

الخصائص الجيومورفولوجية وإمكانات التنمية الزراعية في حوض وادي القرن بالصحراء الشرقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. محمد إبراهيم محمد خطاب^(١) أ. مها كمال سليم^(٢)
أ.د. السيد السيد الحسيني^(٣) أ.د. محمد البسطويسى^(٤)

الملخص:

يتناول البحث الخصائص الجيومورفولوجية وإمكانات التنمية الزراعية في حوض وادي القرن بصحراء مصر الشرقية، وذلك لوجود العديد من مقومات التنمية الزراعية في الحوض، ويبدأ البحث بدراسة الصخور والتكوينات الجيولوجية والنطاقات التضاريسية، وذلك لما لهما من تأثير على الخصائص الجيومورفولوجية وخصائص التربة واحتمالات وجود المياه الجوفية، يلي ذلك تحديد قطاعات التربة في الوحدات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتنمية الزراعية، ثم دراسة الخصائص الميكانيكية والكيميائية للتربة، يليها دراسة لخزانات المياه الجوفية والخصائص الكيميائية لعينات المياه الجوفية المأخوذة ميدانياً، ثم استخدام كل البيانات المتوفرة لإنشاء قاعدة بيانات جغرافية لبناء نموذج رقمي لتحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية في الحوض، يلي ذلك دراسة الوضع الراهن للمناطق الزراعية القائمة، وربطها بنتائج تطبيق النموذج، وقد خلص البحث إلى وجود إمكانات عالية للتنمية الزراعية في النطاق السهلي ومنطقة اللقيطة.

(المجلة الجغرافية العربية، المجلد (٥٢) العدد (٧٧) يونيو ٢٠٢١، ص ص ١٥١-٢١٣)

الكلمات الدالة: وادي القرن، وادي الحممامات، منطقة اللقيطة، خصائص التربة، خصائص المياه الجوفية، قاعدة بيانات جغرافية، النمذجة الرقمية.

(١) أستاذ مساعد الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب - جامعة القاهرة.

(٢) مدرس مساعد الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب - جامعة القاهرة.

(٣) أستاذ الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب - جامعة القاهرة.

(٤) أستاذ الجيولوجيا التطبيقية بالهيئة القومية للاستشعار عن بعد

للتواصل: e-mail: Khattab.mohammed80@gmail.com

المقدمة:

تشهد مصر في الآونة الأخيرة مرحلة جديدة من التنمية الاقتصادية خاصة الزراعية؛ ويرجع ذلك إلى الزيادة السكانية الكبيرة، وزيادة الاحتياج إلى المتطلبات الغذائية الزراعية. وتعد منطقة الدراسة من المناطق الواعدة للتوسع الزراعي الأفقي؛ حيث توجد بها مساحات كبيرة من التراب، واحتمالات عالية لوجود المياه الجوفية، بالإضافة إلى اقترابها من وادي النيل، وبالتالي سهولة توفير العمالة من جهة وتسويق المنتجات الزراعية من جهة أخرى. ويلاحظ من شكل (١) أن حوض وادي القرن يقع في الصحراء الشرقية، وينبع من جبال البحر الأحمر في الشرق ويصب في وادي النيل في الغرب بالقرب من مدينة قفط، ويمتد في الحوض نحو ١٠١ كم من طريق قفط - القصير الذي يبلغ طوله ١٨٠ كم. ويتألف الحوض من ثلاثة أحوض تصريف رئيسية^(١) هي الحمامات والقش وزيدون، وتلتقي هذه الأحواض معاً إلى الشرق من قرية اللقيطة قبل مصب الحوض بنحو ٣٠ كم، وكونت معاً مروحة فيضية داخلية بالحوض، ويشق وادي القرن الرئيسي مجراه فوق هذه المروحة، ويتسم مناخ المنطقة بالجفاف، وبالتالي نقل الموارد المائية السطحية.

وتتعدد الوحدات الجيومورفولوجية الموجودة في الحوض، وتختلف إمكاناتها للتنمية الزراعية، باختلاف خصائص التربة ومدى احتمالية وجود المياه الجوفية أو عدم وجودها، وبناءً عليه يدرس هذا البحث الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي القرن وإمكانات التنمية الزراعية.

مشكلة الدراسة وأهميتها:

تقع مساحة كبيرة من حوض الدراسة ضمن مشروع المثلث الذهبي بالصحراء الشرقية، ويوجد في الحوض إمكانات واسعة للتنمية الزراعية التي لم تستغل حتى الآن، ومن هنا تتبع مشكلة الدراسة والمتمثلة في إمكانية مساهمة الجيومورفولوجيا التطبيقية في مجال التنمية الزراعية في الحوض؟ وكيف يمكن للخصائص الجيومورفولوجية التي يتسم بها الحوض أن تساعد على وجود وإحداث تنمية زراعية بالحوض؟ وكذلك محاولة التعرف على خصائص المياه الجوفية ودورها في نجاح التنمية الزراعية بالمنطقة، وإبراز دور الخصائص الميكانيكية والكيميائية للتربة المرتبطة بها في صلاحية التربة للتنمية، وإعداد قاعدة بيانات جغرافية لبناء نموذج رقمي يساعد في تحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية بالحوض، وذلك في محاولة إفادة متخذي القرار لتنمية الحوض، وزيادة الرقعة الزراعية في محافظة قنا.

(١) أمكن تقسيم حوض وادي القرن إلى ٢٦ حوضاً فرعياً تبلغ رتبة مجاريها الرئيسية الرتبة الخامسة فأكثر.

تساؤلات الدراسة:

- ١- ما السمات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتنمية الزراعية في حوض الدراسة؟
- ٢- ما الوحدات الجيومورفولوجية التي تميز ملامح حوض وادي القرن؟
- ٣- ما خصائص تربة الوحدات الجيومورفولوجية ذات العلاقة بالتنمية الزراعية؟
- ٤- ما خزانات المياه الجوفية الموجودة في الحوض؟ وما صلاحيتها للزراعة؟
- ٥- هل يمكن تحديد أولويات للمناطق الصالحة للاستصلاح الزراعي؟
- ٦- كم تبلغ مساحة المناطق المزروعة حاليًا في الحوض؟ وأين تتوزع؟

أهداف الدراسة:

- ١- دراسة الخصائص الجيولوجية والتضاريسية المؤثرة على التنمية الزراعية في الحوض.
- ٢- تحديد الوحدات الجيومورفولوجية ذات العلاقة بالتنمية الزراعية في الحوض.
- ٣- تحليل الخصائص الميكانيكية والكيميائية لتربة الوحدات الجيومورفولوجية في الحوض.
- ٤- دراسة خزانات المياه الجوفية في الحوض.
- ٥- تحليل الخصائص الكيميائية لعينات المياه الجوفية المأخوذة أثناء الدراسة الميدانية.
- ٦- إعداد قاعدة بيانات جغرافية لتحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية في الحوض.
- ٧- دراسة الوضع الراهن للمناطق الزراعية القائمة حاليًا في الحوض.

مناهج الدراسة وأساليبها:

اعتمدت الدراسة على ثلاثة مناهج، وهي: التطبيقي، والموضوعي، والاستقرائي، بالإضافة إلى تطبيق عدد من الأساليب المتمثلة في الوصفي التحليلي، والكمي، والكارتوجرافي، هذا بالإضافة إلى تطبيق النمذجة الرقمية باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

مصادر الدراسة:

أ- الدراسات السابقة: يمكن تقسيم الدراسات السابقة إلى دراسات جيولوجية اهتمت بدراسة الوحدات الصخرية والتكوينات الجيولوجية ومنها: Akaad, 1999; Issawi, et al., 1990; Said, 1981 & 1990; Abu El-Ela, 2002; El Bialy, 2020; Fowler & Hamimi, 2020 والدراسات الموجودة في قائمة المراجع، ودراسات للتربة تمثلت في تقرير معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة في عام ٢٠١٦ عن التربة في الهامش الصحراوي الشرقي لوادي النيل فيما بين

مدينتي ققط شمالاً والأقصر جنوباً، وتم أخذ ٧٢ قطاعاً للتربة منها ١٦ قطاعاً في الأطراف الغربية من منطقة الدراسة، وبالنسبة لدراسات المياه الجوفية فقد قدمت دراستين، الأولى دراسة (Ali, 2011) عن الاستكشاف الجيوفيزيائي لوجود المياه الجوفية في حوض وادي الماتوله، وقد حدد ثلاثة خزانات للمياه الجوفية في الحوض، وكان من أهمها الخزان النوبي، ودراسة (Abdalla, 2012) عن رسم خريطة لاحتمالات وجود المياه الجوفية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في وسط الصحراء الشرقية، وقام بالتطبيق على حوض وادي القرن، وبالنسبة للدراسات الجيومورفولوجية فتمثلت في دراسة (الشيخ، ١٩٩٠) عن جيومورفولوجية الحافة الشرقية لوادي النيل ما بين مصب وادي قنا وخانق السلسلة، ودراسة (اسماعيل، ٢٠١٠) عن الظواهر الجيومورفولوجية وأخطارها على منطقة طريق ققط - القصير، ولم تهتم أيًا منهما بدراسة الجوانب الجيومورفولوجية التطبيقية للتنمية الزراعية بالحوض.

ب- الخرائط: اعتمدت الدراسة على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠.٠٠٠، والخرائط الجيولوجية مقياس ١: ٢٥٠.٠٠٠، ومقياس ١: ١٠٠.٠٠٠، والخريطة الاستكشافية لحصر التربة مقياس ١: ٢٠٠.٠٠٠.

ج- نماذج الارتفاع الرقمية: اعتمدت الدراسة على نموذج ALOS PALSAR بدقة مكانية ١٢.٥م، وتم استخدامه لدراسة النطاقات التضاريسية وحساب درجات الانحدار.

د- المرئيات الفضائية: اعتمدت الدراسة على المرئية الفضائية Sentinel-2 بدقة مكانية ١٠ م بتاريخ ٢٥ مايو ٢٠٢٠، واستخدمت في تحديد الوحدات الجيومورفولوجية، ورصد مناطق تجمع برك السيول وغيرها، كما اعتمدت على المرئيات الفضائية Landsat-8 بدقة مكانية ٣٠ م، وقد استخدمت في حساب متوسط درجة حرارة سطح التربة.

و- الدراسة الميدانية: تم القيام بدراستين ميدانيتين، الأولى خلال الفترة من ٢-٩ فبراير ٢٠٢٠، والثانية خلال الفترة من ١٢-٢٠ سبتمبر ٢٠٢٠، وتم خلالهما التعرف ميدانياً على الخصائص الجغرافية للحوض، وأخذ عينات التربة من الوحدات الجيومورفولوجية المختلفة، وأخذ عينات المياه الجوفية من أنحاء الحوض، ودراسة الوضع الحالي للمناطق الزراعية القائمة، هذا بالإضافة إلى النقاط عدد كبير من الصور الفوتوغرافية.

عناصر البحث:

أولاً: الوحدات الصخرية والتكوينات الجيولوجية في حوض وادي القرن.

ثانياً: النطاقات التضاريسية في حوض وادي القرن.

- ثالثاً: تحديد قطاعات التربة حسب الوحدات الجيومورفولوجية القابلة للتنمية الزراعية في الحوض.
- رابعاً: مقومات التنمية الزراعية في حوض الدراسة.
- خامساً: إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لبناء نموذج رقمي لتحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية في الحوض.
- سادساً: الوضع الراهن للمناطق الزراعية القائمة في الحوض.

أولاً - الوحدات الصخرية والتكوينات الجيولوجية في حوض وادي القرن :

يلاحظ من شكل (٢) أن حوض وادي القرن يتألف من مجموعة متنوعة من الصخور النارية والمتحولة والرسوبية، ويمكن دراستها من الأقدم إلى الأحدث كما يلي:

(١) الصخور النارية والمتحولة:

- تتعدد أنواع الصخور النارية والمتحولة في الحوض، وتبلغ مساحتها ٢٤٩٨ كم^٢ (٣٤.٥% من مساحة الحوض)، ويرجع عمرها إلى عصر ما قبل الكامبري، ويمكن التعرف على خصائصها العامة من الأقدم إلى الأحدث كما يلي:
- **مجموعة صخور معتق:** توجد في قبة جبل معتق في شرقي الحوض، وتضم صخور الميوليت والشست والأمفيبوليت الشستي. وتبلغ مساحتها ١٢٧.٥ كم^٢.
 - **مجموعة الأوفبوليت:** تقسم لوحة القصير الجيولوجية تتابع صخور الأوفبوليت بالحوض إلى خمسة أنواع، هي: صخور السربنتين وصخور الجابرو والتروكتوليت، وصخور الجابرو الهورنبلندي، وصخور اللافا القاعدية الوسائدية، وصخور الشست والسربنتين الغنية بمعادن التلك والانكريت والجرافيت، وتمثل هذه الصخور جزءاً من قاع محيط قديم تعرض للارتفاع نتيجة لتصادم الألواح التكتونية، وتوجد مجموعة الأوفبوليت في مساحة ٢٤٣.٩ كم^٢ (٣.٤%)، وتتنوع معظم صخورها في الجزء الشمالي الشرقي من الحوض.
 - **مجموعة البركانيات الكلسية القلوية:** توجد في ١٥% من مساحة الحوض، وتتركز في الأجزاء الشرقية من الحوض، وتقسّمها لوحتي القصير والبرامية إلى أربعة أنواع، يتألف الأول من تدفقات من البازلت الحديدي مع وجود قواطع من الدولريت والميكروجابرو، ويتألف الثاني من صخور الأندسيت البازلتية ومقذوفات من الطف البركاني، مع أندسيت بروفييري يصاحبه معدن البلاجيوكلاز، ويتألف الثالث من الريبوليت والريوداسايت والداسايت البروفيري الصفائحي، بينما يتألف الرابع من تدفقات بركانية ذات النسيج الناعم من الريوداسايت والريبوليت المصحوب بالشيرت، وصخور بركانية فتاتية صفائحية، مع وجود طبقات من الماجنيثيت والهيمايتيت.

- **صخور الشست:** تتألف هذه الصخور من الشست الأخضر، والشست الغني بالتلك والكلورايت، والشست الغني بالكوارتز، وتوجد في ٠.٦٤% من مساحة الحوض.
- **مجموعة التداخلات القاعدية المترامنة مع بداية الحركة التكتونية الأورجينية:** تتألف من صخور المونزودايوريت الهورنبلندي مع احتمالية وجود البايوتيت، ومن صخور الهورنبلند الكتلتي، وتوجد في ٠.٢٥% من مساحة الحوض.
- **المتجرتات القديمة:** تعرف أيضًا بالجرانيت القديم الرمادي اللون (Said, 1990, p. 232) ويتراوح عمرها بين ٧٥٠-٦١٠ مليون سنة (El Bialy, 2020, p. 62). وتشغل نحو ٠.٥ كم^٢، وذلك في المنابع العليا لوادي أم حاد.
- **صخور الجابرو:** توجد في ٠.٠٦% من مساحة الحوض، وذلك في منطقة الشيخ جهاد على جانبي طريق قفط - القصير، وتتألف من الجابرو الهورنبلندي المتورق.
- **صخور الميلونيت:** توجد في ٠.٢٤% من جملة مساحة الحوض، وذلك في جبل عنديفة في أقصى جنوب شرق الحوض.
- **مجموعة رسوبيات الحمادات المتحولة:** عبارة على تراكمات سمكية من الحصى والزلط والجلاميد والكونجولوميرات والبريشيا والصخور الرملية التي ترسبت بشكل غير متوافق فوق أقواس جزرية في أواخر مرحلة تجميع الكتلة العربية - النوبية، وأدت الحركات الأرضية إلى تحولها وتماسكها (Fowler and Hamimi, 2020, p. 88). ويبلغ سمكها نحو ٤٠٠٠ م في وادي الحمادات، وأكثر من ٥٠٠٠ م في وادي أراك (Said, 1990, p. 227). وتشغل مساحة ٥٨٦.٤ كم^٢، ويقتصر وجودها على الجزء الشرقي من الحوض خاصة في وادي الحمادات.
- **فلسيت ما بعد الحمادات:** تمثل ٠.٣٦% من مساحة الحوض، وتوجد بالقرب من جبل عطالله وفي منابع واديي أراك وزيدون، وهي عبارة عن فلسيت وفلسيت بورفيرى وكوارتز بورفيرى، وغطاءات وقواطع ومتداخلات مخروطية الشكل، وتشير الشواهد الجيولوجية والموقع الاستراتيجى إلى أن عمرها يقترب من ٦٠٠ مليون سنة (El Bialy, 2020, p. 68).
- **مجموعة المتجرتات الحديثة:** تعرف أيضًا بالجرانيت الحديث (Akaad & Abu El-Ela, 2002, p. 81)، واتضح من قراءة لوحة القصير أنها تتألف من ثلاث وحدات صخرية تتميز ببلورات كبيرة الحجم وخشنة الحبيبات، وهي: الجرانوديورايت، والمونزوجرانيت، والجرانيت القلوي البايوتيتي، وتشغل مساحة ٢٩٤.٥ كم^٢، وتوجد في الأجزاء الشرقية من الحوض.

