجيولوجية بشكل خطي وممتد، أو أن تمثل من الناحية المورفولوجية سمة سطحية، مثل مسار مسيل جاف يمتد بشكل خطي، أو تمثل إنكشاف سلسلة صخرية متتابعة بشكل خطي مستقيم، وتكون مرئية في صور الأقمار الصناعية، نتيجة إختلاف الإشارة المنعكسة منها عن بقية أجزاء السطح الطبوغرافي. تعطي التراكيب الجيولوجية معلومات هامة عن السمات السطحية و تحت السطحية، والتي يمكن أن تتحكم في تخزين وحركة المياه الجوفية، فهناك علاقة بين التراكيب الخطية وتواجد المياه الجوفية حيث تُصنف هيدروجيولوجياً بأنها إحدى سمات النفاذية الثانوية، فكثافة التراكيب الجيولوجية تمثل مواضع الضعف في القشرة الأرضية فتكسب الصخور خاصية النفاذية، وبالتالي تُعد مؤشراً لتسرب مياه الجريان السطحي إلى الباطن، لذلك تكثر احتمالية تواجد الماء الجوفي حول مواقع التراكيب الجيولوجية. نذكر منها الآتي:-

أ- الصدوع أو الفوالق Faults:

يُعرف الصدع بأنه كسر في صخور القشرة الأرضية مصحوباً بإزاحة للكتل على سطح الكسر حيث تلعب دوراً هاماً في تجميع المياه الجوفية بتقطيعها سواء في الصخور النارية أو المتحولة، وعلى الجانب الآخر فإن الصدوع الموجودة في هذه الصخور تؤدي دوراً أساسياً في حركة مياه الأمطار والسيول الناجمة عنها، والتي يرتبط وجود المياه السطحية والجوفية بوجودها، كما أنها تحدد اتجاه المياه الجوفية وتعمل كحواجز تمنع انتشار المياه، حيث تتجمع بالقرب منها أو على امتدادها،

بالإضافة إلى أنها مناطق ضعف في الصخور مما يسهل عملية حركة المياه الجوفية الرأسية

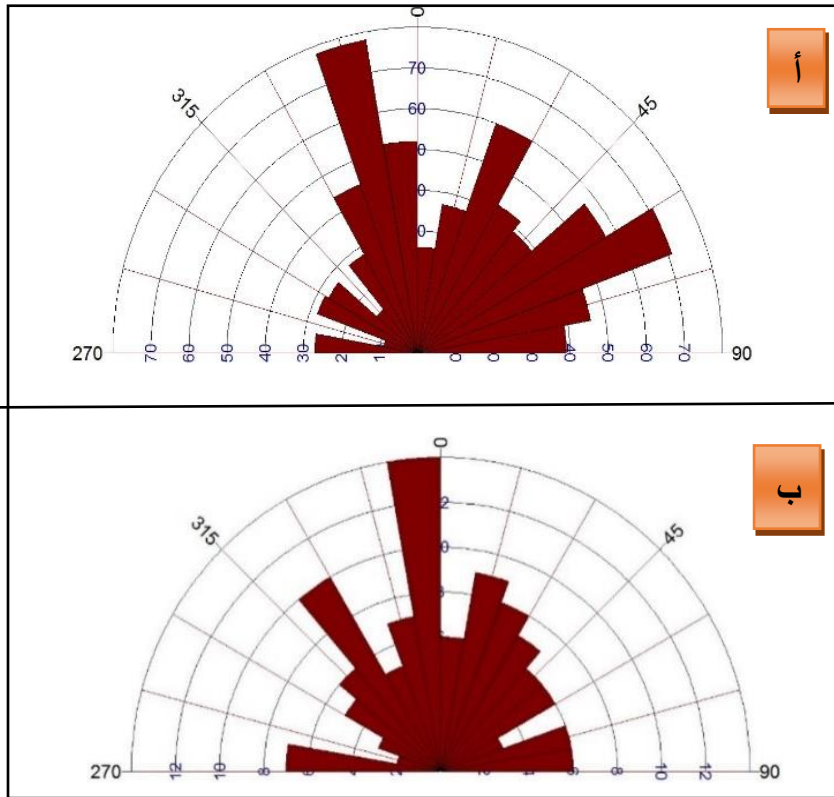
(الترشيح infiltration) أو الأفقية (الجريان flow) من خلالها.

بدأت في الميوسين المبكر مرحلة جديدة من تكوين أخدود البحر الأحمر مع تحرك اللوح العربي بعيدا عن اللوح الأفريقي، وهذا يعني سيادة قوى الشد، ومن ثم كثرت الصدوع وهبط الأخدود (Salah & Alsharhan, 1996, p.107). وتتبع معظم الصدوع في منطقة الدراسة الاتجاه القلزمي (أي الموازية لمحور أخدود البحر الأحمر)، كما هو الحال في معظم صدوع حوض البحر الأحمر - ولكن كانت هناك أيضا صدوع مائلة Oblique أو متقاطعة Cross، وهذه الصدوع الأخيرة ربطت بين صدوع الاتجاه القلزمي بعضها بعضاً ويسرت من حركة الكتل على جانبيها. وهكذا تبدو خريطة الصدوع كما في شكل (8) وكأنها متشابكة أكثر منها متوازية، وأدى ذلك إلى تكوين عدد من الكتل الصدعية التي تحركت حركة رأسية على جانبي الصدوع العادية، أو حركة جانبية (دون حركة رأسية) على صدوع التحويل Transform Faults، مما سهل تكوين المصايد البترولية (Saad et al., 1996, P.98).