٢) الصخور الرسوبية:

يتراوح عمر الصخور الرسوبية المنكشفة في الحوض بين عصري الكريتاسي والهولوسين، مع اختفاء لصخور ترجع إلى بعض العصور الجيولوجية. وتتكشف الصخور الرسوبية في مساحة ٤٤٤٠ كم^٢ (٦٥.٥%)، ويمكن دراستها كما يلي:

- **تكوينات الزمن الثاني (عصر الكريتاسي الأعلى):** تظهر في ٢٥٦٨ كم^٢، وتتوزع في أربعة تكوينات هي من الأقدم إلى الأحدث: **تكوين النوبة** ويتألف من حجر طارف الرملي ويشغل مساحة ١٢٥٠.٤ كم^٢، وينكشف على هيئة حزام شمالي جنوبي في الجزء الأوسط من الحوض، ويرتبط به وجود خزان المياه الجوفي النوبي. **وتكوين القصير** ويتألف من طبقات متعاقبة من الطفلة متعددة الألوان يصاحبها تداخلات محدودة من الغرين والحجر الرملي، وينكشف في ٧٣٥.٧ كم^٢، ويظهر على هيئة حزام يقع إلى الغرب من حزام تكوين النوبة. **وتكوين ضوي** ويتألف من تتابع متميز من الطبقات الفوسفاتية المتداخلة مع الطفلة والحجر الجيري، ويظهر في ٣٣٥.٣ كم^٢، وذلك على هيئة نطاقين طوليين باتجاه شمالي غربي - جنوبي شرقي في جنوبي الحوض وقطاعه الأدنى. **وتكوين الداخلة** ويتكون من الطفلة الغنية بحفريات الفورامينيفرا مع بعض التداخلات لشرائح الفوسفات، ويظهر جنوبي الحوض وفي قطاعه الأدنى ويشغل مساحة ٢٤٦.٥ كم^٢.

- **تكوينات الزمن الثالث:** تتكشف في الجزء الغربي من الحوض في نحو ٥.٤% من المساحة، وتتمثل في تكوينات عصور الباليوسين والإيوسين والبليوسين، وبالنسبة لتكوينات عصر الباليوسين فتتمثل في تكوين طراوان الذي يتألف من الحجر الجيري المارلي (El-Sawy, et al., 2011, p. 41)، ويقتصر ظهوره عند جبل القرن البحري، وتكوين إسنا المكون من الحجر الطيني الجيري ويتداخل معه المارل في الجزء العلوي من التكوين (Issawi, et al., 1999, pp. 261-262)، ويشغل مساحة ٨١.٤ كم^٢، أما عن تكوينات عصر الإيوسين فتقتصر على تكوين طيبة، ويتألف من طبقات متتابعة من الحجر الجيري كبيرة إلى متوسطة السمك، وكتل وطبقات رقيقة وقليلة السمك من الحجر الجيري مع تداخلات من كونجولوميرات الحجر الجيري، ويتميز بوجود شرائح الصوان والعقد الصوانية (Mansour & Philobos, 1983, pp. 131-133)، وينكشف في مساحة ٧.٧ كم^٢، أما عن تكوينات عصر البليوسين فتتمثل في تكوين مدامود الذي يتألف من رواسب سيليسية ناعمة من الحجر الرملي والحجر الطيني والطفل (Mahran, 1992, p. 254)، وينكشف في مساحة ٨.٣٥ كم^٢، وتكوين حجازة الذي يتكون من رواسب طميية قديمة مغطاة بطبقة سميكة من رواسب فيضية قديمة، وتظهر في ٤.١% من جملة المساحة.

- **تكوينات ورواسب الزمن الرابع:** تتكشف في ٢٤.٥% من جملة مساحة الحوض، وتتمثل في عصري البليستوسين والهولوسين، وبالنسبة لتكوينات عصر البليستوسين فتظهر في الجزء الغربي من الحوض بالقرب من المصب، وتضم ثلاثة تكوينات، هي: **تكوين أرمنت** المتكون من طبقات متتابعة من الكونجلوميرات والحصى والمارل وتعلوها طبقات أفقية من الترافرتين (Said, 1981, p. 41)، وينكشف في مساحة ٤٠.٥ كم^٢، و**تكوين مصمص** ويتكون من جزئين متداخلين، الجزء السفلي منها يتكون من طمي صلصالي رملي، بينما يتكون الجزء العلوي من رمل أصفر متوسط إلى خشن الحبيبات (Said, 1981, pp. 126-127). وتبلغ مساحته ١٣.٨ كم^٢، و**رواسب الفانجلوميرات** وهي عبارة عن رواسب فيضية قديمة ترتبط بالمجموعتين العليا والوسطى من المدرجات الفيضية (٤٥ و ٣٠ م) في الحوض، وتشغل مساحة ٧٦.٥ كم^٢. أما عن رواسب عصر الهولوسين فتظهر في ٢٢.٧% من مساحة الحوض، وتتمثل في ثلاثة أنواع، هي: **المدرجات الفيضية الحديثة** التي تتألف في الأساس من الغرين والرمل ومفتتات أخرى، وتبلغ مساحتها نحو ٩٣ كم^٢، وتوجد على جوانب الوادي الرئيسي في قطاعه الأدنى، وفي القطاعات الدنيا من الأودية القريبة من المصب، وتوجد على أربعة مستويات، هي: ١٥ و ٩ و ٦ و ٣ م. ويتمثل النوع الثاني في **رواسب بطون الأودية والمروحة الفيضية الداخلية** وتمثلان معاً معظم مساحة رواسب الهولوسين ١٥٤٦.٢ كم^٢ (٢١.٤% من مساحة الحوض)، وبالنسبة لرواسب بطون الأودية فتتكون من الغرين والرمل والحصى والحصباء والجلاميد وتوجد في قيعان جميع الروافد، بينما رواسب المروحة الفيضية الداخلية فتتمثل في المروحة الفيضية التي تكونت عند إنقضاء الأودية الرئيسية الثلاثة في الحوض (الحمامات والقش وزيدون)، وتظهر المروحة الفيضية على هيئة حواجز وجزيرات أعلى من مستوى الوادي الرئيسي، واتضح أثناء الدراسة الميدانية أن هناك تنوع واضح للرواسب فوق سطح المراوح الفيضية، ويرجع ذلك إلى تعدد أنواع الصخور في مناطق المنابع، وتكثر فوق المراوح الفيضية رواسب متفاوتة الحجم؛ حيث يوجد الحصى والرمل والسلت والشيرت ذات الأصول النارية والمتحولة والرسوبية، ويتمثل النوع الثالث في **الطمي النيلي الحديث** ويشغل سوي مساحة محدودة من الحوض (٠.٠٢%).

ثانياً - المناطق التضاريسية في حوض وادي القرن :

يمكن تقسيم حوض وادي القرن إلى ثلاثة نطاقات تضاريسية (شكل ١)، وهي:

١) النطاق الجبلي:

يتمثل في جبال البحر الأحمر التي تشغل الجزء الشرقي من الحوض، وتبلغ مساحة هذا النطاق ٢٨٩٤ كم^٢ (٤٠%)، ويعد أكثر النطاقات التضاريسية الثلاثة ارتفاعاً وأشدّها انحداراً؛

وتتراوح فيه درجات الانحدار بين ٠ - ٨٥°^(١)، ويبلغ متوسط درجة انحداره ١٥.١°، وتتراوح الارتفاعات فيه بين ٢٨٨ و ١١١٢ م. ويتألف من خليط معقد من الصخور النارية والمتحولة والتي يقطع اتصالها رواسب بطون الأودية، وقد تأثر هذا النطاق بالحركات الأرضية القوية، ما بين حركات ضغط وشد، وترتب عليها تكون العديد من الصدوع العادية والديسرية والأفقية، ولذا تكثر به الحافات الصدعية، وتتعدد به القمم الجبلية، والتي من أهمها: جبل معتق (١١١٢ م) ويمثل أعلى قمة جبلية في الحوض، وجبل النصب الأزرق (١٠٦٢ م)، وجبل نصب القش (٨٩٩ م)، وجبل أم دقال (٨٧٤ م)، وجبل المخيط (٨٧٠ م)، وجبل المويلح (٨٢٩ م)، وجبل أم حميص (٧٩٠ م)، وجبل الشغيف (٦٩٨ م)، وجبل الشلول (٦٣٩ م)، ويقطع هذا النطاق العديد من الأودية الجافة التي تتسم قطاعاتها الطولية بشبه الاستقامة، وتتمشى إما مع الفواصل والصدوع أو مع اتجاه الانحدار الأشد، كما تتسم القطاعات العرضية لهذه الأودية باتخاذها شكل حرف V، وتكثر بها الشلالات الصخرية والبنوية.

٢) النطاق الهضبي:

يشغل هذا النطاق الجزئين الأوسط والغربي من الحوض، ويحده من الشرق نطاق جبال البحر الأحمر، ومن الغرب النطاق السهلي. ويعد هذا النطاق جزء من هضبة العبادة الرملية، ويعد أكبر النطاقات التضاريسية مساحة؛ حيث تبلغ مساحته ٣٦٤٥.٤ كم^٢ (٥٠.٤%)، ويتراوح ارتفاع السطح الهضبي بين ١٦٠-٧٩٩ م، ويعد جبل النزى (٧٩٩ م) أعلى نقطة تعلو سطح الهضبة، وعامة يرتفع سطح الهضبة في الشرق والجنوب الغربي بسبب تأثير الصدوع، ويبلغ متوسط انحدار سطح الهضبة ٥.٩°، وتتكون الهضبة من الصخور الرسوبية التي ترجع إلى الزمنين الثاني والثالث، وهي: صخور الحجر الرملي، والحجر الجيري، والطفل، والحجر الجيري المارلي، ويقطع سطحها عدد كبير من الأودية التي حفرتها خلال العديد من العصور الجيولوجية الممطرة التالية للعصر الكريتاسي، ومن أهم هذه الأودية: المويه العطشان، وعطواني، وأبو تناضب، ومنيح، وأبو واصل، والمشاش، وأم تندبة، والتمد الكبير. وقد كان سطح الهضبة في الماضي أكثر ارتفاعاً عما هو عليه الآن، ولكنه تعرض للتخفيض بفعل عوامل وعمليات التعرية، وبالتالي أصبح سطح الهضبة سطح تعرية تنتشر فوقه العديد من التلال والهضبيات المنعزلة (شكل ١).

(١) تم حساب متوسط درجة الانحدار من خلال طبقة درجات الانحدار المستخرجة آلياً من نموذج الارتفاع الرقمي ALOS PALSAR بدقة مكانية ١٢,٥ م، وذلك باستخدام برنامج Arc GIS

٣) النطاق السهلي:

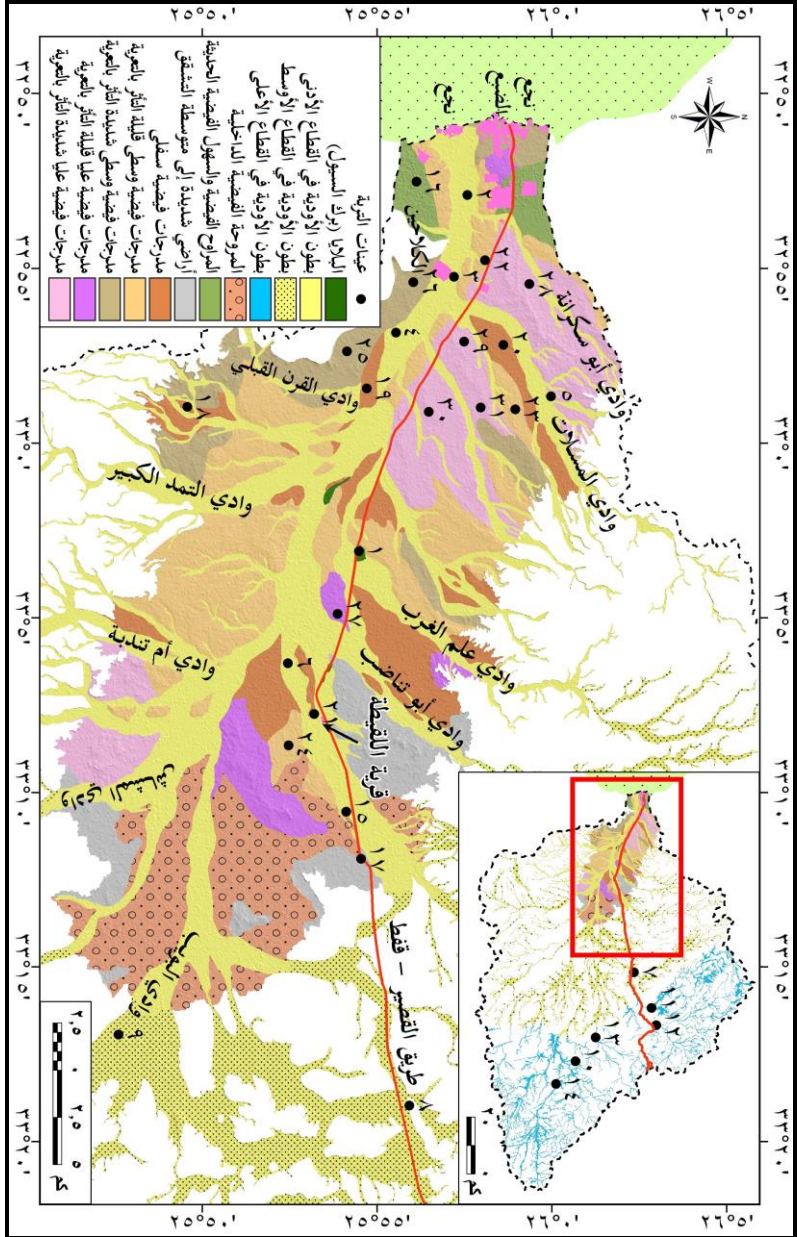
يشغل هذا النطاق الجزء الغربي من الحوض، ويمتد من أقدم الحافة الغربية لهضبة العبادة الرملية في الشرق إلى أطراف السهل الفيضي لنهر النيل في الغرب؛ ويحدد النطاق من الشمال والشرق والجنوب خط كنتور ١٦٠ م، ويُعد أصغر النطاقات التضاريسية الثلاثة مساحة (٩.٦% من مساحة الحوض)، ويتسم بشبه استواء السطح، ويبلغ متوسط درجة انحداره ٢.١°، وتتراوح الارتفاعات فيه بين ٧٦ و١٦٠ م، ويختلف اتساعه من منطقة لأخرى تبعاً لاقتراب حافة الهضبة من وادي النيل، ويوجد في هذا النطاق المروحة الفيضية الداخلية التي تكونت عند التقاء مصبات الأودية الثلاثة الرئيسية المكونة للحوض (الحمامات والقش وزيدون)، كما يضم النطاق القطاعات الدنيا والمراوح الفيضية للروافد التي تصب في الوادي الرئيسي إلى الشرق والغرب من قرية اللقيطة، كما يوجد في هذا النطاق القطاع الأدنى لحوض وادي القرن ومروحة الفيضية الحديثة، وذلك في الأطراف الغربية لحوض الدراسة.

ثالثاً - تحديد قطاعات التربة حسب الوحدات الجيومورفولوجية القابلة للتنمية الزراعية في الحوض :

بناءً على ما سبق ومن خلال الدراسة الميدانية اتضح أن هناك أجزاء في الحوض تخلو من التربة، وأن التربة في حوض الدراسة يقتصر وجودها على النطاق السهلي وبطون الأودية السابق ذكرهما، وتبلغ جملة مساحتهما ١٦٩٥.٦ كم^٢، وبالتالي سوف ترتبط التنمية الزراعية بهما، واعتماداً على الدراسة الميدانية، وتحليل مرئيات Sentinel-2 بدقة مكانية ١٠ م، وقراءة الخرائط الطبوغرافية ١: ٥٠.٠٠٠، بالإضافة إلى الخريطة الاستكشافية لحصر التربة بمنطقة اسنا نجع حمادي عام ١٩٦١ أمكن تحديد الوحدات الجيومورفولوجية التي ترتبط بها التنمية الزراعية في المنطقة المدروسة، وتتمثل في: البلايا، وبطون الأودية، والمروحة الفيضية الداخلية، والسهول الفيضية والمراوح الفيضية الحديثة، والأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، والمدرجات الفيضية (شكل ٣)، ويمكن الآن عرض المنهجية المتبعة في تحديد قطاعات التربة، ثم دراسة الوحدات الجيومورفولوجية ذات الارتباط بالتنمية الزراعية، وذلك كما يلي:

١) تحديد قطاعات التربة:

تم أثناء الدراسة الميدانية أخذ عينات راسب من ١٥ قطاعاً للتربة، بالإضافة إلى الاعتماد على نتائج تحليل عينات راسب ١٦ قطاعاً تمت بواسطة معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة في عام ٢٠١٦، ليصبح إجمالي عدد القطاعات ٣١ قطاعاً بإجمالي ٩٨ عينة رسوبية (جدول ١)، وقد تم تحديد مواقع القطاعات بحيث تغطي كافة الوحدات الجيومورفولوجية التي ترتبط بها مناطق التنمية الزراعية بالحوض، وقد مرت عملية جمع وتحليل العينات بمرحلتين رئيسيتين:



شكل (٣) : الوحدات الجيومورفولوجية وقطاعات التربة المأخوذة من منطقة الدراسة.
 المصدر: ١- قراءة وتحليل مرئيات القمر الصناعي Sentinel-2 بقية مكانية ١٠.م، ٢- الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١:٥٠,٠٠٠.٠٠٠-٣- الخريطة الاستكشافية لحصر التربة بمنطقة أسنا - نجع حمادي، مقياس: ١:٢٠٠,٠٠٠.٠٠٠، ١٩٦١.

- المرحلة الأولى وتتمثل في الدراسة الميدانية، وفيها تم أخذ العينات عن طريق الحفر حتى عمق ١٥٠ سم أو حتى الوصول إلى عائق مثل طبقات صخرية أو مستوى الماء الأرضي. وقد تم فصل أفاق Horizons كل قطاع وفقاً لبناء التربة والنسيج والتماسك واللون، وتم تحديد سمك كل أفق والحدود الفاصلة بينها. وتلى ذلك أخذ عينة من كل أفق بإجمالي ٥٤ عينة^(١) من ٥٤ أفقا، بمتوسط ٣.٦ أفق/القطاع.
- المرحلة الثانية وتتمثل في التحليل المعمل، والذي بدأ بتجفيف العينات الرطبة، ثم نخل جميع العينات بمنخل ٢ ملم لتصبح العينات جاهزة لإجراء التحليل الميكانيكي والكيميائي بعد فصل الحصى وتقدير نسبته إلى إجمالي العينة، وتلى ذلك توكيد العينات لتصبح جاهزة لإجراء التحليلات الميكانيكية والكيميائية (جدول ١).