وقد بلغ مجموع أعداد الصدوع 724 صدعاً بمجموع أطوال بلغ 2123 كم، حيث بلغت الكثافة البنيوية نحو 0,237 كم / كم²، وهي كثافة مرتفعة توضح مدى تأثير سطح منطقة الدراسة بالصدوع التي صاحبت تكوين أخدود البحر الأحمر وخليج السويس والتي هي مناطق الضعف التي انبثقت منها التداخلات النارية وقامت بتقطيع سطح المنطقة في اتجاهات مختلفة وتشكيل بعض الظواهرات

الجيومورفولوجية، وكذلك توجيه بعض شبكات التصريف المائي بأودية المنطقة، وتتخذ الصدوع ثماني اتجاهات كما في شكل (7)

معدل التكرار التركيبي (الكثافة البنيوية) = مجموع أطوال الصدوع ÷ المساحة
لكلية لمنطقة الدراسة



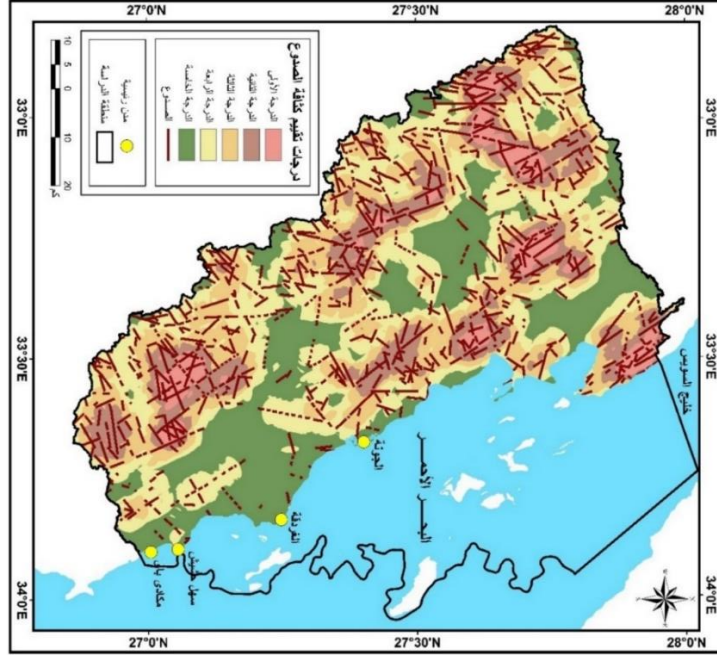
المصدر: من إعداد الطالبة اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية للغردقة 1:500000 الصادرة عن الهيئة المصرية العامة للمساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية، 2005 باستخدام برنامج Rock Work ver.17

شكل (7) وردة اتجاهات الصدوع (أ)، وردة أطوال الصدوع (ب)

ب- القواطع والسدود: Dykes & Sill

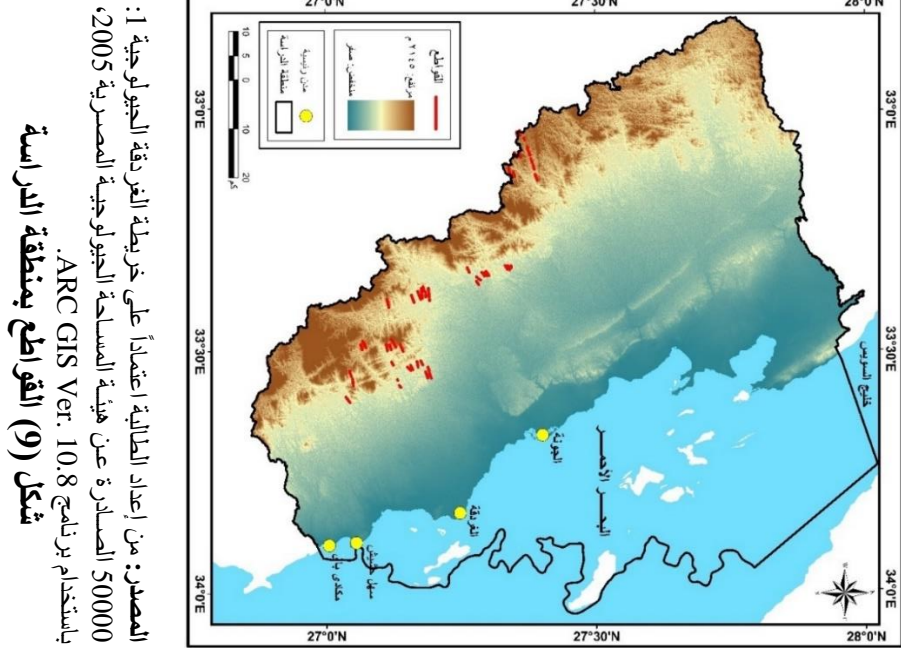
تتخذ السدود والقواطع Dykes & Sills الأفقية والرأسية اتجاهات مختلفة، وان

كان الاتجاه الشمال الغربي- الجنوبي الشرقي هو السائد، وتُعد هذه القواطع نتاج فترة نشاط بركاني حدق في بداية عصر الميوسين، ارتبط بنشأة البحر الأحمر وخليجي السويس والعقبة. وتعمل كسدود تحت الأرض وتحجز المياه الجوفية وتعمل على تراكمها .



المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على خريطة الفرقة الجيولوجية
 1: 50000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية المصرية 2005،
 باستخدام برنامج Rock Work ver.17، برنامج ARC GIS Ver.
 10.8.

شكل (8) تصنيف كثافة الصدوع بمنطقة الدراسة



المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على خريطة الغردقة الجيولوجية 1: 50000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية المصرية 2005، باستخدام برنامج Arc GIS Ver. 10.8. شكل (9) الفواضع بمنطقة الدراسة

ج- الشقوق والفواصل:

تؤدي الشقوق والفواصل إلى تقسيم الصخور إلى أحجام مختلفة ذات اتجاهات مختلفة حيث يوجد ما يسير في اتجاه منتظماً ومنها ما يسير في اتجاه عشوائياً. وقد تمتد لمسافات طويلة تحت السطح حيث تساهم في تسهيل عملية إنبثاق المياه الجوفية من خلالها كما ينشط فعلها في الصخور الصلبة عنها في الصخور اللينة وتظهر تلك الشقوق في الحافات الصدعية والتلال المنعزلة وينعدم ظهورها في قيعان الأودية نظراً لطبيعتها المتشعبة بالماء.