جدول (١) : توزيع قطاعات التربة على الوحدات الجيومورفولوجية بالمنطقة المدروسة.

نسبة مساحة الوحدة إلى المنطقة المدروسة %	مساحة الوحدة (كم ^٢)	عدد العينات	عدد القطاعات	الوحدة الجيومورفولوجية
٠.٠٨	١.٣	٢	١	البلايا
٧٣.٤	١٢٤٤.٦	٤٨	١٣	بطون الأودية
٤.٥١	٧٦.٤	٥	١	المروحة الفيضية الداخلية
٠.٨٤	١٤.٢	٣	١	المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة
٢.٥١	٤٢.٦	٢	١	أراضي متوسطة إلى شديدة التشقق
٣.٢	٥٤.٣	١٢	٤	المدرجات الفيضية السفلى
٦.٧٢	١١٤	٩	٣	المدرجات الفيضية الوسطى قليلة التأثر بالتعرية
٢.٧٧	٤٦.٩	٤	٢	المدرجات الفيضية الوسطى شديدة التأثر بالتعرية
١.٣٢	٢٢.٤	٣	١	المدرجات الفيضية العليا قليلة التأثر بالتعرية
٤.٦٥	٧٨.٩	١٠	٤	المدرجات الفيضية العليا شديدة التأثر بالتعرية
١٠٠	١٦٩٥.٦	٩٨	٣١	الجملة

المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي Sentinel-2 والخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠.٠٠٠، والخريطة الاستكشافية لحصر التربة بمنطقة اسنا نجع حمادي/ مقياس ١: ٢٠٠.٠٠٠، وتم قياس المساحات اليا باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.

(١) يضاف إلى ذلك ٤٤ عينة تم الحصول عليها من تقرير (معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، ٢٠١٦)، ليصبح إجمالي عدد العينات المدروسة ٩٨ عينة.

٢) الوحدات الجيومورفولوجية المرتبطة بالتنمية الزراعية في الحوض: أ- البلايا (برك السيول):

تم تحديدها من تحليل مرئيات Sentinel-2، وذلك بعد السيول التي جرت في الوادي في ١٧ مايو ٢٠٢٠، والتي جرفت معها كميات كبيرة من المياه والرواسب، وكونت العديد من البرك التي تتراوح مساحة كل منها بين بضعة عشرات من الأمتار المربعة و ٣٤٤.٦ ألف م^٢، وذلك في أنحاء متفرقة بالحوض. وتعد هذه الوحدة أصغر الوحدات الجيومورفولوجية المدروسة مساحةً؛ وتبلغ جملة مساحتها ١.٣ كم^٢، واتضح من الدراسة الميدانية وجود طبقة سميكة من الرواسب (أكثر من ٧٥ سم) في بعض البلايات، ويتسم سطح البلايات بشبه الاستواء وقلة الانحدار (١.٢°)، وقد تم أخذ عينتين رسوبيتين من قطاع واحد بإحدى البلايات الموجودة في القطاع الأدنى بالحوض بمصب وادي علم الغراب عند تقاطعه مع طريق ققط - القصير (صورة ١).

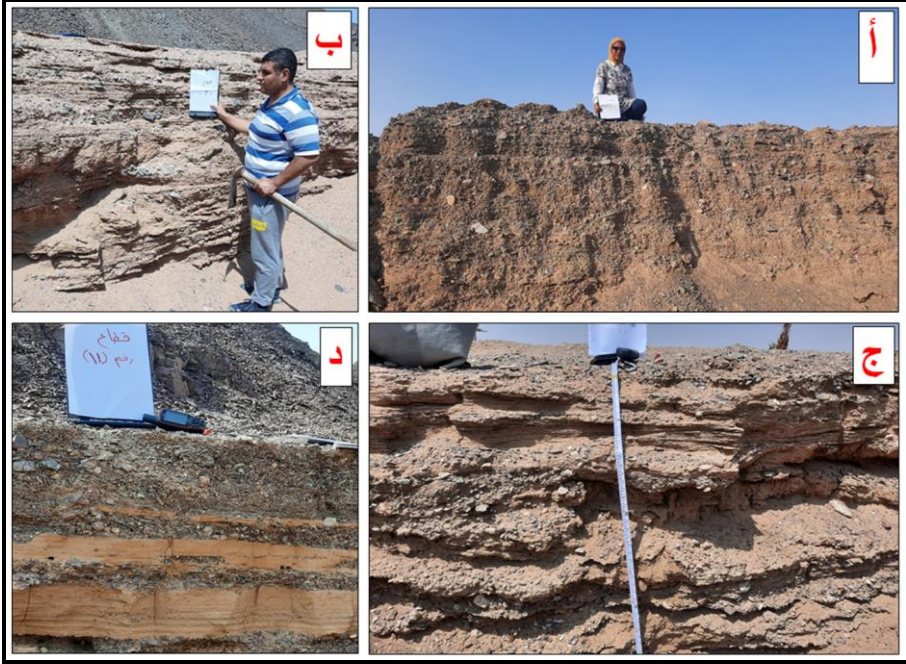


صورة (١) : التشققات الطينية الموجودة في إحدى البلايات المتكونة عند تقاطع وادي علم الغراب مع طريق ققط - القصير (ناظرًا صوب الشمال).

ب- بطون الأودية:

تم رسم بطون الأودية من الخرائط الطبوغرافية ١: ٥٠.٠٠٠، وتبلغ مساحتها ١٢٤٤.٦ كم^٢ (٧٣.٤% من مساحة المنطقة المدروسة)، وهي بذلك تمثل أكبر الوحدات الجيومورفولوجية المدروسة مساحةً، ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أقسام هي: بطون الأودية في نطاق الصخور النارية والمتحولة، وبتون الأودية في نطاق الصخور الرملية والطباشيرية بالقطاع الأوسط من الحوض، وبتون الأودية

في نطاق صخور الزمن الثالث ورواسب الزمن الرابع بالقطاع الأدنى من الحوض، وتتسم هذه الوحدة عامة بشبه استواء السطح، وقلّة الانحدار (٢.٣°). وتم أخذ ١٢ قطاعًا للتربة بإجمالي ٤٨ عينة، وكان من بينها خمسة قطاعات بالقطاع الأعلى (١٨ عينة)، وثلاثة قطاعات بالقطاع الأوسط (١٣ عينة)، وخمسة قطاعات بالقطاع الأدنى (١٧ عينة). ويتسم سمك قطاعات هذه الوحدة بأنه عميق جدًا (من ١٠٠-١٥٠ سم) كما في صورة (٢).



صورة (٢) : نماذج مختلفة لقطاعات التربة من وحدة بطون الأودية، وذلك في أودية: أ- عطالله (ناظرًا صوب الشمال)، ب- أم حاد (ناظرًا صوب الغرب)، ج- المجرى الرئيسي لوادي القرن بمنطقة اللقيطة (ناظرًا صوب الشمال الشرقي)، د- وادي القش (ناظرًا صوب الجنوب).

ج- المروحة الفيضية الداخلية:

تتمثل هذه الوحدة في المروحة الفيضية الداخلية للحوض، وقد سبق الذكر بأنها تكونت عند إنقواء الروافد الثلاثة الرئيسية المكونة للحوض، وتبلغ مساحتها ٧٦.٤ كم^٢ (٤.٥% من مساحة المنطقة المدروسة)، وقد لوحظ أثناء الدراسة الميدانية أن سطح هذه الوحدة شبه مستو، وتوجد به بعض الحواجز الحصوية المرتفعة، وتتألف هذه الوحدة في الأساس من رواسب حصوية ورملية، وتقع إلى الشرق من قرية اللقيطة بمسافة تتراوح بين ١ - ٦ كم، ويبلغ متوسط درجة انحدارها ٢.٢°، ويوجد فوقها عدد كبير

من المجاري المائية المتشعبة، وقد تم أخذ خمس عينات رسوبية من قطاع واحد بهذه الوحدة كما في صورة (٣)، ويتسم سمك هذا القطاع بأنه عميق؛ حيث يصل إلى ١٠٠ سم.



صورة (٣) : قطاع التربة في وحدة المروحة الفيضية الداخلية (ناظرًا صوب الجنوب).

د- المروحة الفيضية والسهول الفيضية الحديثة:

تتمثل في المروحة الفيضية الحديثة لوادي القرن، وكذلك السهول الفيضية الحديثة الموجودة على جانبي المجرى الرئيسي بالقرب من نجعي الكلاحين والضبع عند المصب، وقد تكونت هذه الوحدة من الجريانات السيلية الحديثة، ويغلب عليها الرواسب الرملية، وتبلغ مساحتها ١٤.٢ كم^٢ (٠.٨٤% من مساحة المنطقة المدروسة)، ويبلغ متوسط درجة انحدار سطحها ٢.١°، مما يدل على شبه استواء السطح، وقد لوحظ أثناء الدراسة الميدانية ومن تحليل المرئيات الفضائية وجود مناطق استصلاح زراعي ونمو عمراني ونشاط تحجير في هذه الوحدة، ويتسم سمك قطاعاتها بأنه عميق جدًا (١٥٠ سم)، ويغطي طمي النيل مساحة كبيرة من المروحة الفيضية الحديثة.

هـ- الأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق:

تقع هذه الأراضي إلى الشرق والشمال من قرية اللقيطة، وتتسم هذه الوحدة بكثرة التشققات في سطح التربة، وذلك بسبب ارتفاع نسبة الطمي والطين في الرواسب، وتبلغ مساحتها ٤٢.٦ كم^٢ (٢.٥%)، وقد تم أخذ عينتين رسوبيتين من قطاع واحد، ويتسم سمك القطاع بأنه يقترب من النوع العميق (٩٥ سم).

و- المدرجات الفيضية:

قسم تقرير (معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، ٢٠١٦، ص ٣٤) و(الخريطة الاستكشافية لحصر التربة، مقياس ١: ٢٠٠.٠٠٠، عام ١٩٦١) أراضي المدرجات الفيضية إلى خمس وحدات تبعاً لعمرها ومدى تأثرها بالتعرية، ويمكن دراستها اعتماداً على الدراسة الميدانية، وقراءة الخرائط الطبوغرافية، وتحليل المرئيات الفضائية كما يلي:

* **المدرجات الفيضية السفلى:** تضم مدرجات ٣ و ٦ و ٩ م فوق قاع الوادي (صورة ٤)، وتعد أحدث المدرجات عمراً، وتتوزع في القطاعات الدنيا لأودية: القرن الرئيسي وأبو تناضب والتمد الكبير وأم تندبة والمسلات وعلم الغراب ووادي رقم ٣، وتبلغ مساحتها ٥٤.٣ كم^٢، ويبلغ متوسط درجة انحدار سطحها ١.٥°، بينما ترتفع درجة انحدار واجهاتها إلى أكثر من ٤٥°، وتظهر في هذه المدرجات تتابعات للطبقات المترسبة من الجريانات السيلية السابقة، كما يقطع سطحها عدد قليل من المسيلات الجافة، وقد تم أخذ ١٢ عينة رسوبية من ٤ قطاعات بهذه الوحدة، وتتسم القطاعات بالعمق الواضح الذي يتراوح بين ١٠٠-١٣٠ سم.



صورة (٤) : مدرج ٣ م بالقطاع الأدنى لوادي التمد الكبير، ناظراً صوب الجنوب الغربي.

* **المدرجات الفيضية الوسطى:** تضم مدرجي ١٥ و ٣٠ م فوق قاع الوادي، وتتوزع في القطاعات الدنيا لأودية: القرن الرئيسي والمشاش وأبو تناضب وأم تندبة والمسلات وعلم الغراب وأبو سكرانة والقرن القبلي والأودية أرقام ١ و ٢ و ٣. ويقسم تقرير (معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، ٢٠١٦) هذه الوحدة إلى وحدتين ثانويتين تبعاً لتأثرها بعوامل التعرية، هما:

- **المدرجات الفيضية الوسطى قليلة التأثير بالتعرية:** يقطع سطحها عدد قليل من المجاري، ولذلك تظهر هذه المدرجات بصورة شبه متصلة، ويبلغ متوسط انحدار سطحها ٢.٥°، وترتفع درجة انحدار واجهاتها لأكثر من ٣٥°، وتبلغ مساحتها ١١٤

كم^٢ (٦.٧%)، وقد تم أخذ ٩ عينات رسوبية من ٣ قطاعات بهذه الوحدة، ويتسم سمك قطاعاتها بأنه متوسط إلى عميق ٩٠ - ١٢٠ سم.

- **المدرجات الفيضية الوسطى شديدة التأثير بالتعرية:** تتسم بأنها مقطعة بعدد كبير جداً من المجاري الواسعة نسبياً، والتي عملت على تقطع المدرجات وانخفاض سطحها، وظهورها في شكل عدد من التلال والهضيبات قليلة الأبعاد، ويبلغ متوسط درجة انحدار سطحها ٥٢°، وتقل درجة انحدار واجهاتها عن ٣٠°، وتبلغ مساحتها ٤٦.٩ كم^٢ (٢.٧٧%)، وقد تم أخذ ٤ عينات رسوبية من قطاعين بهذه الوحدة، وتتسم قطاعات تربتها بأنها متوسطة العمق (من ٧٥-٨٠ سم).

* **المدرجات الفيضية العليا:** تعد أقدم المدرجات الفيضية الموجودة بالحوض، وتضم مدرجي ٤٥ و ٦٠ م فوق قاع المجرى الرئيسي، وتتنوع في القطاعات الدنيا لأودية: القرن الرئيسي والمشاش وأم تندبة وعلم الغراب وأبو سكرانة وواديي ١ و ٢، ويقسم تقرير (معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، ٢٠١٦، ص ص ٣٣-٣٤) هذه الوحدة إلى وحدتين ثانويتين تبعاً لتأثرها بعوامل التعرية، هما:

- **المدرجات الفيضية العليا قليلة التأثير بالتعرية:** وتشغل مساحة محدودة من المنطقة المدروسة؛ حيث تبلغ مساحتها ٢٢.٤ كم^٢ (١.٣٢%)، ويتسم سطحها بقلّة الانحدار (أقل من ٥٢°)، وتزيد درجة انحدار واجهاتها على ٣٠°. وقد تم أخذ ثلاث عينات رسوبية من قطاع واحد من هذه الوحدة، وتتسم قطاعاتها بأنها عميقة جداً (تصل إلى ١٥٠ سم).

- **المدرجات الفيضية العليا شديدة التأثير بالتعرية:** يقطعها عدد كبير جداً من المجاري الواسعة، والتي عملت على تقطع المدرجات وانخفاض سطحها، ويبلغ متوسط درجة انحدار سطحها ٥٢°، وتقل درجة انحدار واجهاتها عن ٢٠°، وتبلغ مساحتها ٧٨.٩ كم^٢ (٤.٦٥%) من مساحة المنطقة المدروسة)، وقد تم أخذ ١٠ عينات رسوبية من ٤ قطاعات بهذه الوحدة، ويتسم سمك قطاعات التربة بها بأنه متوسط وعميق (من ٧٠-٩٠ سم).

رابعاً - مقومات التنمية الزراعية في حوض الدراسة :

تتمثل مقومات التنمية الزراعية في حوض الدراسة في: ملائمة الخصائص الميكانيكية والكيميائية للتربة، ووجود خزانات المياه الجوفية الصالحة للري، والخصائص الكيميائية لعينات المياه الجوفية المأخوذة من الدراسة الميدانية، وذلك على النحو التالي:

(١) الخصائص الميكانيكية للتربة:

أ- سمك قطاع التربة:

يقصد به سمك المقطع الرأسي الذي يظهر فيه تتابع الطبقات أو الأفاق المميزة للقطاع بداية من سطح التربة وانتهاءً بالصخور الأصلية التي تتركز عليها التربة، ويعود هذا التتابع في الطبقات إلى تضافر العمليات المختلفة التي تدخل في تكوين التربة، وينتج عن هذه العمليات تكوين طبقات يتميز كل منها بخصائص طبيعية وكيميائية تجعلها تختلف بعضها عن بعض في النسيج والسمك واللون والمواد المعدنية والمواد العضوية (الشلش، ١٩٨٥، ص ٦٥)، ولسمك قطاع التربة علاقة واضحة بقدرتها الإنتاجية؛ حيث يجب أن تكون التربة ذات سمك مناسب يسمح بتوغل وتثبيت جذور النبات، فعادة ما تكون التربة الضحلة فقيرة ومنخفضة جدًا في قدرتها الإنتاجية؛ حيث لا تستطيع أن تمد النباتات بما تحتاجه من مواد غذائية ضرورية لنموها (أبوسمور، ٢٠٠٩، ص ص ٢٦٤-٢٦٥)، ومن جدول (٢) يمكن تقسيم سمك قطاعات التربة بالمنطقة المدروسة إلى ثلاث فئات تبعًا لتصنيف (Storie, 2008)، ويعرضها شكل (٤)، وهي:

جدول (٢) : متوسطات التحليل الميكانيكي لقطاعات التربة بالوحدات الجيومورفولوجية.

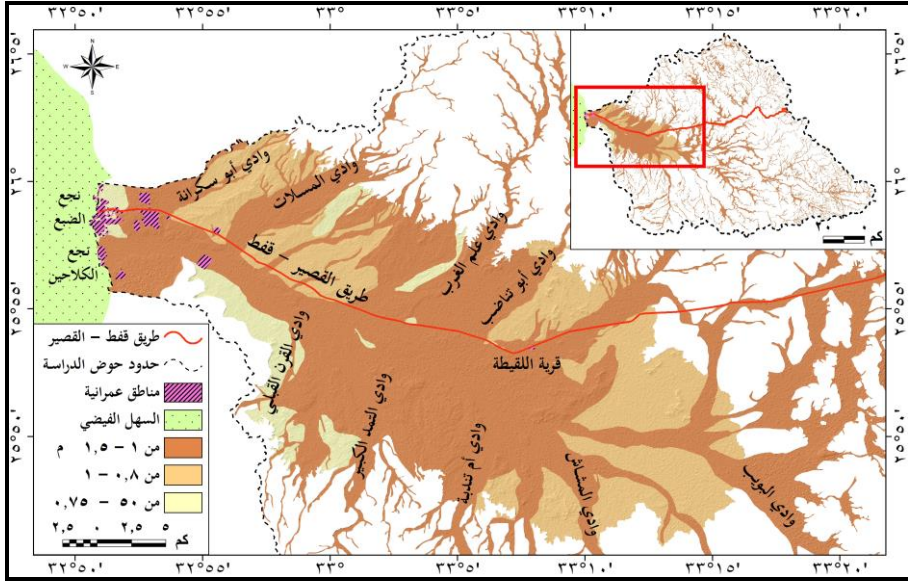
نسبة العصى %	التحليل الميكانيكي %				متوسط سمك قطاع التربة (سم)	الوحدات الجيومورفولوجية
	نوع التوالم	الطين	الصلبت	الرمل		
٥.٣	طميية رملية	١٧.٥	١٦.٢	٦٦.٣	٧٥	البلايا
٢٩.٥	رملية طميية	٦.٣	٧	٨٥.٢	١٢٨	بطون الأودية بالقطاع الأدنى
٢٨.٧	رملية طميية	٨.٩	١٠.٢	٨١.٣	١٠٥	بطون الأودية بالقطاع الأوسط
٣٦.٣	طميية رملية	٩.٩	١٠.٩	٧٨.٩	١١٣	بطون الأودية بالقطاع الأعلى
٢١.٢	رملية طميية	٧.١	١١.٥	٨١.٥	١٠٠	المروحة الفيضية القديمة
١١.٣	رملية	٤.٨	٢.٩	٩٢.٢	١٥٠	المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة
٧.٦	طميية رملية	١٢.٠	١٥	٧٢.٠	٩٥	أراضي متوسطة إلى شديدة التشقق

		٨		٢		
١٩.	رملية طميية	٩	٨.٤	٨٢.	١١٧.٥	المدرجات الفيضية السفلى
٣				٧		
١٤.	طميية رملية	١٢.	١٣.	٧٣.	١٠٣.٣	المدرجات الفيضية الوسطى قليلة التأثير بالتعرية
٢		٧	٨	٥		
٣٨	طميية رملية	١٣	١١.	٧٥.	٧٧.٥	المدرجات الفيضية الوسطى شديدة التأثير بالتعرية
			٢	٨		
١	طميية طينية رملية	٢٢.	١٩.	٥٨.	١٥٠	المدرجات الفيضية العليا قليلة التأثير بالتعرية
		٥	٤	١		
٤١.	رملية طميية	٧.٤	٥.٨	٨٦.	٨٢.٢	المدرجات الفيضية العليا شديدة التأثير بالتعرية
٣				٨		

المصدر: اعتمادا على نتائج التحليل الميكانيكي لـ ٣١ قطعا للتربة بالوحدات الجيومورفولوجية.

- تربة متوسطة العمق (من ٥٠ - ٨٠ سم): توجد في وحدتي البلايا والمدرجات الفيضية الوسطى شديدة التأثير بالتعرية، وتبلغ مساحتهما معا ٤٨.٢ كم^٢.
- تربة عميقة (من ٨٠ - ١٠٠ سم): توجد في الأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، والمدرجات الفيضية العليا شديدة التأثير بالتعرية، وتمثل ٣.٨% من جملة مساحة المنطقة المدروسة.
- تربة عميقة جدًا (من ١٠٠ - ١٥٠ سم): تعد الفئة السائدة؛ حيث تبلغ مساحتها ١٥٢٥.٩ كم^٢ أي ٩٣.٣% من جملة مساحة المنطقة المدروسة، وتمثل في تربة بطون الأودية، وتربة المروحة الفيضية الداخلية، وأراضي المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة، وفي تربات المدرجات الفيضية السفلى، والمدرجات الفيضية الوسطى والعليا القليلة التأثير بالتعرية.

وبناء عليه فإن سمك تربة المنطقة المدروسة يتسم بأنه عميق إلى عميق جدًا، وبالتالي فإنها تربة جيدة وذات قدرة إنتاجية عالية؛ فكلما زاد عمق التربة زادت المساحة التي تمتد فيها جذور النباتات، وبالتالي تزيد كمية المواد الغذائية الممتصة بواسطة النبات.



شكل (٤) : التوزيع المكاني لسلك قطاعات التربة بمنطقة الدراسة (بالمتر).

المصدر: اعتمادًا على بيانات جدول (٢).

ب- درجة حرارة التربة:

تؤثر درجة حرارة التربة على نمو النبات وكمية المحصول، كما تحدد أوقات الزراعة والانبثاق، وعدد الأيام اللازمة لنضج الثمار، ويؤدي ارتفاع درجة حرارة التربة إلى سرعة تطور الجذور، وزيادة كمية العناصر الصالحة لامتصاص النبات بالإضافة إلى سرعة حركة المياه (الخطيب، ١٩٩٨، ص ٢٦٣)، كما تؤثر على أعداد الكائنات الدقيقة بالتربة، ومع مرور الزمن يكون لدرجة حرارة التربة تأثيرًا مهمًا في تكوين المادة العضوية وتراكمها، وبالتالي تحدد درجة الحرارة مستوى خصوبة التربة (هاوسنبيلر، ٢٠٠٠، ص ص ٢٣٧-٢٣٨).

ونظرًا لعدم وجود بيانات عن درجات حرارة التربة في مصر، تم استخدام القناة الطيفية العاشرة من مرئيات Landsat-8؛ حيث تختص هذه القناة بتسجيل الطول الموجي للأشعة تحت الحمراء الحرارية (١٠.٦-١١.١٩ ميكرومتر)، وقد تم تحميل ٨ مرئيات فضائية لأربع فترات زمنية في شهور يناير وإبريل ويونيه وأكتوبر ٢٠١٩^(١)؛ وذلك حتى تكون معبرة عن درجات حرارة التربة في فصول السنة الأربعة، وبعد الحصول على درجة حرارة التربة لكل فصل مناخي تم حساب متوسط درجات الحرارة في الفصول الأربعة، وذلك حتى تكون معبرة عن درجة حرارة التربة طوال العام بشكل صحيح، وتقع المنطقة المدروسة في مرئيتين، وفيما يلي عرضًا موجزًا للخطوات التي مرت بها عمليات الاستخلاص الآلي لدرجة حرارة التربة:

١. التصحيح الراديومتري للقنوات الحرارية: وذلك لتخليصها من أي تشوه في القيم الرقمية، ثم إعادة تصحيح المرئية بحيث تحتوي فقط على بيانات الانعكاس والانبعث الصادرة عن الهدف المرصود (Canada Centre for Remote Sensing, 2007, p. 149).
٢. عمل موزايك للقناة الطيفية العاشرة لكل مرئيتين في كل تاريخ.
٣. تحويل القيم الرقمية الانعكاسية للمرئية إلى قيم إشعاع، من خلال تطبيق المعادلة:

$$L\lambda = MLQ + AL \text{ ----- (١) معادلة}$$

(Salih, et al., 2018, p. 609)

حيث أن: $L\lambda$ = القيم الإشعاعية الطيفية عند فتحة المستشعر، و ML = إشعاع متعدد النطاق، ويتم الحصول على القيم الخاصة به من ملف البيانات الوصفية الخاص بالمرئية الفضائية للقناة الطيفية العاشرة وتبلغ 0.0003342 ، و Q = القيم الرقمية لخلايا المرئية الفضائية، و AL = قيمة يتم الحصول عليها من ملف البيانات الوصفية للمرئية، وبلغت 0.1 .

(١) تم تحميل المرئيات الفضائية في أيام ٩ و ١٦ يناير، و ١٥ و ٢٢ أبريل، و ١٢ و ٢١ يونيو، و ١ و ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩، ولا تعدي نسبة السحب في جميع المرئيات عن 0.2% ، مما يزيد من دقة البيانات المستخرجة.

٤. تحويل القيم الرقمية للإشعاع إلى درجة حرارة بوحدة كلفن من خلال تطبيق المعادلة:

$$BT = K2 / \ln [(K1 L\lambda) + 1] \text{ ----- (٢) معادلة}$$

(Salih, et al., 2018, p. 609)

حيث أن: BT = درجة الحرارة عند المستشعر (بالكلفن)، و $K2$ = و $K1$ = قيمة ثابتة يتم الحصول عليها من ملف البيانات الوصفية للقناة الطيفية العاشرة وتبلغ 1321.0789 و 774.8853 على التوالي، و $L\lambda$ = تمثل القيم الإشعاعية الطيفية عند فتحة المستشعر، ويتم الحصول عليها من تطبيق المعادلة الأولى.

٥. تحويل درجة الحرارة من كلفن إلى درجة حرارة بالسيليزيوس من خلال تطبيق المعادلة:

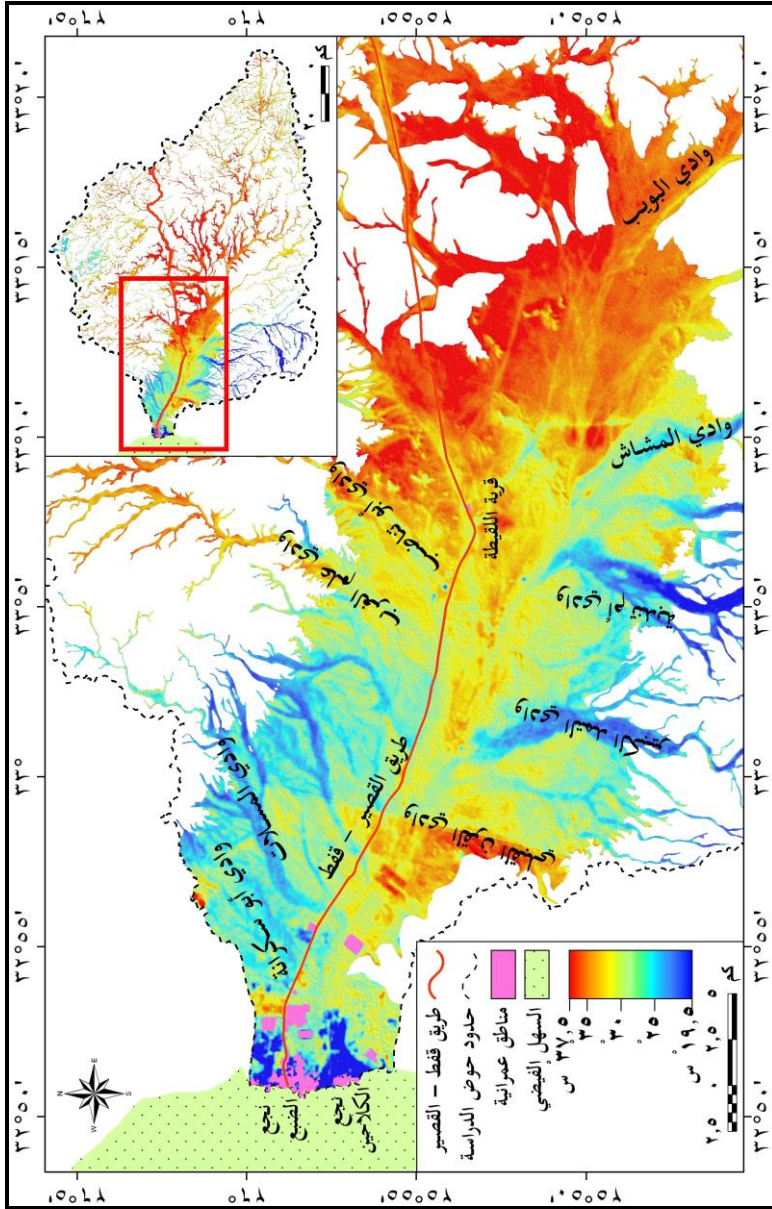
$$C^{\circ} = BT - 273.15 \text{ ----- (٣) معادلة}$$

(Salih, et al., 2018, p. 609)

حيث أن: C° = درجة الحرارة بالسيليزيوس. و BT = درجة الحرارة بالكلفن، 273.15 تمثل القيم الرقمية للتحويل من الكلفن إلى السيليزيوس.

٦. حساب متوسط درجات حرارة سطح التربة في الفصول الأربعة، وبهذا توفر للمنطقة المدروسة طبقة من نوع Raster بدقة مكانية 30 م، وتحمل كل خلية في الطبقة قيمة تمثل متوسط درجة حرارة سطح التربة، وتساعد هذه الطبقة في رصد الاختلافات المكانية في درجات حرارة التربة، ويمكن من شكل (٥) استنتاج ما يلي:

- تتراوح درجات حرارة سطح تربة المنطقة المدروسة بين ١٩.٥-٣٧.٥ °س، بمتوسط ٣٠.١ °س، وانحراف معياري ٢.٢ °س، ولذا فإن نسبة الاختلاف على مدار السنة تبلغ ٧.٣%، وهي نسبة ضئيلة مما يظهر التجانس الحراري للتربة على مدار العام.
- سجلت أعلى درجات حرارة (٣٠.٥-٣٣ °س) في المروحة الفيضية الداخلية وفي بطون الأودية في القطاع الأوسط من الحوض، بينما سجلت درجات الحرارة (من ٢٦.٥-٢٨.٥ °س) في بطون الأودية المحاطة بصخور الحجر الجيري بالقطاع الأدنى من الحوض، أما المدرجات الفيضية بأنواعها المختلفة فسجلت درجات حرارة متوسطة (٢٨.٥-٣٠.٥ °س)، وقد تباينت درجات حرارة بطون الأودية في القطاع الأعلى من الحوض من منطقة لأخرى، وذلك نتيجة لتأثير التضاريس والارتفاع وتعدد أنواع الرواسب وألوانها.
- كما يتضح أن المناطق التي تقل درجة حرارتها عن ٢٦ °س لا تتعدى نسبة مساحتها ٤.٢% من جملة مساحة المنطقة المدروسة، بينما لا تتجاوز مساحة المناطق الأعلى من ٣٣ °س نسبة ١%، وبالتالي تتراوح درجات حرارة ٩٤.٨% من مساحة المنطقة المدروسة بين ٢٦-٣٣ °س، وهي درجة تعكس تجانس وارتفاع درجة حرارة التربة نسبياً في أغلب تربات الدراسة.
- بناء عليه فإن المتوسط العام لدرجة حرارة تربة المنطقة يجعلها صالحة لزراعة أنواع متعددة من المحاصيل الزراعية، خاصة محاصيل المناطق الحارة التي تميز الزراعة في صعيد مصر.



شكل (٥) : درجة حرارة التربة بمنطقة الدراسة.

المصدر: اعتمادًا على تحليل الباند العاشر من المرئيات الفضائية Landsat-8 التي تم تحميلها في أيام ٩ و ١٦ يناير، و١٥ و ٢٢ أبريل، و ١٢ و ٢١ يونيو، و ٢٥ أكتوبر ٢٠١٩.

ج - نسيج التربة:

يعد النسيج من الخصائص المهمة في دراسة التربة، وهو صفة تسهل ملاحظتها وتحديد مبدئيًا، ويعد النسيج من الخواص المحددة لتركيب جسم التربة ويتوقف عليه أغلب خواصها واستغلالها، ويتم تحديد النسيج من خلال التوزيع الحجمي النسبي لمجموعات حبيبات التربة الأقل من ٢ ملليمتر، وهو ما يطلق عليه ناعم التربة، ويحدد النسيج مدى نعومة أو خشونة التربة، وذلك من خلال تحديد نسب كل من الرمل والطين في عينة التربة، وذلك وفقًا للنظام الدولي لتحديد نسيج التربة (يوسف، ١٩٨٧، ص ص ٢٢١-٢٢٣)، كما يحدد النسيج قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء اللازم لنمو النبات، ويتبين من قراءة جدول (٢) وشكل (٦) أن هناك أربعة أنواع من التربة تبعًا للنسيج في المنطقة المدروسة، وهي من الأنعم إلى الأخصن كالتالي:

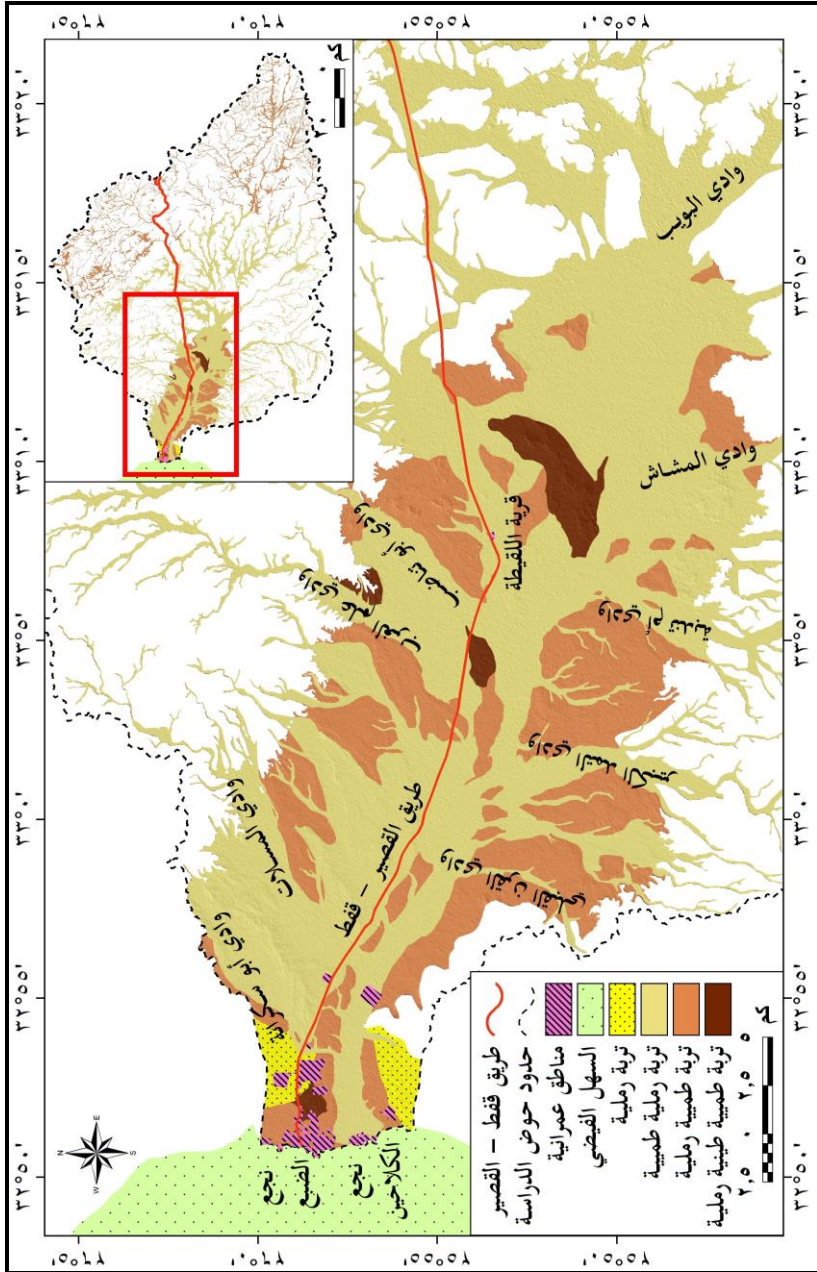
- أراضي ذات تربة طميية رملية: توجد فقط في وحدة المدرجات الفيضية القديمة، وتمثل ٢٢.٤ كم^٢ (١.٣٢% من جملة مساحة المنطقة المدروسة).
- أراضي ذات تربة طميية رملية: توجد في بطون الأودية بالمنابع العليا، وفي المدرجات الفيضية الوسطى، وفي الأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، وفي مناطق البلايا أيضًا، وتمثل هذه الفئة ٣٤.٢% من جملة مساحة المنطقة المدروسة.
- أراضي ذات تربة رملية طميية: وهي أكثر الأنواع الأربعة ظهورًا؛ حيث تمثل ٦٣.٥% من جملة مساحة المنطقة المدروسة، وتنتشر في أراضي المدرجات الفيضية السفلى، والمدرجات الفيضية العليا شديدة التأثر بالتعرية، وفي بطون الأودية بالقطاع الأوسط للوادي.
- أراضي ذات تربة رملية: أصغر وحدات التربة مساحة في المنطقة المدروسة (٠.٨٤%)، ويقتصر وجودها وانتشارها فقط في المروحة الفيضية الحديثة والسهول الفيضية الحديثة.