4- الهيدروجيولوجيا:

يتم تصنيف طبقات المياه الجوفية وفقاً للمراحل التكتونية لتوزيع نظام طبقات المياه الجوفية إلى طبقات المياه الجوفية السفلية في مركب صخور القاعدة، وما قبل

الصدع، والمتزامنه مع الصدع، وما بعد الصدع. وتوجد جميع هذه الطبقات للمياه الجوفية في منطقة الدراسة.

تسود في المنطقة الجبلية لتلال البحر الأحمر طبقة المياه الجوفية السفلية التي تمثل طبقة المياه الجوفية ما قبل الصدع، تشكل هذه الصخور طبقات المياه الجوفية المتكسرة والتي يمكن أن تكون ذات سماكة أكبر ونفاذية جيدة في مناطق الصدع (Salah and Alsharhan 1996, p.104). ، ويمكن ربط طبقة المياه الجوفية في صخور القاعدة بالينابيع والآبار القديمة على طول صدوع صخور الأساس التي تحدد موارد المياه (Hadidi, 2016, p.90).

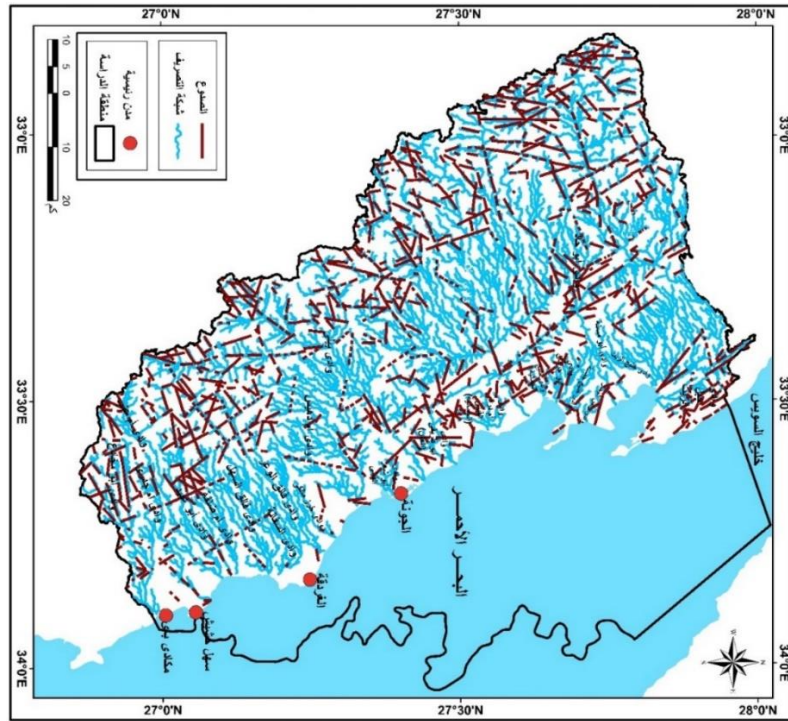
يُعد توافر طبقات المياه الجوفية في مرحلة ما قبل الصدع محدودة، وتوجد طبقات المياه الجوفية المتصدعة في عصر ما قبل الميوسين والميوسين في هضبة أبو شعر غرب الجونة. كما توجد طبقات المياه الجوفية ما بعد الصدع في العصر البليوسيني والعصر الرباعي في السهول الساحلية وشرق أبو شعر في منطقة الجونة ووادي أم دهيس، ويتم فصل طبقات المياه الجوفية منخفضة المسامية عن طريق طبقات رقيقة من الغرين. تتكون طبقات المياه الجوفية في أجزاء رملية وحبيبات محلية وغرينية، غالبًا ما تتداخل مع الحصى والرمال الخشنة.

و في دراسة (M. Wannous & others,2021, P.407) تم تحديد ثلاث منخفضات عميقة في هذه المنطقة يبدو أنها مهمة لتخزين المياه الجوفية. أعمق منخفض غرب جبل أبو شعر ويقدر عمقه بـ 2340 م، ويتراوح الارتفاع الطبوغرافي للمنطقة بين 120 و 200 متر فوق سطح البحر، أما السهل الساحلي فيتراوح ارتفاعه الطبوغرافي بين 0 و 70 متراً.

5 - الشبكة المائية:

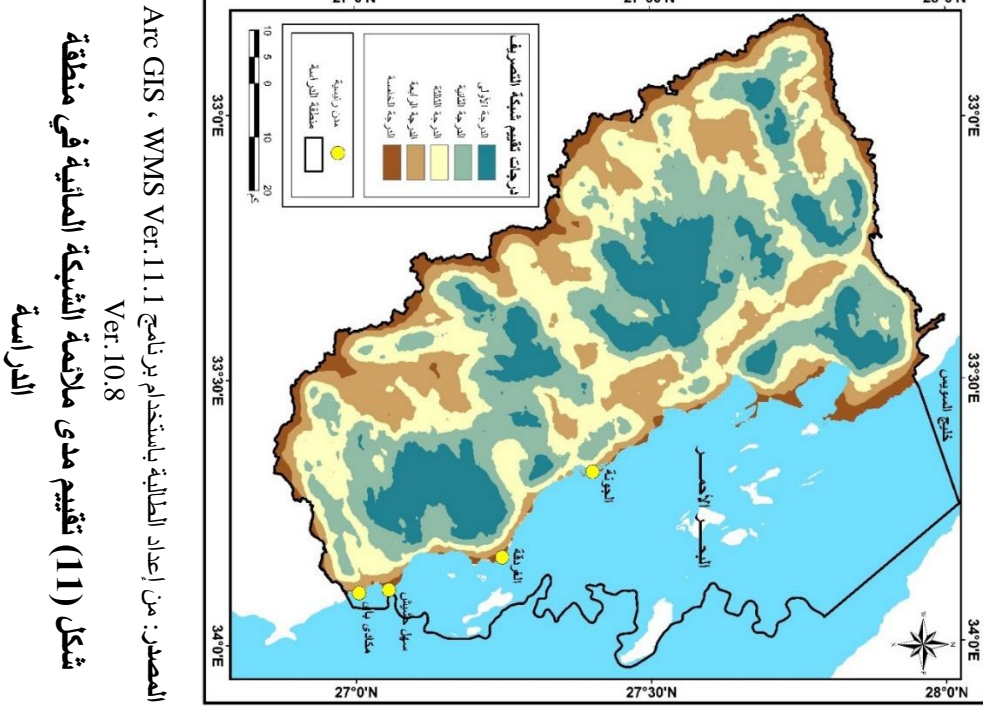
يتحدد نظام الشبكة المائية في أي منطقة بالإعتماد على الوضع الطبوغرافي ونوع وبنية السطح، أي أنه إنعكاس لكل من الليولوجيا والطبوغرافيا، كما يتعلق بطبيعة الغطاء النباتي حيث يؤثر الغطاء النباتي بشكل مباشر في هيدرولوجية المياه الجوفية؛ حيث يقوم بدور واضح في زيادة المخزون لقدرته على زيادة قابلية التربة على نفاذ الماء، وإعاقة حركة الجريان المائي وإعطاء فرصة للتربة لتتسرب المياه خلالها.