(٢) الخصائص الكيميائية للتربة:

تشمل هذه الخصائص دراسة نسبة تشبع التربة بالمياه، ودرجة الأس الهيدروجيني، وقيمة التوصيل الكهربائي، ونسبة المادة العضوية بالتربة، والتبادل الأيوني، والسعة التبادلية الكاتيونية، ونسبة كل من الجبس وكربونات الكالسيوم، والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل، وقد تم حساب متوسطات هذه الخصائص في جميع العينات، ووضعت النتائج في جدول (٣)، ويمكن دراسة كل خاصية منها كما يلي:

أ- نسبة تشبع التربة بالمياه (SP%):

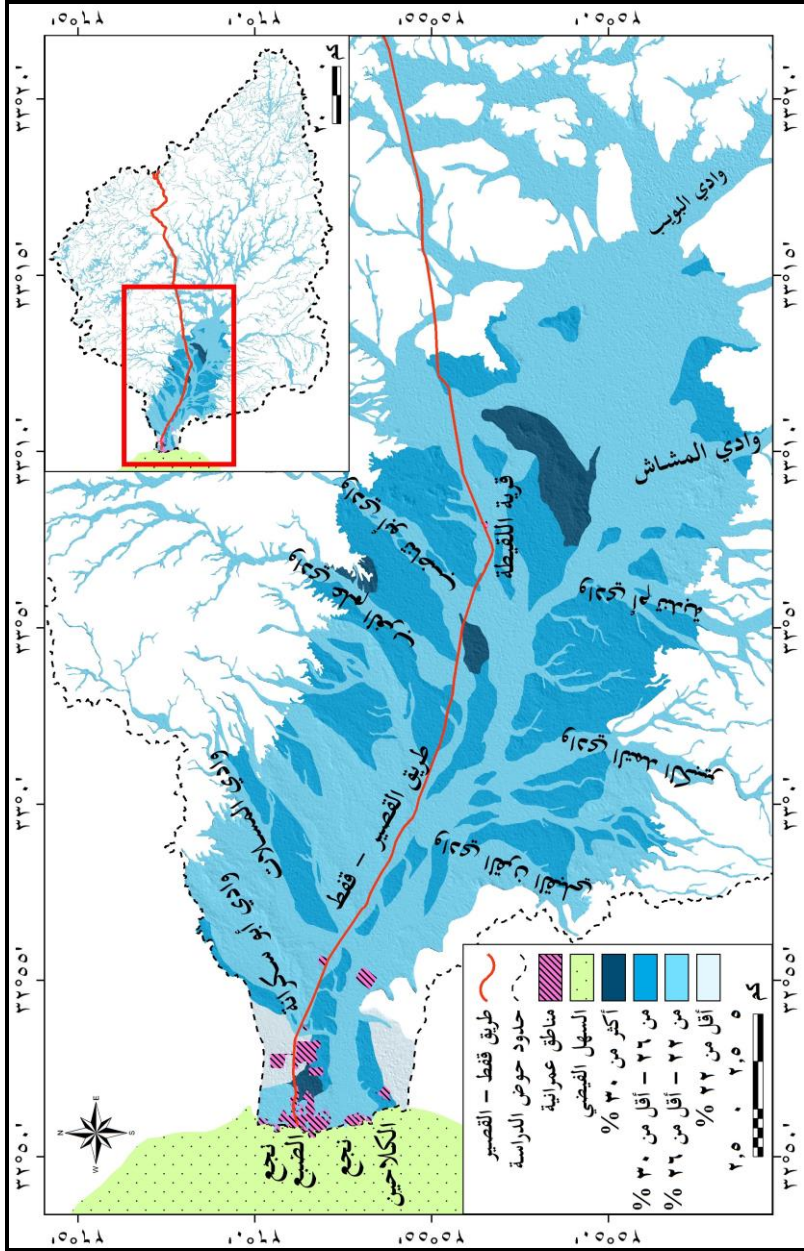
عبارة عن كمية المياه التي استخدمت في عجن عينة التربة أثناء تحضيرها للتحليل الكيميائي، وذلك عندما تكون مسام التربة ممتلئة بالمياه وخالية من الهواء. وتوجد علاقة ارتباط وثيق بين النسبة المئوية لتشبع التربة بالمياه ونسيج التربة؛ حيث تزداد نسبة التشبع بزيادة محتوى التربة من الطين وتتخف بزيادة محتواها من الرمل (التركماني وعطية، ٢٠١٩، ص ١٦٣).



جدول (٣) : متوسطات التحليل الكيميائي للتربة بالوحدات الجيومورفولوجية بالمنطقة المدروسة.

ESP الصوديوم المقابل المقابل	SAR الصوديوم المدمص	كربونات الكالسيوم %	الجسيم % التبادلية	مستخلص عينة التربة المهيمة بالماء						OM المادة عضوية %	Ece (ds/m) درجة التوصيل التربة عده م ^٢	pH درجة الأسي الهيدروجيني	% SP نسبة تتبع التربة بالمياه	الوحدات الجيومورفولوجية			
				الأيونات (المليغاف/ لتر)			الكاتيونات (المليغاف/ لتر)										
				كبريتات	كلوريد	نترات	كبريتات	نترات	بوتاسيوم						صوديوم	كالحامض	
٢	٢,١	١٢,٥	١٤,٨	١١,٣	١٦,٨	٢٩,٣	٣,٣	٠	١,٥	٩,٧	٣,٩	٧٨,٥	٠,٥	٣,١	٧,٣	٢٩,٦	الباريان
٤,٧	٥,٥	٩,١	٤,٩	٣,٨	٩,٤	٤٢,٨	٢,٤	٠	١	٣٣,١	١,٦	١,٨٩	٠,١	٥,٢	٧,٨	٢٣,٣	بطون الأودية بالقطاع الأدنى
١,٥	١,٩	٧,٨	٢,٥	٦,٦	٦,٩	٤,٢	٢,٣	٠	٠,٩	٣,٩	١,٣	٨,١	٠,٦	٠,٩	٧,٣	٢٣,٨	بطون الأودية بالقطاع الأوسط
١,٨	٢,٠	٣,٥	٦,٢	٦,٣	٦,٤	٦,٤	٣,٣	٠	٣,٦	٥,٣	٢,٧	١٤,٥	٠,٣	١,٦	٨,١	٢٥,٤	بطون الأودية بالقطاع الأعلى
٣٢,١	٢٢,٥	٤	١١,٤	٤,٦	٨٥,٨	٤١٤,٨	٢,٢	٠	٣,٣	٢٥٤,١	١٦٥,٦	١٦٥,٦	٠,٢	٣٥,٥	٧,٦	٢٥,١	المرحلة العجينة النخية
٦,٥	٥,٥	٨,٧	٣,٢	٣	٣٦,٤	٣١,١	١,٨	٠	١,٤	٢٥,٢	٦,٥	٣٥,٧	٠,١	٦,٦	٧,٩	٢١,٦	المرحاح العجينة والسهول العجينة الحديثة
٧,٨	٦,١	٥	١٢,٧	٧,٨	٤٠,٩	١٧٦	٢	٠	١,٥	٤٩,٧	٣٤,٧	١٣٢,٩	٠,٢	١٤,٠	٧,٨	٢٦,١	أراضي متوسطة إلى شديدة التفتق
٦,٢	٥,٤	١٠,٨	١٠,٥	٥,٤	١٦,٧	٣٣,٦	٣,٤	٠	١,٦	٢٠,٧	٢,٨	٧٨,٦	٠,١	٥,٠	٧,٧	٢٧,٤	المرحاحات العجينة السطلي
١,٥	١٤,٢	١١,٦	١٠,٦	٧,٦	٣٢,٢	٩٣	٢,٣	٠	٢,٣	٧٥,٠	٥,٧	٤٤,٥	٠,١	١٢,٣	٧,٨	٢٧,١	المرحاحات العجينة الوسطى قليلة التآكل بالخرابة
١٩,٢	١٧,١	٩,٩	١٠,٦	٧,٧	٨٤,٤	٣٤٤,٨	٤,٤	٠	٦	١٩٧,١	١,٨٠	٢٦٢,٥	٠,١	٣٨,١	٧,٥	٢٥,٧	المرحاحات العجينة الوسطى شديدة التآكل بالخرابة
١٩٦,٦	٢٠٨,٧	١٠,٨	٣٧,٩	١٣,٤	١١٥٤,٣	٢٦١٧,٣	٢,٨	٠	٩,٥	٣٢٤٤,٤	٤٠,٦	٤٧٩,٨	٠,٢	٢٣٣,٤	٦,٧	٣١,٨	المرحاحات العجينة العليا قليلة التآكل بالخرابة
١٣,٨	١٢,٦	٩,٧	٣,٧	٤,٥	٨٥,٩	١٧٨,٥	١,٢	٠	٦,٨	١٣١,٨	٣٨,٨	٨٨,٣	٠,١	١٩,٢	٧,٥	٢٢,٦	المرحاحات العجينة العليا شديدة التآكل بالخرابة

المصدر: اعتماداً على نتائج التحليل الكيميائي لـ ٣٦ قطاعاً بالتربة بالوحدات الجيومورفولوجية بالمنطقة المدروسة.



شكل (٧) : نسبة تشبع التربة بالمياه بمنطقة الدراسة (SP).

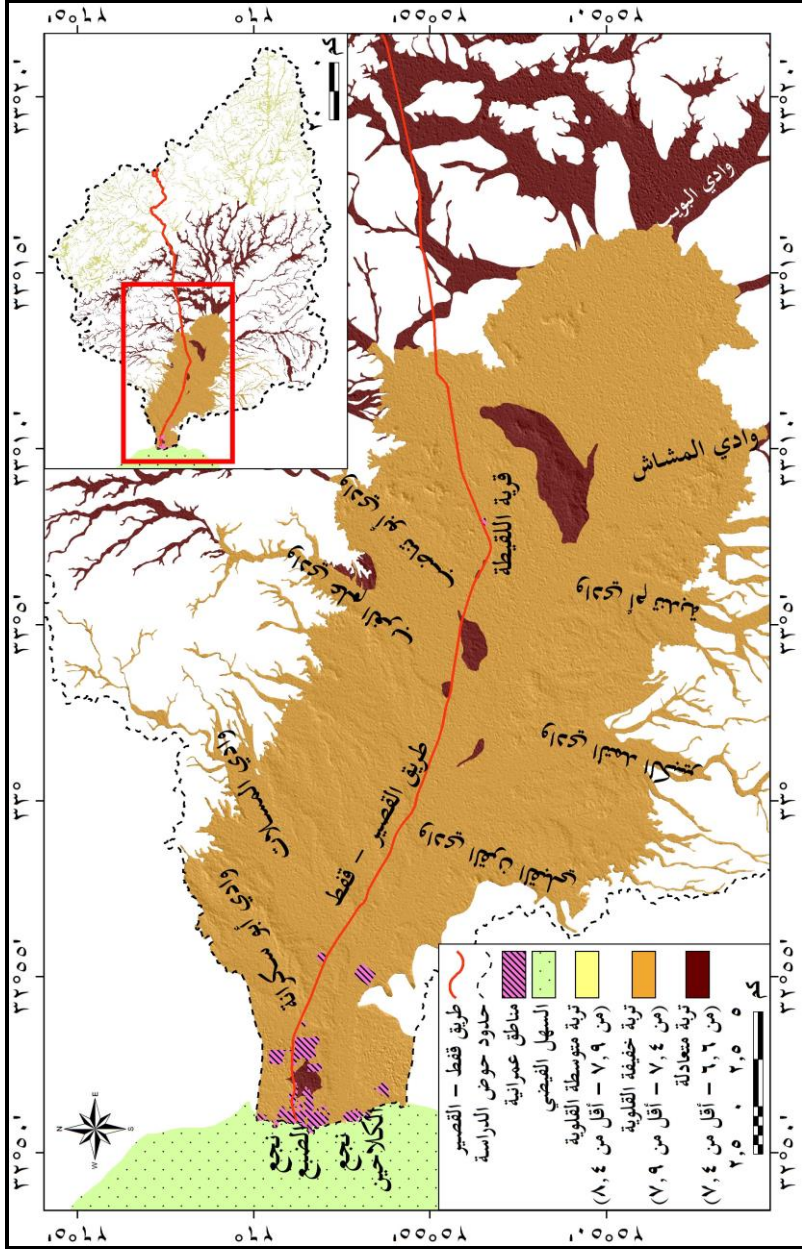
المصدر: اعتمادًا على بيانات جدول (٣).

ويتضح من قراءة الشكلين (٦ و ٧) وجود علاقة وثيقة بين نسيج التربة ونسبة تشبعها بالماء؛ حيث أن التربة الرملية هي أقل التربات من حيث نسبة التشبع بالماء؛ حيث بلغت نسبة تشبعها ٢١.٥% وذلك في وحدة المراوح الفيضية (٠.٨٤% من جملة المساحة)، بينما بلغ متوسط نسبة التشبع بالمياه في التربة الرملية الطميية ٢٤.٣%، وتوجد في المدرجات السفلى بالحوض والمدرجات العليا شديدة التأثير بالتعبية، وذلك في بطون الأودية الموجودة في القطاعين الأوسط والأدنى بالحوض، ويسود هذا النوع في ٦٣.٥% من جملة مساحة المنطقة المدروسة، وبالنسبة للتربة الطميية الرملية فقد بلغ متوسط نسبة تشبعها بالمياه ٢٦.٧% وتوجد في بطون الأودية بالمنابع العليا للحوض وبالمدرجات الفيضية الوسطى والأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، وفي مناطق البلايا، وتمثل هذه المناطق ٣٤.٢% من جملة المساحة، بينما بلغت نسبة التشبع أقصاها في التربة الطميية الطينية الرملية ووصلت إلى ٣٢%، ويرتبط وجودها بالمدرجات الفيضية العليا، وتمثل هذه الوحدة ١.٣٢% من جملة المساحة.

ب- درجة الأس الهيدروجيني pH:

تدل درجة الأس الهيدروجيني على حامضية أو قاعدية التربة، ويعد معرفة تركيز أيون الهيدروجين أمراً مهماً لتحديد خصوبة التربة، وبالتالي قدرتها الإنتاجية؛ ذلك لأن إذابة بعض المعادن في التربة تتوقف بالدرجة الأولى على مقدار pH، فإذا ارتفعت قيمته أصبحت التربة قلوية، وبالتالي تتأثر قابلية ذوبان عدد من العناصر المعدنية مثل المنجنيز والنحاس والقصدير؛ بحيث تصبح كميتها في محلول التربة أقل مما تحتاج إليه بعض النباتات، وعلى العكس من ذلك يؤدي انخفاض قيمة pH في محلول التربة إلى إذابة كمية كبيرة من تلك المعادن لدرجة أنها قد تؤدي إلى تسمم النباتات (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٥٦)، ولذلك فإن أفضل التربات هي التربة المتعادلة أو القوية من التعادل، وطبقاً لتصنيف وزارة الزراعة الأمريكية (USDA, 2017, p. 199) تقع تربة المنطقة المدروسة في ثلاث فئات (جدول ٣ وشكل ٨)، وهي كالتالي:

- تربة متعادلة (من ٦.٦ - أقل من ٧.٤): تعد أفضل التربات من حيث قيمة pH، وتوجد في وحدة بطون الأودية بالقطاع الأوسط من الحوض، وفي تربة البلايا، والمدرجات الفيضية العليا، وتمثل هذه الفئة ٣٥.٥% من جملة مساحة المنطقة المدروسة.
- تربة خفيفة القلوية (من ٧.٤ - أقل من ٧.٩): توجد في تربة المروحة الفيضية الداخلية، وفي المراوح الفيضية، وفي المدرجات الفيضية السفلى والوسطى والعليا شديدة التأثير بالتعبية، وفي وحدة الأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، وتمثل ٤٢.٢% من جملة المساحة.



شكل (٨) : التوزيع المكاني لدرجة الأس الهيدروجيني pH في تربة منطقة الدراسة.

المصدر: اعتمادًا على بيانات جدول (٣).

- تربة متوسطة القلوية (من ٧.٩ - أقل من ٨.٤): توجد فقط في وحدة بطون الأودية بالمنابع العليا من الحوض، وقد سجلت قيمة ٨.١، وتشغل هذه الوحدة مساحة قدرها ٣٧٨ كم^٢ أي ٢٢.٣% من جملة مساحة المنطقة المدروسة.

وبناءً عليه تعد تربة المنطقة المدروسة من حيث قيمة الأس الهيدروجيني pH صالحة للزراعة، وربما يرجع ذلك إلى الجفاف الذي تعيشه المنطقة، حيث ترتبط هذه الترات بالمناطق الجافة، والتي لا يحدث بها غسيل للتربة نتيجة لقلة الأمطار (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٥٦).

ج- قيمة التوصيل الكهربائي Ece (درجة ملوحة التربة):

تعد ملوحة التربة إحدى الخصائص الكيميائية المهمة للنبات، وهي عبارة عن ارتفاع تركيز الأملاح في التربة إلى مستوى يؤثر تأثيرًا ضارًا على نمو النبات، ويعبر عنها بالتوصيل الكهربائي Ece (أبولينين، ٢٠٠٤، ص ٢٦١)، وطبقًا لتصنيف (USDA, 2017, p.202) لملوحة التربة، ويمكن وضع تربة المنطقة المدروسة في خمس فئات (جدول ٣ وشكل ٩)، وهي:

- تربة غير ملحية (من صفر - أقل من ٢ ديسمنز/م): توجد في بطون الأودية بالقطاعين الأعلى والأوسط بالحوض، وتعد أكبر الترات مساحة؛ حيث تبلغ مساحتها ٩٥٥ كم^٢ (٥٦%) من مساحة المنطقة المدروسة).

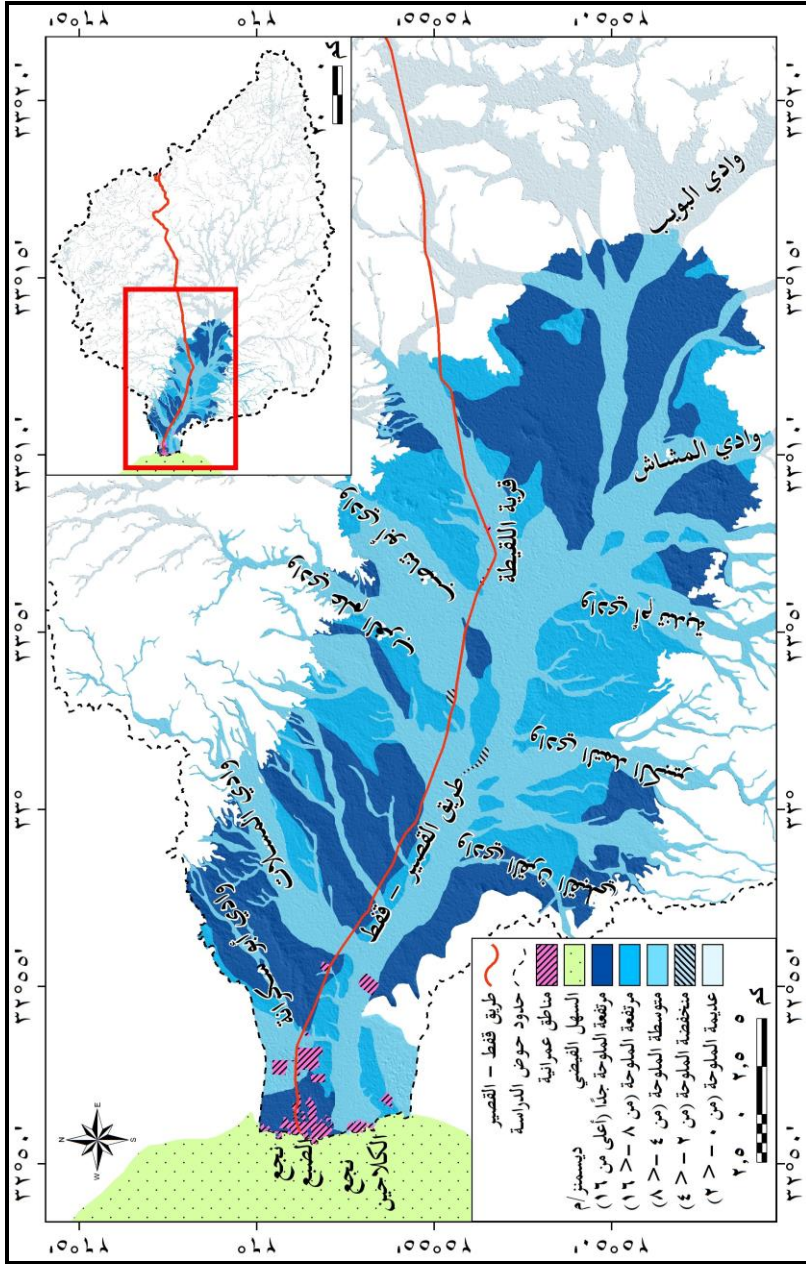
- تربة خفيفة الملوحة جدًا (من ٢ - أقل من ٤ ديسمنز/م): توجد في مناطق البلايا، وتبلغ مساحتها ١٠٣ كم^٢، وبالتالي تعد هذه الفئة أقل الفئات مساحة (٠.٠٨%).

- تربة خفيفة الملوحة (من ٤ - أقل من ٨ ديسمنز/م): تضم ترات المدرجات الفيضية السفلى، والمراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة، وبتون الأودية في القطاع الأدنى من الحوض، وتبلغ مساحتها ٣٥٧.٦ كم^٢ (٢١% من مساحة المنطقة المدروسة).

- تربة متوسطة الملوحة (من ٨ - أقل من ١٦ ديسمنز/م): تضم ترات المدرجات الفيضية الوسطى، والأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، وتبلغ مساحتها ١٥٦.٦ كم^٢ (٩.٢%).

- تربة عالية الملوحة (أكثر من ١٦ ديسمنز/م): تشمل هذه الفئة أراضي المروحة الفيضية الداخلية والمدرجات النهرية الوسطى شديدة التأثر بالتعرية، بالإضافة إلى المدرجات الفيضية العليا، وتبلغ مساحتها ٢٢٤.٦ كم^٢ (١٣.٢% من جملة المساحة).

وبناءً عليه تتسم معظم مساحة تربة المنطقة المدروسة بأنها خفيفة إلى غير ملحية، بما يجعلها صالحة لنمو النبات.



شكل (٩) : قيمة التوصيل الكهربائي ECE (درجة ملوحة التربة) بتدرية منطقة الدراسة.

المصدر: اعتماداً على بيانات جدول (٣).

د- نسبة المادة العضوية بالتربة:

تعرف المادة العضوية بأنها كل مادة ذات منشأ نباتي أو حيواني، وتعرف بالبدال وهي التي تكسب التربة اللون الأسود، وللمادة العضوية دور مهم في تحسين الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة، حيث تمثل مصدرًا رئيسيًا للعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات، كما أن لها دور منظم في حموضة التربة وتعمل على زيادة السعة التبادلية للكاتيونات، كما ترفع من قدرة التربة على حفظ الماء وتحسين بنائها، وتعمل على زيادة ربط وتماسك حبيبات التربة (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٦٧). ويلاحظ من جدول (٣) وشكل (١٠) أن نسبة المادة العضوية تتفاوت في قطاعات التربة بالمنطقة المدروسة، وتتسم بالانخفاض بشكل عام، ويمكن تقسيم نسب المادة العضوية إلى ثلاث فئات، وهي:

- من ٠.٤ - أقل من ٠.٦%: توجد في وحدة بطون الأودية الموجودة في صخور الحجر الرملي والطباشيري، وفي وحدة البلايا، وتبلغ مساحتهما ٥٧٩ كم^٢ (٣٤.١%)، وتعتقد الدراسة أن ارتفاع نسبة المادة العضوية في وحدة بطون الأودية يرجع إلى الجريانات السيلية التي جلبت رواسب مرتفعة في المادة العضوية من الصخور الطباشيرية، أما ارتفاع نسبتها في البلايا فمن المحتمل أنها ناتجة عن موت وتحلل النباتات الطبيعية التي تنمو بها عقب سقوط الأمطار.
- من ٠.٢ - أقل من ٠.٤%: تسود في وحدات بطون الأودية بالقطاع الأعلى من الحوض، وفي أراضي المروحة الفيضية الداخلية، وفي المدرجات الفيضية العليا، والأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، وتمثل هذه الفئة ٣٠.٦% من مساحة المنطقة المدروسة.
- من ٠.٠٩ - أقل من ٠.٢%: توجد في أراضي المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة، والمدرجات الفيضية السفلى والوسطى والعليا شديدة التأثر بالتعرية، بالإضافة إلى بطون الأودية في القطاع الأدنى من الحوض، وتمثل ٣٥.٣% من مساحة المنطقة المدروسة.

هـ- التبادل الأيوني (الأنيونات والكاتيونات الذائبة):

المقصود بالتبادل الأيوني هو تبادل الكاتيونات أو الأنيونات التي تحملها الحبيبة الغروية على سطحها مع كاتيونات أو أنيونات المحلول الأرضي، وتعد تفاعلات التبادل الأيوني من أكثر التفاعلات التي تحدث في التربة، خاصة فيما يتعلق بتغذية النبات، فغذاء النبات عبارة عن مجموعة من العناصر الكيميائية في صورة أيونية، والأنيونات إما موجبة نتيجة لفقد العنصر إلكترونًا واحدًا أو أكثر، وإما سالبة نتيجة لاكتساب العنصر إلكترونًا واحدًا أو أكثر (جنيدى، ٢٠٠٦، ص ١٦٧-١٧٠).

ويتضح من جدول (٣) أن هناك سيادة لكاتيونى الصوديوم والكالسيوم على حساب كاتيونى الماغنسيوم والبوتاسيوم وذلك بجميع قطاعات التربة المدروسة، كما تبين وجود قيماً شاذة جداً في القطاع الخاص بوحدة المدرجات الفيضية العليا قليلة التأثير بالتعرية؛ حيث سجلت القطاعات المدروسة متوسط ٧٥.٢٨ و ٦٦.٣٧ ملليمكافى/لتر لكل من الكالسيوم والصوديوم على التوالي، في حين سجل هذا القطاع ٤٧٩.٨٤ و ٣٢٤٤.٤٤ ملليمكافى/لتر للكالسيوم والصوديوم على التوالي وهي أرقام مرتفعة جدا وتضر بخصائص التربة.

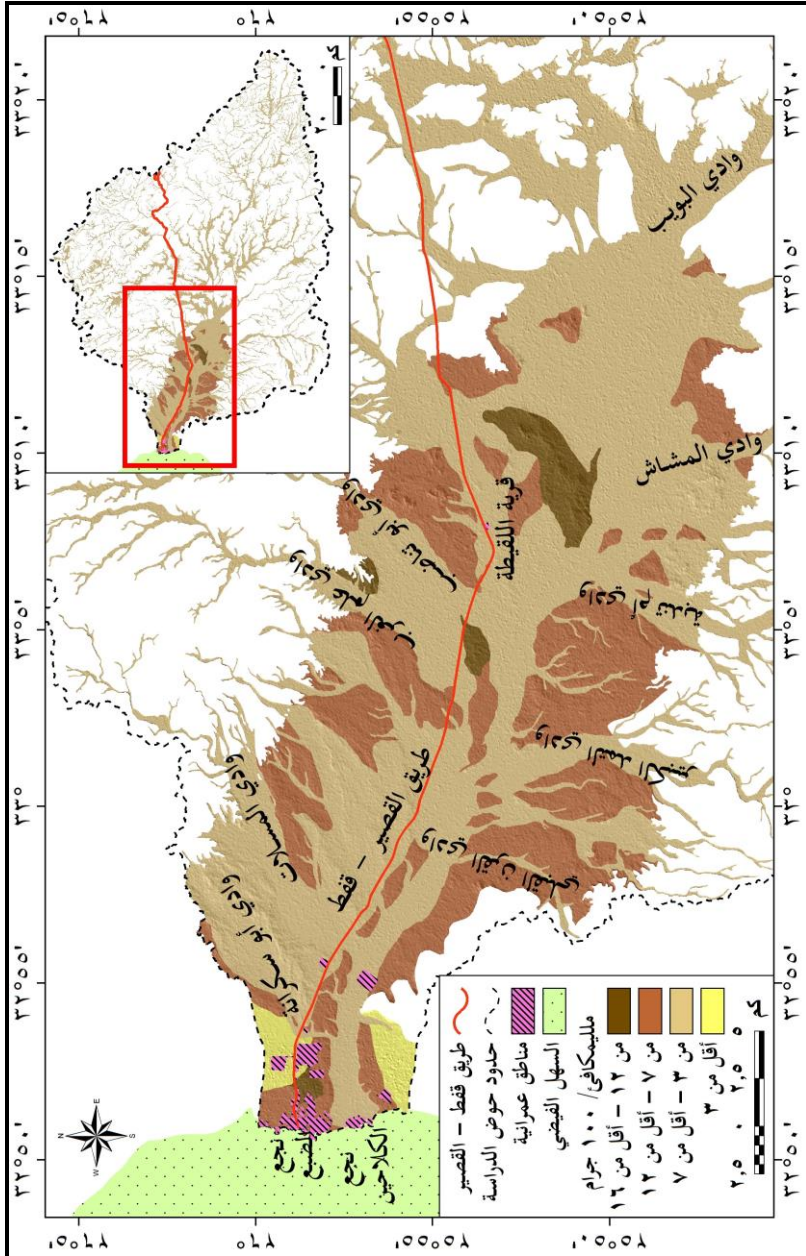
أما الأنيونات فتبين أيضاً سيادة أنيون الكلوريد والكبريتات على حساب البيكربونات، واختفت تماماً أنيونات الكربونات، وذلك لسرعة تحولها إلى بيكربونات في المحلول الأرضي، ويسود ذلك في جميع القطاعات، كما سجل القطاع الخاص بوحدة المدرجات الفيضية العليا أرقاماً شاذة أيضاً في الأنيونات، ففي حين سجلت جميع القطاعات متوسطات ١١٨.٧ و ٢٥.٨ ملليمكافى/لتر لكل من الكلوريدات والكبريتات على التوالي سجل هذا القطاع أرقاماً كبيرة للغاية بلغت ٢٦١٧.٣ و ١١٥٤.٣ ملليمكافى/لتر لكل من الكلوريدات والكبريتات على التوالي، وهو ما يفسر الارتفاع الكبير لقيم الملحوظة في هذا القطاع، مما يؤثر تأثيراً سلبياً على التربة وإمكانية زراعتها.

و- السعة التبادلية الكاتيونية CEC:

تعد سعة التبادل الكاتيونى من الخصائص بالغة الأهمية في التربة، وهي عبارة عن مقياس يوضح قدرة حبيبات الطين والغرويات العضوية على إمتصاص الأيونات ذات الشحنة الموجبة (الكاتيونات) واستخلاصها من المحاليل، وتتوقف سعة التبادل الكاتيونى على محتوى التربة من الطين والمواد العضوية من حيث الكم والنوع، فزيادة محتوى التربة من الطين يؤدي إلى زيادة المساحة السطحية لحبيبات التربة، ويجعلها قادرة على امتصاص كمية أكبر من الماء والكاتيونات (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٧٤)، وبالتالي فإنه كلما زادت قيمة السعة التبادلية الكاتيونية كلما زادت جودة التربة وتبعاً لذلك أصبحت قدرتها الإنتاجية أفضل. ويتبين من جدول (٣) والشكلين (٦ و ١١) وجود علاقة وثيقة بين نسيج التربة وقيمة السعة التبادلية الكاتيونية، فكلما زاد محتوى التربة من الطين زادت سعته التبادلية والعكس، ونتيجة لهذه العلاقة يلاحظ ما يلي:

- ارتبطت أقل سعة تبادلية كاتيونية بالتربة الرملية (٢.٩٦ ملليمكافى/١٠٠جم)، وتوجد في وحدة المرواح والسهول الفيضية الحديثة، ولا تشغل سوى مساحة محدودة (٠.٨٤%).
- بلغ متوسط السعة التبادلية الكاتيونية في التربة الرملية الطميية ٥.٢١ ملليمكافى/١٠٠جم، وذلك في المدرجات الفيضية السفلى والمدرجات الفيضية العليا الشديدة التأثير بالتعرية، وأيضاً

في بطون الأودية الموجودة في الصخور الرسوبية وذلك بالقطاعين الأوسط والأدنى للحوض، وتمثل هذه المناطق مجتمعة ٦٣.٥% من جملة مساحة المنطقة المدروسة.



شكل (١١) : التوزيع المكاني لسعة التبادلية الكاتيونية في تربة منطقة الدراسة.

المصدر: اعتمادًا على بيانات جدول (٣).