يشير ارتفاع كثافة المجارى المائية إلى جريان سطحي كبير وتسرب أقل، كما يدل انخفاض كثافة المجارى المائية على جريان سطحي أقل وتسرب أكبر، بالتالي المنطقة الأقل كثافة بالمجارى المائية مناسبة أكثر لتغذية المياه الجوفية.



المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على خريطة العزدة الجيولوجية 1:50000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية المصرية 2005، البيانات المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمي ALOS-PALSAR بدقة مكانية 12,5م باستخدام برنامج WMS Arc GIS Ver: 10.8, Ver: 11.1

شكل (10) يوضح التراكيب الجيولوجية وعلاقتها بالشبكة المائية في منطقة الدراسة



المصدر: من إعداد الطالبة باستخدام برنامج Arc GIS ، WMS Ver.11.1 باستخدام برنامج Ver.10.8
شكل (11) تقييم مدى ملائمة الشبكة المائية في منطقة الدراسة

6- الهطول المطري

تمثل الأمطار المصدر الرئيسي لتغذية المياه الجوفية، حيث يُعد الهطول المطري مصدراً ذو تأثير مهم في تحديد المواقع المحتملة للمياه الجوفية وفعالية القرار متعدد المعايير. كما أن معدل كمية الأمطار من المدخلات الرئيسية للنموذج المكانية حيث تعد مصدر التغذية الأساسي للهدف المراد تحصيله.

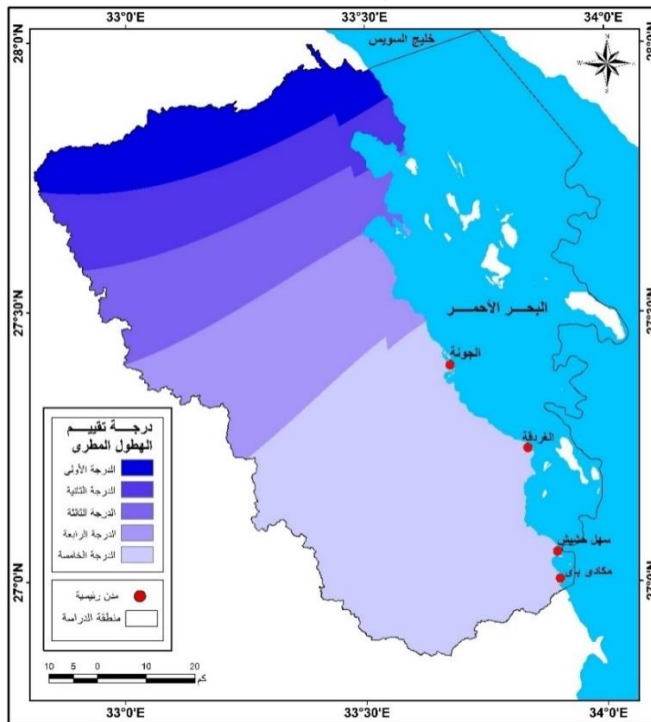
تم استنتاج معدلات المطر السنوي عن طريق إعداد قاعدة بيانات للمحطات المناخية الأربعة المنتشرة والمؤثرة بمنطقة الدراسة ضمن برنامج نظم المعلومات الجغرافية وحساب متوسط الهطول السنوي لفترة زمنية 39 عام كما هو موضح في شكل (12)، فالمناطق ذات الهطول المطري المرتفع لها تأثير أكبر في إظهار مواقع المياه الجوفية من المناطق ذات الهطول المنخفض.

يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي حوالي 5,76 مم، تتمثل منطقة مستجمعات المياه في منطقة الدراسة بجبال البحر الأحمر التي تتأثر بتقسيم مائي إقليمي. جدول (4) معدل المطر السنوي (مم) بمحطات منطقة الدراسة خلال الفترة من

(1981-2020م)

المحطات	المطر(مم) سنوي
رأس غارب	12,25
الغردقة	5,25
سفاجا	3,95
أسيوط	1,58
الإجمالي	23,05
المتوسط	5,76

المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على البيانات الصادرة عن الهيئة العامة للأرصاد الجوية، إدارة المناخ، بيانات غير منشورة، القاهرة. باستخدام برنامج ARC GIS Ver.10.8