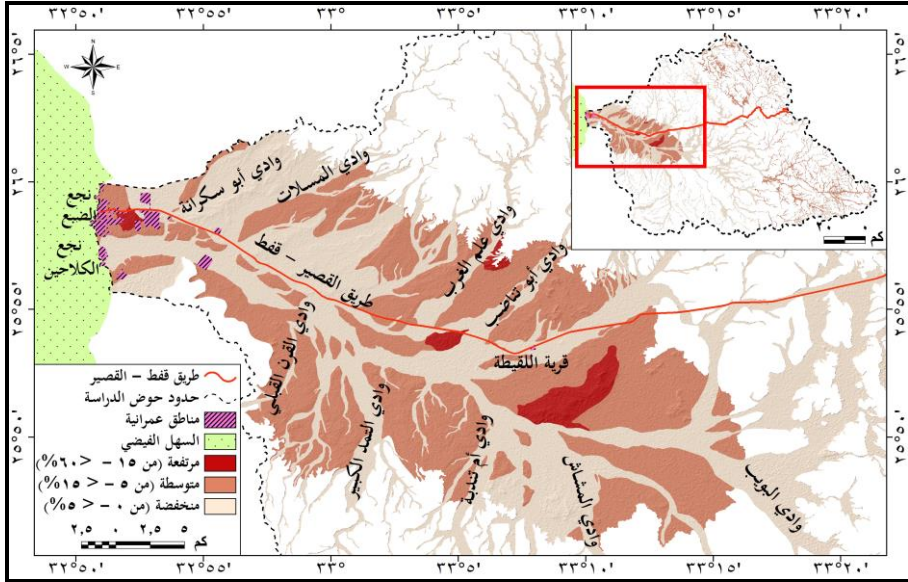
- ارتفع متوسط السعة التبادلية الكاتيونية إلى ٨.٦ ملليمكافئ/١٠٠جم في التربة الطميية الرملية (٣٤.٢% من جملة المساحة)، وذلك في مناطق بطون الأودية بالقطاع الأعلى، وفي المدرجات الفيضية المتوسطة، وفي تربة الأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، وفي تربة البلايا.
- سجلت أعلى سعة تبادلية كاتيونية بالتربة الطميية الطينية الرملية، وبلغت ١٣.٤١ ملليمكافئ/١٠٠جم، وذلك بالمدرجات الفيضية العليا قليلة التأثير بالتعرية، وتبلغ مساحتها ١.٣٢% من جملة مساحة المنطقة المدروسة.

ز- الجبس:

يوجد الجبس في التربة على شكل بلورات ذات لون أبيض صدفي تأخذ شكل حبات أو خيوط (راقات)، والجبس بشكل عام لا يؤثر تأثيرًا ضارًا على التربة إلا إذا ارتفعت نسبته على حد معين، فوجود الجبس بكميات قليلة يعطي التربة صفات فيزيائية جيدة، ولا يؤثر على نمو النبات، كما أنه يمثل مصدرًا مهمًا لأيونات الكالسيوم التي لها أثر في تحسين خصائص التربة، بينما يؤثر ارتفاعه تأثيرًا سلبيًا على التربة؛ حيث يفقدها الماء ولا يستفيد النبات إلا بجزء بسيط منها، فضلاً عن الانهيارات التي تحدث للطبقات الجبسية مما يؤدي إلى حركة الماء لأسفل وحدوث أضرار بالأراضي الزراعية (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٧٧-٢٧٨). وطبقًا لتصنيف منظمة الفاو (FAO, 2006, p. 39) وتبعًا لجدول (٣) يمكن تقسيم تربة المنطقة المدروسة تبعًا لنسبة الجبس إلى ثلاث فئات (شكل ١٢)، وهي:

- تربة منخفضة في نسبة الجبس (أكبر من صفر- أقل من ٥%) : تشمل تربة بطون الأودية بالقطاعين الأوسط والأدنى بالحوض، وتربة المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة، وتربة المدرجات الفيضية العليا شديدة التأثير بالتعرية. وتعد هذه الفئة هي الأكثر شيوعًا في المنطقة؛ حيث تشغل مساحة ٩٦٠ كم^٢ (٥٦.٦% من جملة مساحة المنطقة المدروسة).
- تربة متوسطة في نسبة الجبس (من ٥- أقل من ١٥%) : تمثل ٤٢% من جملة مساحة المنطقة المدروسة، وتوجد في تربة بطون الأودية بالقطاع الأعلى، وفي المدرجات الفيضية السفلى والوسطى، وفي أراضي المروحة الفيضية الداخلية، وفي الأراضي متوسطة إلى شديدة التشقق، بالإضافة إلى تربة البلايا.

- تربة مرتفعة في نسبة الجبس (من ١٥ - أقل من ٦٠%) : تمثل ١.٣% من جملة مساحة المنطقة المدروسة، ويقتصر وجودها على تربة المدرجات النهرية العليا قليلة التأثير بالتعرية.



شكل (١٢) : التوزيع المكاني لنسبة الجبس في تربة منطقة الدراسة.

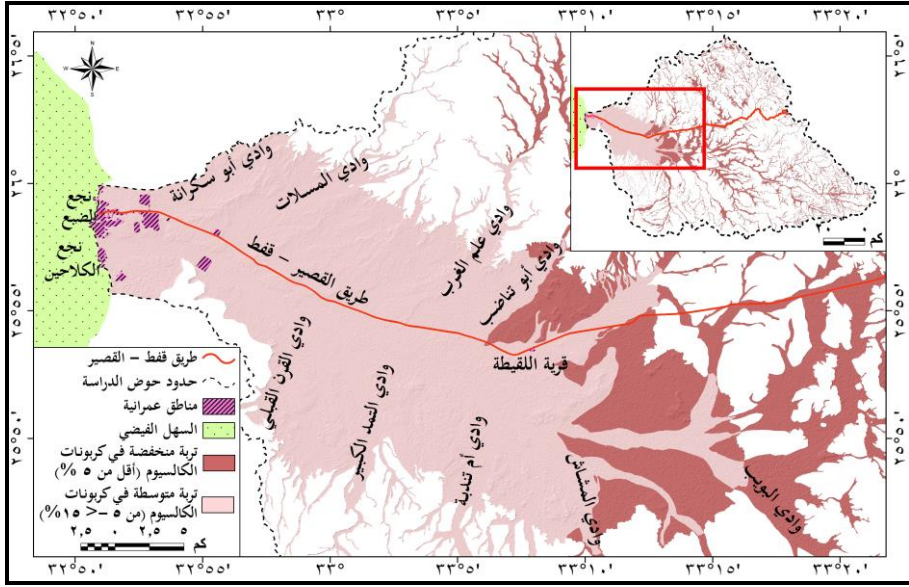
المصدر: اعتمادًا على بيانات جدول (٣).

ح- كربونات الكالسيوم:

تمثل كربونات الكالسيوم عنصراً مهماً في التركيب الكيميائي للتربة، وذلك لأنها تعمل كمادة لاحمة لحبيبات التربة ووحداتها البنائية، كما أن لها علاقة طردية مع قيمة الأس الهيدروجيني pH في التربة؛ وتؤدي زيادة نسبة كربونات الكالسيوم إلى ارتفاع معدلات القلوية داخل التربة؛ مما يؤثر على جدارتها الإنتاجية (عطية، ٢٠١٣، ص ١١). وتعد كربونات الكالسيوم سامة للنبات إذا زاد تركيزها وتجمعت في هيئة طبقة كثيفة في داخل التربة؛ لأنها تعوق حركة الماء مسببة مشاكل في الري. كما أنها إذا تجمعت على السطح مباشرة تكوّن طبقة صلبة تعوق انبات البذور ونمو النباتات، وتؤدي زيادة نسبتها إلى التشقق العميق للتربة عند الري، مما يؤدي إلى تقطع جذور النباتات وخاصة في مرحلة الإنبات، كما أنها لا تحتفظ بالماء؛ ولذلك تحتاج إلى الري على فترات متقاربة (شهبان، ٢٠١٠، ص ٨٥). وطبقاً لتصنيف قاعدة بيانات التربة العالمية (Nachtergaele, et al., 2012, p. 18) تقع تريات المنطقة في فئتين (شكل ١٣)، وهما:

- تريات منخفضة في نسبة كربونات الكالسيوم (من ٢- أقل من ٥%)؛ وهي تمثل ٦٠.٩% من جملة مساحة المنطقة المدروسة، وتتمثل في تريات بطون الأودية في القطعين الأعلى والأوسط، وفي تربة المروحة الفيضية الداخلية، وفي تربة الأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق.

- تربة متوسطة في نسبة كربونات الكالسيوم (من ٥ - أقل من ١٥%) : تمثل ٣٩.١% من جملة المساحة، وتتمثل في تربة المدرجات الفيضية وبتون الأودية في القطاع الأدنى، والمراح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة، بالإضافة إلى تربة البلايا.



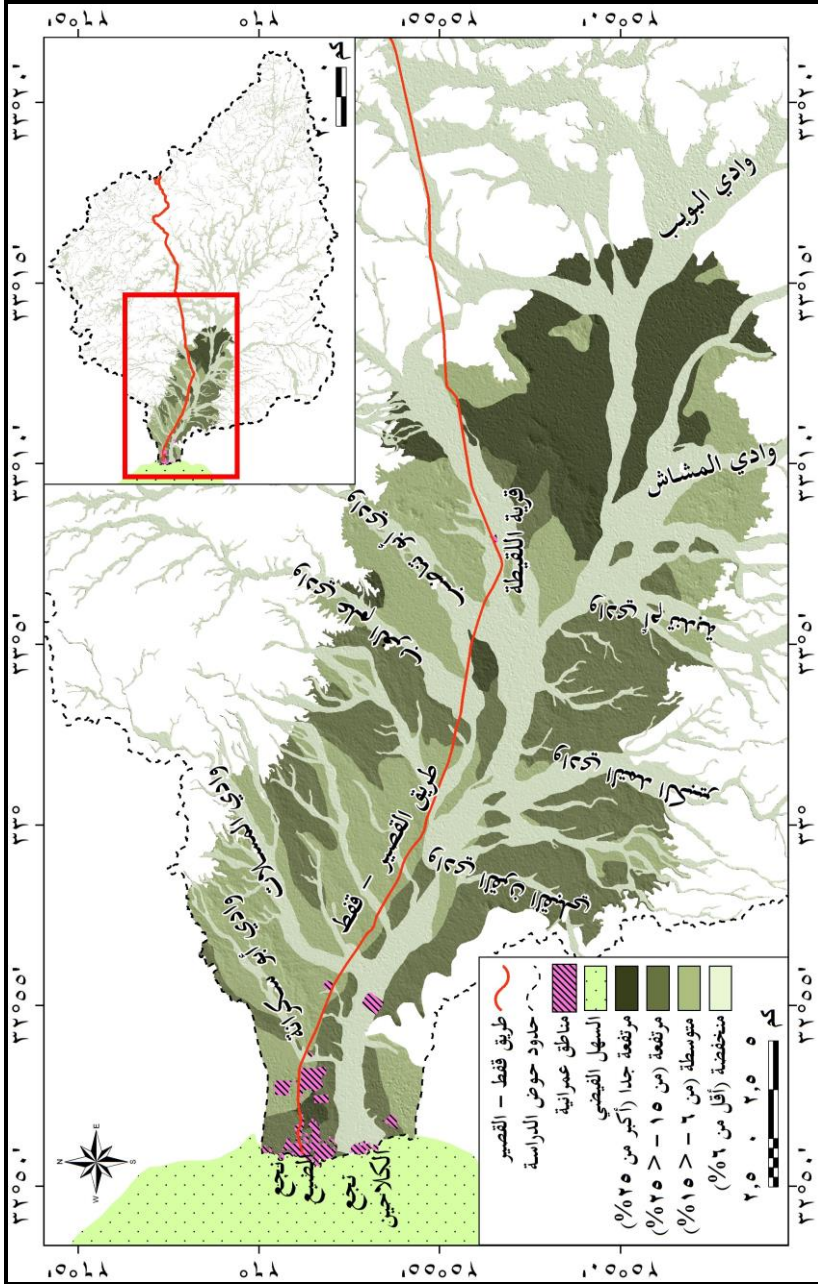
شكل (١٣) : التوزيع المكاني لنسبة كربونات الكالسيوم في تربة منطقة الدراسة.

المصدر: اعتمادًا على بيانات جدول (٣).

ط- النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP):

تستخدم هذه النسبة للتعبير عن درجة قلوية التربة؛ حيث تؤدي ملوحة التربة من جهة وقلوية التربة من جهة أخرى إلى إكساب التربة خواص غير مرغوب فيها، وبالتالي ظهور مشكلات في التربة عند الزراعة. وبشكل عام كلما ارتفعت النسبة على ١٥% تبدأ خواص التربة في التدهور التدريجي (عطية وأحمد، ٢٠٠٨، ص ٣٨). وطبقًا لتصنيف قاعدة بيانات التربة العالمية (Nachtergaele, et al., 2012, p. 15) تقع تربة المنطقة في أربع فئات (شكل ١٤)، وهي:

- تربة منخفضة في نسبة الصوديوم المتبادل (أقل من ٦%) : تعد أكبر الفئات مساحة (٧٣.٥% من جملة مساحة المنطقة المدروسة)، وتوجد في تربة بتون الأودية وتربة البلايا.



شكل (١٤) : التوزيع المكاني لنسبة الصوديوم المتبادل في تربة منطقة الدراسة.

المصدر: اعتمادًا على بيانات جدول (٣).

- تربة متوسطة في نسبة الصوديوم المتبادل (من ٦ - أقل من ١٥%) ترتبط بتربة المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة، وتربة المدرجات الفيضية السفلى والعليا شديدة التأثير بالتعرية، وتربة الأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، وتمثل ١١.٢% من جملة المساحة.
- تربة مرتفعة في نسبة الصوديوم المتبادل (من ١٥-٢٥%) ترتبط بتربة المدرجات الفيضية الوسطى، وتبلغ مساحتها ٩.٥% من جملة مساحة المنطقة المدروسة.
- تربة مرتفعة جدا في نسبة الصوديوم المتبادل (أكبر من ٢٥%) توجد في ٥.٨% من جملة المساحة، وترتبط بتربة المدرجات الفيضية العليا قليلة التأثير بالتعرية، وتربة المروحة الفيضية الداخلية.

٣) المياه الجوفية في حوض الدراسة:

تعد المياه الجوفية واحدة من المقومات الأساسية للزراعة بالمنطقة، وسيتم دراستها من خلال دراسة خزانات المياه الجوفية، ومصادر الحصول على عينات المياه الجوفية، ثم دراسة نتائج التحليل الكيميائي لهذه العينات، وذلك كما يلي:

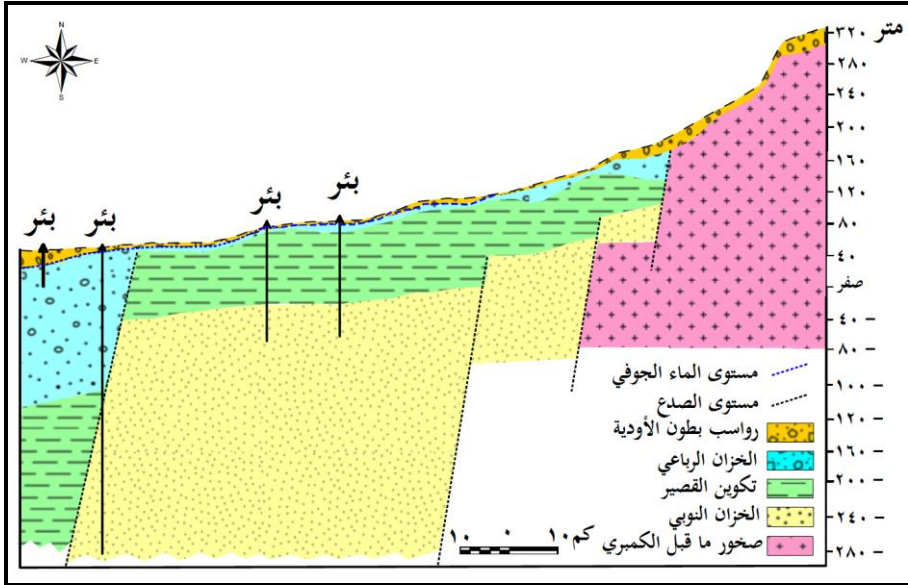
أ- أنواع خزانات المياه الجوفية في حوض الدراسة:

تتركز المياه الجوفية في الجزء الغربي من الحوض، وذلك لأنه الأكثر ملائمة لتجمع المياه الجوفية، حيث توجد صخور الحجر الرملي النوبي، ورواسب بطون الأودية وغيرها من رواسب الزمن الرابع، مما يجعل التتابع الرسوبي في الجزء الغربي أكثر سمكا عنه في الجزء الشرقي، ويتراوح السمك في الجزء الغربي بين ٢٠٠ - ١٢٠٠ م، بينما يتراوح في الجزء الشرقي بين صفر - ٢٠٠ م، ومن ثم يتسم الأخير بالضخالة. وتوجد ثلاثة خزانات رئيسية للمياه الجوفية في الحوض، وتم تحديدها من خلال دراسة (Ali, 2011, p. 103) والتي نفذ خلالها ٦٧ جسة كهربائية موزعة في شكل شبكي في المجرى الرئيسي لوادي القرن والمروحة الفيضية القديمة بمنطقة اللقيطة، وتتمثل هذه الخزانات في:

- **الخران السطحي الرباعي:** يتمثل في رواسب الزمن الرابع، ويتكون من الحصى والرمال والغرين والطين، ويوجد في طبقات غير محصورة Unconfined (شكل ١٥)، وهذا الخزان ذو إنتاجية محدودة، والمياه المستخرجة منه معتدلة الملوحة ومناسبة للأغراض الزراعية، ويتم إعادة تغذية هذا الخزان بشكل أساسي من مياه الأمطار ومن الخزان النوبي عبر الصدوع والفواصل (Ali, 2011, p. 106).

- **الخران النوبي:** يوجد في صخور الحجر الرملي النوبي، ويعد الخزان الرئيسي في الحوض، وهو ذو كفاءة إنتاجية عالية، ويمكن استخدامه في أغراض التنمية المختلفة بالحوض. ويوجد هذا الخزان في حالة محصورة Confined؛ حيث يتركز على صخور القاعدة ويوجد أعلاه طبقة من الطفل التابعة لتكوين القصير كما في شكل (١٥)، ويوجد اتصال جزئي بين هذا الخزان وخران الرباعي عبر بعض الصدوع والفواصل (Ali, 2011, p. 107).
- **خران صخور القاعدة:** يوجد في صخور القاعدة، وهذا الخزان ذو إنتاجية محدودة ويوجد في الجزء الشرقي من الحوض (Ali, 2011, p. 107).