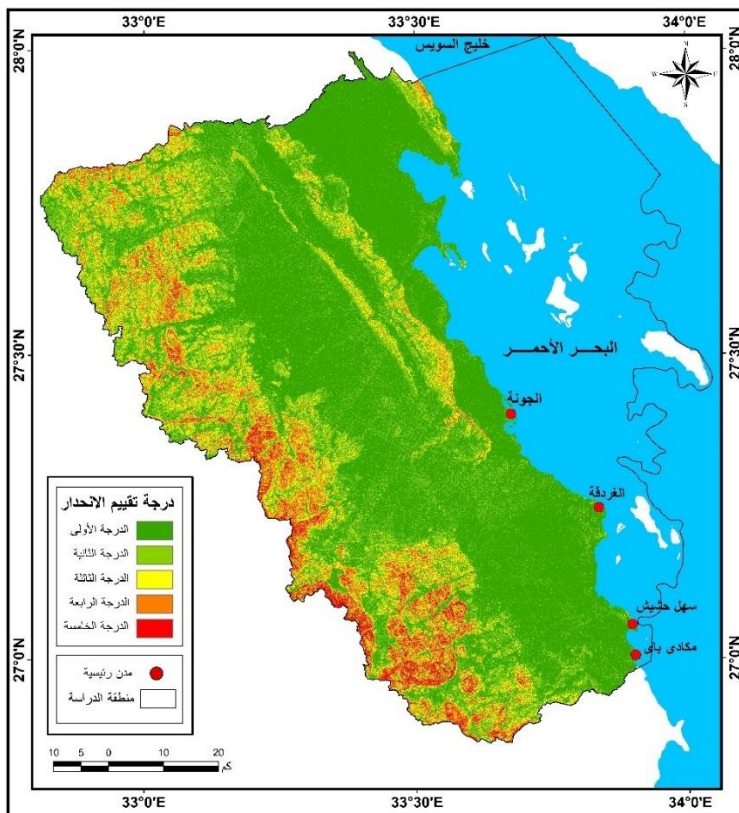
المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على البيانات الصادرة عن الهيئة العامة للأرصاد الجوية، إدارة المناخ، بيانات غير منشورة، القاهرة. باستخدام برنامج ARC GIS Ver.10.8

شكل (12) تقييم مدى ملائمة الهطول المطري في منطقة الدراسة

7- الانحدار:

يُعد الانحدار من أهم المحددات لسرعة جريان المياه السطحية وتدفقها وحمولتها على سطح الأرض. كما يتحكم بعملية تسرب مياه الجريان السطحي لطبقات ما تحت السطح وعملية التغذية الجوفية، حيث يتناسب التسرب عكسياً مع زيادة الانحدار. فالمناطق ذات الانحدارات الهينة تُعد الاختيار الأفضل لمواقع الآبار والخزانات لكونها مناطق تجمع مياه الأمطار مما يسمح بتسربها للباطن. وفي مناطق الانحدار الشديد تزداد قابلية التربة على الانجراف بفعل الأمطار اذ تتكون المراوح الفيضية والدالات المروحية في الجهات الغربية من المنطقة وكذلك تؤدي شدة الانحدار إلى زيادة قوة النحت والجرف المائي فلا تتركز المياه في تلك المناطق ولا يُسمح لها بالتسرب إلى الباطن.

تم الاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي بدقة 12,5م واشتقت منه خريطة تجمع المياه الجوفية في المناطق هينة الانحدار التي لها أولوية أكبر من المناطق شديدة الانحدار، وتم إعادة تصنيفها إلى خمسة فئات وفقاً لأولوية مساهمتها في تجميع المياه الجوفية كما في شكل (13).



المصدر: من إعداد الطالبة إيماءاً على البيانات المشتقة من نموذج الارتفاع الرقمي

ARC GIS Ver.10.8 باستخدام برنامج ALOS-PALSAR بدقة مكانية 12,5م

شكل (13) تقييم مدى ملائمة الانحدار في منطقة الدراسة

8- التربة: Soil

تعتمد عملية التسرب على نوع التربة الموجودة على سطح الأرض التي تلامس المياه السطحية (مصدر التغذية) فكلما كانت التربة مفككة وذات فراغات كبيرة ومسامية عالية ساعدت على التسرب الأفضل للمياه وبالتالي الحصول على مخزون مياه جوفية جيد بمرور الزمن.

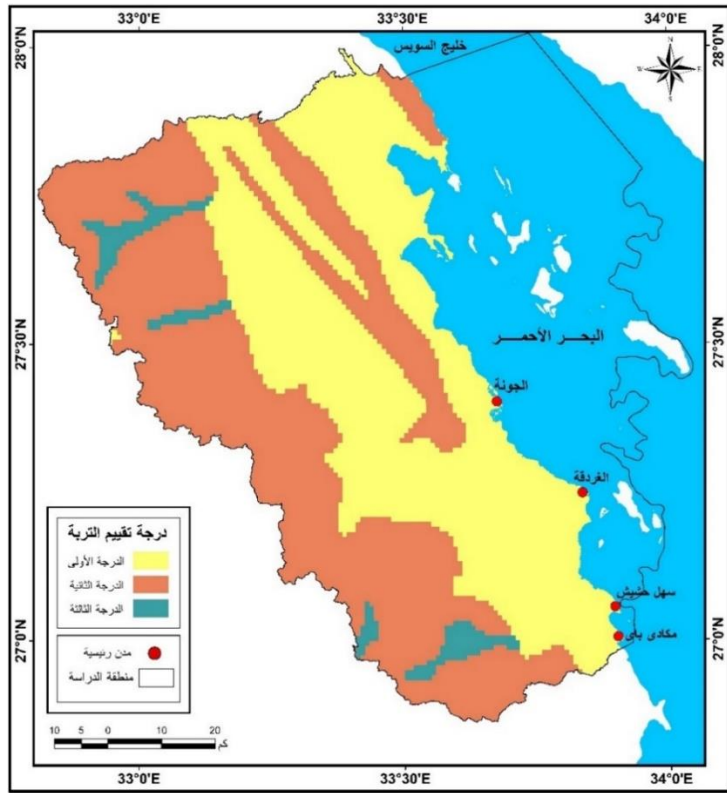
تتمثل منطقة الدراسة في ثلاث مجموعات هيدرولوجية للتربة هي (A,B,D)، إذ تمثل المجموعة الأولى للتربة (A) مساحة 3291,41 كم² وهي تربة عالية

النفاذية، في حين تمثل المجموعة الثانية (B) مساحة 233,20 كم² وهي تربة منخفضة النفاذية، وتمثل المجموعة الأخيرة (D) مساحة 3130,94 كم² وهي تربة ذات نفاذية منخفضة جداً جدول (5)

جدول (5) مجموعات تصنيف التربة الهيدرولوجية طبقاً لطريقة SCS

عمق الجريان	معدل التسرب	الوزن	درجة الملائمة	نوع التربة	المجموعة الهيدرولوجية
منخفض	عالي	3	الدرجة الأولى	تربة رملية عميقة مع القليل من الطمي والغرين	A
عالي	منخفض	2	الدرجة الثانية	الطينية الرملية، والطينية	B
عالي جداً	منخفض جداً	1	الدرجة الثالثة	الطينية الطينية، والطينية الرملية، والطينية، والسلتية، والطينية	D

المصدر: من إعداد الطالبة إعتاماً على بيانات SCS Table

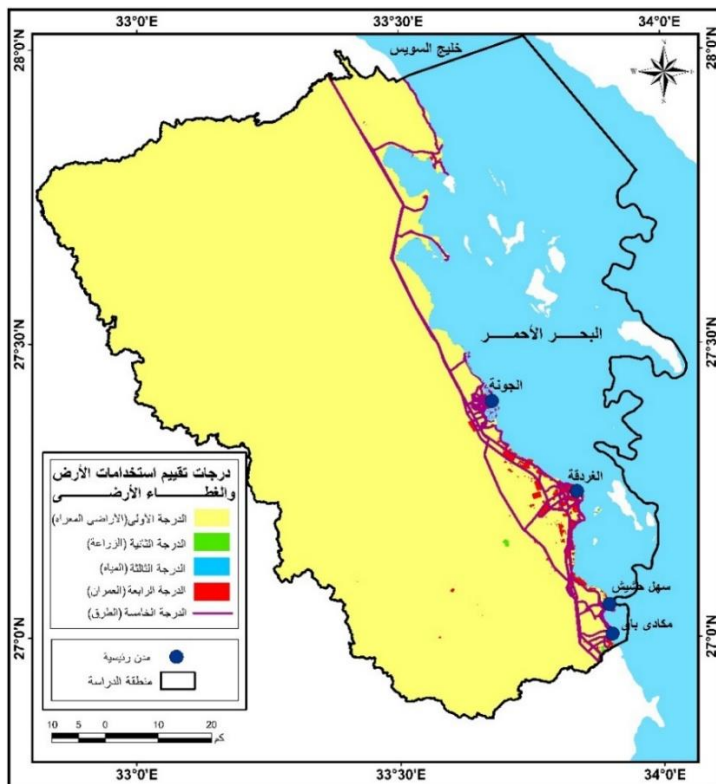


المصدر: من إعداد الطالبة باستخدام برنامج ARC GIS Ver.10.8

شكل (14) تقييم مدى ملائمة التربة في منطقة الدراسة

9- استخدامات الأرض والغطاء الأرضي:

تعد الكتلة العمرانية وشبكة الطرق عائقاً أمام إدارة مياه الأمطار وتجميعها وتخزينها عند بناء النموذج ولا بد من مراعاتها ، حيث يتم اختار المواقع الجديدة بالبعد عنها لعدم تعرضها للجريان المائي، لذلك تم صياغتها في النموذج وفق الدرجة الرابعة و الخامسة أي ضمن المناطق المحظورة.



المصدر: من إعداد الطالبة إعتدأدأ على بيانات المرئية الفضائية Sentinel-2، باستخدام برنامج

ARC GIS Ver.10.8

شكل (15) تقييم مدى ملائمة استخدامات الأرض والغطاء الأرضي في منطقة

الدراسة

ثانيا : إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لبناء نموذج رقمي لتحديد المواقع المحتملة لتواجد المياه الجوفية

يعتمد إنشاء هذه القاعدة على المعايير الرئيسية المحددة لأماكن تواجد المياه الجوفية

السابق ذكرها

أ- تحديد أوزان المعايير باستخدام طريقة التحليل الهرمي

تُعد خوارزمية التحليل الهرمي أحد طرق صنع القرار متعدد المعايير، واسعة

التطبيق في مجال إدارة الموارد والبيئة. استُخدمت لأول مرة من قبل Saaty (

1980، Tomas)، وتوفر الإطار الرياضي المنطقي المتكامل لحل مسائل صنع

القرار متعدد المعايير، عن طريق جمع العناصر الفعالة المؤثرة على الهدف في بنية هرمية وفي عدة مستويات، تشمل مستوى الهدف، ومستوى المعايير، ومستوى البدائل.

ب- تصنيف الطبقات وإعطاء الأوزان النسبية Scale Value لكل فئة من فئات المتغيرات:

تم تصنيف Reclassify كل طبقة من الطبقات المدخلة في النموذج، ثم تحويلها من طبقة مساحية متجهية إلى طبقة شبكية Raster بدقة مكانية ٣٠م. وتحتوي كل طبقة على فئات توضح الأوزان النسبية المختلفة لها، وذلك تبعاً لأفضليتها في المساهمة في تشكيل المياه الجوفية والتعرف على مواضعها، فعلى سبيل المثال تم إعطاء وزناً نسبياً منخفضاً لشبكة الطرق، بينما تم إعطاء وزناً نسبياً مرتفعاً لشبكة المسيلات المائية.

ج - حساب التوافق الموزون Weighted overlay لكل متغير :

تُعد هذه المرحلة من أهم خطوات النموذج ولها تأثير كبير على دقة النتائج المستخرجة، ويتم فيها إبراز المتغيرات الأكثر أهمية والأعلى تأثيراً على تغذية وتجمع المياه الجوفية، وذلك من خلال إعطائها وزناً نسبياً أعلى عن بقية المتغيرات، بشرط أن لا يتعدى مجموع أوزان جميع المتغيرات على ١٠٠%.

د- نتائج تطبيق النموذج:

تم استنتاج خريطة مواقع احتمالية المياه الجوفية عن طريق إسقاط الخرائط التالية وهي الهطول المطري، الانحدار، خريطة استعمالات الأراضي، الصدوع، المسيلات المائية والجيولوجيا والنيولوجيا ضمن نفس الامتداد المكاني والجغرافي بعد أن تم إعادة تصنيفها إلى خمس صفوف تبعاً لأولوية إظهار مواقع احتمالية المياه

الجوفية ضمن بيئة GIS وباستخدام التحليل المكاني نتج عنه خمسة مناطق لاحتمالية تواجد المياه الجوفية وأعيد تصنيفها تبعاً لأولوية تواجد المياه الجوفية إلى خمسة مناطق كما في جدول (6)، شكل (13).

جدول (6) تصنيف درجات احتمالية المياه الجوفية بمنطقة الدراسة

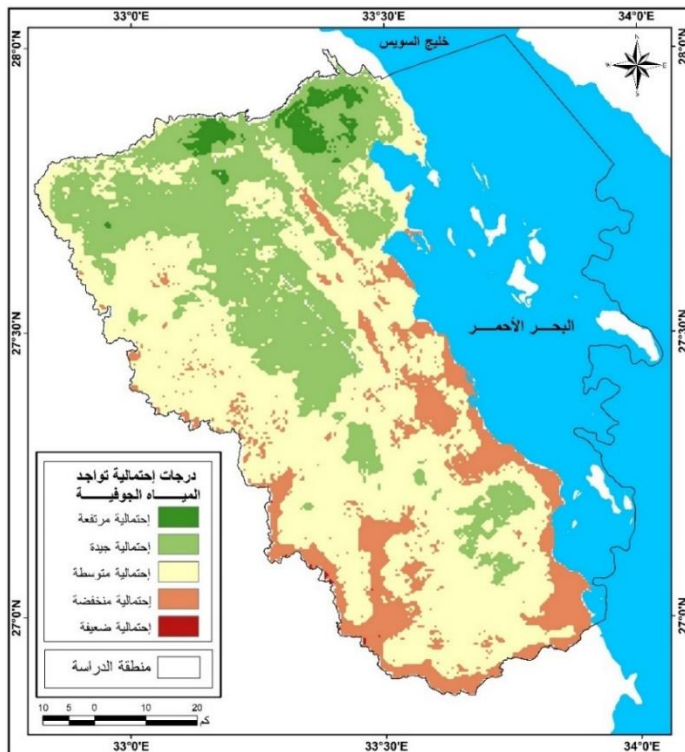
درجة الإحتمالية	المساحة (كم ²)	%
ضعيفة	9,64	0,15
منخفضة	878,55	13,85
متوسطة	3569,53	56,29
جيدة	1742,27	27,47
مرتفعة	140,29	2,21
الإجمالي	6340,28	100

المصدر: من إعداد الطالبة اعتماداً على قاعدة البيانات الجغرافية، باستخدام برنامج

ARC GIS Ver.10.8

المنطقة الأولى: مرتفعة الاحتمالية وتمتد في الجزء الشمالي الشرقي من منطقة الدراسة، وتشغل مساحة 140,29 كم² بنسبة 2,21% من إجمالي مساحة المنطقة. المنطقة الثانية: جيدة الاحتمالية وتمتد من الجزء الشمالي الشرقي إلى الجنوب الغربي وتحتل المنطقة الوسطى من الاحواض (بطون الأودية)، وتشغل مساحة 1742,27 كم² بنسبة 24,47% من المساحة الكلية. المنطقة الثالثة: متوسطة الاحتمالية تشغل مساحة 3569,53 كم² بنسبة 56,27% وهي أكبر نسبة بين درجات الإحتمالية، المنطقة الرابعة منخفضة الاحتمالية تشغل مساحة 878,55 كم² بنسبة 13,85% ، المنطقة الخامسة ضعيفة الاحتمالية غير مناسبة لتواجد المياه

الجوفية وتنتشر في المنابع العليا للأودية وعلى طول خط الساحل، وتشغل مساحة 9,61 كم² بنسبة 0,15% من المساحة الكلية.



المصدر: من إعداد الطالبة إعتامداً على نموذج الارتفاع الرقمي ALOS-PALSAR بدقة مكانية 12,5م باستخدام برنامج ARC GIS Ver.10.8

شكل (16) تصنيف درجات احتمالية تواجد المياه الجوفية في منطقة الدراسة

الخاتمة

أولاً: النتائج

- أثرت الخصائص الليثولوجية والجيولوجية والطبوغرافية في جيومورفولوجية المنطقة، واحتمالات تواجد المياه الجوفية، حيث تركز وجود المياه الجوفية في الجزء الشمالي الشرقي من المنطقة ذات المسامية العالية و الانحدارات الهينة.

- توجد علاقة وثيقة بين الامطار ومناطق تشكل الخزان الجوفى، حيث تعد الأمطار المصدر الرئيسي لتغذية المياه الجوفية.
- قدمت طريقة (AHP-GIS) وسيلة فعالة في تحديد مناطق إحتمالية تواجد المياه الجوفية الكامنه، في ظل توافر البيانات الكافية المؤثرة في ظروف تشكل المياه الجوفية.
- تركزت المناطق مرتفعة الاحتمالية في الجزء الشمالى الشرقى من المنطقة في المناطق الأعلى كثافة فى التراكيب الجيولوجية، والهطول المطري، والأقل كثافة للمسيلات المائية.

ثانياً: التوصيات

- الحفاظ على المياه السطحية وخبزنها لتزويد خزانات المياه الجوفية بشكل مستمر حيث أن عدم تحقيق التوازن بين التغذية والتصريف يؤدي إلى هبوط لمستوى سطح الماء الجوفى، وبالتالي جفاف بعض الآبار وزيادة ملوحة الماء الجوفى وتداخل ماء البحر مع المياه الجوفية في المناطق الساحلية.
 - حُسن إستغلال المياه الجوفية ولإدارتها، حيث يشكل نطاق المياه الجوفية مرتفعة الإحتمالية مناطق الضخ الآمن، في حال الرغبة باستثمار الحوامل المائية الجوفية ضمن هذا النطاق.
 - التوسع في حفر الآبار
 - الحد من الإنتشار العشوائى للآبار الجوفية بوضع القيود التى تحد من تكرار أكثر من بئر في منطقة واحدة.
 - حماية المياه الجوفية من الاستنزاف من خلال وضع بعض الشروط لترخيص الآبار .
- تحديد نطاقات الأمل للمياه الجوفية الكامنة باستخدام نظام المعلومات الجغرافي (GIS) وطريقة التحليل الهرمي (AHP)

المصادر والمراجع

أولاً: المصادر

- 1- الهيئة المصرية العامة للمساحة.
- 2- الهيئة العامة للمساحة العسكرية.
- 3- هيئة المساحة الجيولوجية والمشاريع التعدينية ، وزارة الصناعة .
- 4- وزارة الأشغال والموارد المائية، مركز بحوث تنمية الموارد المائية ، القاهرة .
- 5- المرئيات الفضائية 2-Sentinel
- 6- WWW.Google Earth.com

ثانياً: المراجع

أ- المراجع العربية:

- 1- أبو رية، أحمد محمد أحمد (٢٠٠٧) : المنطقة الممتدة فيما بين القصير ومرسى أم غيج دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- 2- الصالح، محمد عبد الله (1997): دور الاستشعار عن بعد في تنمية المياه الجوفية، الجمعية الجغرافية الكويتية، كلية الآداب، جامعة الكويت.
- 3- الشربيني، سند سند موسى (٢٠٠٥): المنطقة الساحلية فيما بين رأس غارب شمالاً ورأس دب جنوباً (دراسة جيومورفولوجية)، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة طنطا.
- 4- حجاب، محمود (2004): جيومورفولوجية السهل الساحلي والإقليم الجبلي فيما بين رأس بكر ورأس الدب: غرب خليج السويس، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب بسوهاج، جامعة جنوب الوادي.
- 5- محمد، أحمد أحمد البدوي (2011) النظم البيئية الطبيعية من الغردقة حتى رأس بناس وعلاقتها بالنشاط السياحي بتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بُعد، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب جامعة بنى سويف.

ب- المراجع الأجنبية:

- 1- Bosworth W, McClay K (2001) Structural and stratigraphic evolution of the Gulf of Suez Rift, Egypt: a synthesis. In: Ziegler PA, Cavazza W, Robberston AHF, Crasquin-Soleau S (eds) PeriTethys Memoir 6: PeriTethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Paris (ISBN 2-85653-528-3) (Mem Mus Natn Hist Nat 186:567-606).
- 2- Bosworth W, Taviani M (1996) Late Quaternary reorientation of stress field and extension direction in the southern Gulf of Suez, Egypt: Evidence from

- uplifted coral terraces, mesoscopic fault arrays, and borehole breakouts. *Tectonics* 15:791–802.
- 3- Greilling RO, El Ramly MF, Akhal HE, Stern RJ (1988) Tectonic evolution of the northwestern Red Sea margin as related to basement structure. *Tectonophysics*.
 - 4- Hadidi A (2016) Wadi Bili: Example for Flash Floods in Wadis in the Eastern Desert of Egypt. A Structural Model for Evaluation of the Groundwater and Artificial Recharge. Doctoral Thesis, Technische university Berlin.
 - 5- Klitzsch E, Linke HW (1983) Photogeological interpretation map. Conoco, Coral Inc., Cairo.
 - 6- Sultan A.S. Araffa, Mahmoud I. Mohamadin, Hassan Saleh Sabet & Mustafa S. Takey (2019) Geophysical interpretation for groundwater exploration around Hurghada area, Egypt, *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 8:1, 171-179.
 - 7- Salah G, Alsharhan AS (1996) Structural influence on hydrocarbon entrapment in the Northwestern Red Sea, Egypt. *AAPG Bull* 80:101–118.
 - 8- SAATY, T. L. 1980 - *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York.
 - 9- Wannous, M., Jahnke, C., Troeger, U. *et al.* (2021) Hydrochemistry and environmental isotopes (^{18}O , ^2H , ^3H , $^3\text{He}/^4\text{He}$) of groundwater and floodwater in the great area of Hurghada, Eastern Desert of Egypt. *Environ Earth Sci* 80, 407.

Using Geospatial Artificial Intelligence Techniques and the Hierarchical Analysis Method to Determine the Potential Ranges of Groundwater Presence in the Region between Ras Jebel Al - Zayt and Hurghada

ABSTRACT

The Annual Natural Recharge of Groundwater Reservoirs in The Study Area is Very limited and depends on Sudden Torrents Resulting from Occasional Rainstorms. Therefore, The Study Relied on Analysis of Rainwater Data, Surface Runoff, Seepage Rates, and hydrogeological characteristics of water bearing formations, in addition to other influencing factors.

Analysis of runoff data based on rainfall data demonstrated that its contribution to groundwater storage during rainstorms is very limited compared to surface runoff, due to the short duration of storms and the high potential of hydrographic basins to collect surface water.

The Use of Artificial Intelligence and Remote Sensing Techniques and Their Integration with Geographic Information Systems is One of The Most Effective Techniques in Water Resources Management, as Remote Sensing Provides Many of The Data Used, and Remote Sensing is Widely Used in Hydrological and Geological Studies in Dealing with Torrential Floods Expected Remotely By Comparing a Series of Images Taken at Different Time periods, in Addition to The Possibility of Searching and Prospecting for Groundwater Under The Desert Sand Through Radar Images, Given The Ability of Radar Rays to Penetrate Disintegrated Sediments Several Meters.

This Study was conducted with The Aim of Creating a Plan to Determine Areas of Potential Presence of Groundwater in The Study Area through Spatial Modeling. To Achieve This Purpose, Multiple Layers were used as Inputs to The Model, Including Geological Formations and Structures, Slope, Stream Patterns, Rainfall and Temperature Data, Land Uses and Land Cover, and Map Geomorphology.

A Weighted Spatial Suitability Model was Applied Using Geographic Information Systems (GIS) to The Input Layers after Classifying and Assigning a Weight to Each Layer According to its Importance and Contribution to The Groundwater Recharge Process. This Weight was Determined According to The AHP (Hierarchical Analysis Method).

The Region was divided into Five Zones According to The Degree of Possibility of Groundwater Presence. Use These Results Can to Determine the Groundwater Collection Zones and Construct Wells to Benefit from Them, as well as Preventing Over-Pumping and Proposing Sites for Artificial Recharge Facilities for Groundwater.

Keywords: Geospatial Artificial Intelligence, Remote Sensing, Geographic information systems, Groundwater, Weighted fits model, Hierarchical Analysis Method (AHP), Ras Jabal Al-Zayt, Hurghada.