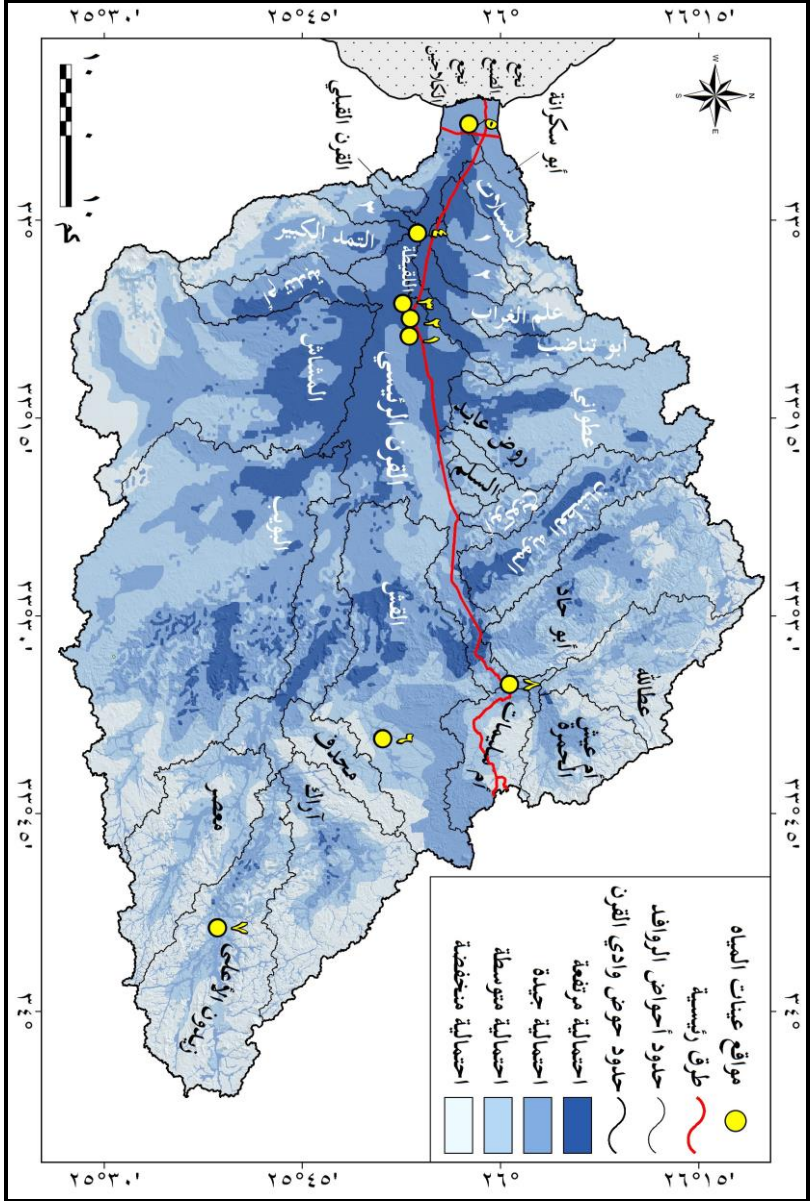
وقد عرضت دراسة (Abdalla, 2012, p. 13) لاحتمالات وجود المياه الجوفية في الحوض (شكل ١٦). وخلصت إلى أن النطاق السهلي (خاصة منطقة اللقيطة) به احتمالات مرتفعة لوجود المياه الجوفية، بينما تقل احتمالات وجودها في جبال البحر الأحمر بالجزء الشرقي للحوض، وتوجد احتمالات متوسطة وجيدة في النطاق الهضبي، وسيتم الاعتماد على نتائج هذه الدراسة في إعداد قاعدة البيانات الجغرافية التي ستستخدم في إنتاج نموذج لأولويات مناطق الاستصلاح الزراعي بالحوض، وذلك من خلال ترقيم خريطة احتمالات وجود المياه الجوفية.



شكل (١٥) : قطاع هيدروجيولوجي لخرانات المياه الجوفية

وارتباطها بالصخور والصدوع في حوض الدراسة.

Source: Ali, 2011, p. 82.



شكل (١٦) : إمكانات وجود المياه الجوفية في حوض الدراسة ومواقع عينات المياه المأخوذة ميدانياً.

Source: Abdalla, 2012, p. 13.

ب- مصادر الحصول على عينات المياه الجوفية:

يتم الحصول على المياه الجوفية في المنطقة بطريقتين: الأولى من حفر الآبار، والثانية من حفر الجمم، وقد تم خلال الدراسة الميدانية أخذ ٨ عينات للمياه الجوفية، منها ٧ عينات من بعض الآبار الموجودة في مناطق مختلفة في حوض الدراسة، وعينة واحدة من أحد الجمم الموجودة في منطقة اللقيطة (شكل ١٦)، وذلك كما يلي:

- الآبار: تم أخذ ثلاث عينات مياه من ثلاثة آبار في أودية زيدون والقش وعطاله (صورة ٥-أ) بالقطاع الأعلى للحوض، كما تم أخذ ثلاث عينات أخرى من الآبار الموجودة في مناطق الاستصلاح الزراعي بمنطقة اللقيطة بالقطاع الأدنى للحوض (صورة ٥-ب)، وأخذت عينة واحدة من أحد الآبار بالمجرى الرئيسي للحوض بالهامش الصحراوي لقرية الكلاحين.
- الجمم: جمع جميم، وهي عبارة عن حفرة يصل عمقها إلى نحو ٥ أمتار، وتتراوح مساحتها بين بضعة عشرات إلى بضعة مئات من الأمتار المربعة، وتتبقى منها المياه تلقائيًا، وذلك من خلال تسرب مياه الأمطار والسيول إلى باطن الأرض عبر بعض الشقوق والفواصل، حيث تتجمع المياه بشكل مضغوط في طبقات الأرض، وإذا تسربت هذه المياه بين طبقتين وانحصرت بينهما فلا تستطيع الصعود أو الهبوط فتتجمع، وعندما يتم حفر الجمم في هذه المنطقة يتم ثقب الطبقات الحاملة للمياه، وهنا تتبقى المياه إلى أعلى بفعل عامل الضغط، ثم تتجمع المياه في حفرة الجمم، ويرتفع منسوب المياه في الجمم بعد سقوط الأمطار، وينخفض منسوبها وقد يجف عند انعدام سقوط الأمطار، وبالتالي تنمو النباتات في بعض الجمم. ومن الجدير بالذكر أن منطقة اللقيطة بها عشرات الجمم التي يمكن مشاهدتها بوضوح ميدانيًا وفي صور Google Earth، وتحتفي تقريبًا في بقية منطقة الدراسة، وتعد الجمم بمنطقة اللقيطة مصدرًا رئيسيًا للحصول على المياه الجوفية كما في صورة (٥-ج).

ج- التحليل الكيميائي لعينات المياه الجوفية بمنطقة الدراسة:

تم تحليل جميع عينات المياه معملًا بمعهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة التابع لوزارة الزراعة واستصلاح الأراضي بالجيزة، وذلك لتحديد بعض الخصائص الكيميائية التي يجب أخذها في الاعتبار عند تقييم صلاحية المياه لري المحاصيل المختلفة، ويعرض جدول (٤) لأهم الخصائص المستخدمة في تحديد صلاحية مياه الري، ويمكن دراستها كما يلي:

* **صلاحية المياه الجوفية تبعًا لدرجة التوصيل الكهربائي:** تعبر عن درجة تركيز الأملاح الكلية الذائبة في المياه، وبالتالي فهي من أهم الصفات الكيميائية التي يجب حسابها ومعرفة درجتها في المياه؛ وذلك لأنها تحدد نوع المحصول، وفيما يلي تقسيم عينات مياه منطقة الدراسة تبعًا لصلاحيتها للري، واعتمادًا على التصنيف الوارد في دراسة (نجم، ٢٠٠٩، ص ٥٩):



صورة (٥) : أ- بئر بمصب وادي عطالله، ب- أحد الآبار بمنطقة اللقيطة
بمزرعة الحاج/ فنجري الحجازي، ج- جميم بمنطقة اللقيطة.

جدول (٤) : نتائج تحليل الخصائص الكيميائية لعينات المياه الجوفية بالمنطقة المدروسة.

RSC	SAR	الأيونات (مليغافا/ لتر)				الكاتيونات (مليغافا/ لتر)				Ece (ds/m)	المكان	م
		SO ₄	Cl	HCO ₃	CO ₃	K+	Na+	Mg++	Ca++			
١٨,١ -	٣,٨	١٧,٨	١٣,٣	٣,٥	٠	٠,٥	١٢,٥	٦,٤	١٥,٢	١	بئر باللقطة	١
٦٦,١ -	١٠,٣	٥٤,١	٧٣,٣	٢,٥	٠	٠,٩	٦٠,٤	٢٣,٧	٤٥	٤,٤	جمع باللقطة	٢
٢,٧ -	٧	١,٦	١٢,٥	٢,٣	٠	٠,٣	١١,١	١,٥	٣,٦	١,٢	بئر باللقطة	٣
٥٢,٦ -	٨,٤	٣٩,٣	٥٧,٦	١,١	٠	٠,٥	٤٣,٨	٢١,٥	٣٢,٢	٢,٢	بئر باللقطة	٤
١٧,١ -	٣,٥	٢٠,١	٨,٧	٤	٠	٠,٣	١١,٤	٩	١٢,١	١	الهامش الصحراوي	٥
١١,٥ -	٥,١	١٢,٠	١٣,٣	٢,١	٠	٠,٣	١٣,٥	٥	٨,٧	١	وادي القف	٦
٤٠,٦ -	٤,٩	٣٦,٨	٢٦,٧	٣,٣	٠	٠,١	٢٢,٨	١٧,٩	٢٦	٢	وادي زبدون	٧
١٣,٢ -	١,٦	١٣,٣	٤,٧	٢,٤	٠	٠,٢	٤,٦	٣,٩	١١,٧	٠,٤	وادي عطا الله	٨

المصدر: عينات المياه الجوفية المأخوذة أثناء الدراسة الميدانية، وتم تحليلها بمعهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي.

- مياه عالية الصلاحية جدًا (أقل من ٠.٧٥ ملليموز/سم): تصلح لري جميع أنواع المحاصيل في جميع أنواع الأراضي، وقد تم تسجيل هذه القيمة في عينة المياه المأخوذة من بئر عطالله بالقرب من تقاطعه مع طريق ققط - القصير.
 - مياه عالية الصلاحية (من ٠.٧٥ - أقل من ١.٧٥ ملليموز/سم): تصلح لري المحاصيل في الأراضي جيدة الصرف، على أن يتم استخدام كميات أكبر من المياه لغسيل التربة من الأملاح، وتتسم جميع التربات بالمنطقة المدروسة بأنها جيدة الصرف حيث أنها خشنة القوام، مما يساعد على تسرب المياه إلى أعماق بعيدة وعدم تراكمها في التربة، وقد سجلت قيم هذه الفئة في خمس عينات من العينات المأخوذة، وهو ما يمثل ٦٢.٥% من جملة عدد العينات، وكان من ضمنها عينتين بالقطاع الأعلى، ولا تقوم عليها أي زراعات صورة (٥-أ)، أما العينات الثلاث الأخرى فقد أخذت من آبار بالقطاع الأدنى بمنطقة اللقيطة وبالهامش الصحراوي لقرية الكلاحين، وقد تبين من الدراسة الميدانية أن مياه هذه الآبار تستخدم في الري كما في صورة (٥-ب).
 - مياه متوسطة الصلاحية (من ١.٧٥ - أقل من ٣ ملليموز/سم): تصلح لري الأراضي جيدة الصرف وزراعة محاصيل تتحمل الملوحة، على أن يتم زيادة معدل مياه الري لغسيل التربة من الأملاح، وقد تم تسجيل قيم هذه الفئة في عينة واحدة أخذت بالقطاع الأدنى من الحوض من بئر موجود في مزرعة صلاح زكي بمنطقة اللقيطة، وقد لوحظ من الدراسة الميدانية أن هذه المياه تستخدم في زراعة أشجار النخيل، والتي لها قدرة على تحمل الملوحة العالية كما في صورة (٦).
 - مياه صالحة لمحاصيل محددة (من ٣ - أقل من ٥ ملليموز/سم): تستخدم لري الأراضي جيدة الصرف مع زراعة محاصيل شديدة المقاومة للملوحة، وتشمل هذه الفئة عينة واحدة تم أخذها من جميم للمياه بمنطقة اللقيطة، والسبب الرئيسي في ارتفاع الملوحة بالجميم هو انكشاف المياه وتعرضها للتبخر باستمرار مما يؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح بها.
- * تحديد صلاحية المياه تبعاً لنسبة الإدمصاصية للصوديوم Sodium Adsorption Ratio (SAR): تعد النسبة الإدمصاصية للصوديوم إحدى الطرق المستخدمة لتحديد درجة صلاحية المياه للري، وذلك من خلال تحديد العلاقات الكمية بين الأيونات الدائبة والدمصمة، والتي تساعد على التنبؤ بما يمكن أن يحدثه الصوديوم المدمص في التربة نتيجة استعمال مياه ذات صفات معينة، وهذه النسبة تحدد مقدار امتصاص أيون الصوديوم في التربة وتبين مقدار الضرر الناتج عنه في مياه الري، وتحسب من تطبيق المعادلة التالية (Richard, 1954, p. 72):

$$SAR = Na^+ / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}$$

حيث أن: Na^+ = كاتيون الصوديوم الذائب، و Ca^{++} = كاتيون الكالسيوم الذائب، و Mg^{++} = كاتيون المغنسيوم الذائب.



صورة (٦) : تملح التربة بمزرعة صلاح زكي بالقطاع الأدنى من الحوض، بسبب ارتفاع الملوحة في مياه الري (٢٠١٩٨ مليموز/سم) (ناظرا صوب الجنوب الغربي)

ومن جدول (٤) يمكن وضع المياه الجوفية بالمنطقة تبعًا للنسبة الامصاصية للصوديوم

في فئتين، هما:

- مياه منخفضة في نسبة الصوديوم المدمص (من صفر - أقل من ١٠): يمكن استخدامها للري في معظم الأراضي دون احتمال حدوث تدهور، لكن يخشى من استعمالها في الحدود العليا من حدوث ضرر لبعض المحاصيل الحساسة جدًا للصوديوم المدمص مثل الفواكه ذات النواة الحجرية (Wilcox, 1955, p. 10)، وقد تم تسجيل هذه الفئة في العينات السبع المأخوذة من الآبار، مما يعد مؤشرًا جيدًا على صلاحية المياه للاستصلاح الزراعي.
- مياه متوسطة في نسبة الصوديوم المدمص (من ١٠ - أقل من ١٨): وهذه المياه من المحتمل أن تسبب خطورة في الأراضي ذات النسيج الناعم، بينما يمكن استخدامها في الأراضي خشنة القوام ذات النفاذية العالية (Richard, 1954, p. 81)، ويسود هذا النمط بتريبات المنطقة المدروسة، وبالتالي يمكن استخدام هذه المياه في الري، وتم تسجيل هذه الفئة في عينة الجميم الموجود بمنطقة اللقيطة ضمن حدود مناطق الاستصلاح الزراعي التابعة لكلية الزراعة بجامعة قنا.

* **تحديد صلاحية المياه تبعًا لتركيز كربونات الصوديوم المتبقية Residual Sodium Carbonate (RSC):** يقصد بها مقدار الكربونات والبيكربونات الذائبة في الماء مطروحًا منه مجموع تركيز كل من الكالسيوم والماغنسيوم الذائب في الماء، وعندما يزداد تركيز الكربونات والبيكربونات عن تركيز الكالسيوم والماغنسيوم في الماء، فإنها تتسبب في صورة كربونات كالسيوم وماغنسيوم نتيجة لتبخر المياه من التربة والباقي من الكربونات والبيكربونات يكون في صورة كربونات صوديوم ذات التأثير الضار على النبات والمسئولة جزئيًا عن تحول الأرض إلى القلوية (نجم، ٢٠٠٩، ص ٦٧)؛ حيث تتكون صفائح ملحية متماسكة تستقر في التربة وتؤدي إلى زيادة نسبة الصوديوم المدمص (الوكيل، ٢٠١٣، ص ١٠). وقد تم حساب تركيز كربونات الصوديوم المتبقية من خلال تطبيق المعادلة التالية:

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \text{ meq / L} \quad (\text{Wilcox, 1955, p. 5})$$

وإذا كانت قيمة الناتج أقل من ١.٢٥ يصبح الماء آمنًا ويمكن استخدامه في الري دون حدوث أية مشاكل، وإذا كانت القيمة من ١.٢٥ - أقل من ٢.٥ يصبح الماء محدود الصلاحية، بينما إذا كانت القيمة أكثر من ٢.٥ يعتبر الماء غير صالح تمامًا في عمليات الري (Richard, 1954, pp. 81-82). وقد سجلت جميع عينات الدراسة قيمة أقل من ١.٢٥، مما يجعل المياه آمنة وصالحة للاستخدام في الري دون حدوث أية مشاكل بالتربة.

خامساً - إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لبناء نموذج رقمي لتحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية في الحوض :

يعتمد إنشاء هذه القاعدة على أربعة عناصر رئيسية: الأول: الخصائص الميكانيكية والكيميائية للتربة، والثاني: احتمالات وجود المياه الجوفية، والثالث: فئات درجات الانحدار التي تم حسابها آلياً من نموذج الارتفاع الرقمي PALSAR، والرابع: مدى القرب أو البعد عن وادي النيل، واشتملت قاعدة البيانات على ١٤ متغيراً ولكل متغير طبقة مساحية اتجاهية Polygon Vector Layers كما في جدول (٥)، وذلك تبعاً للخطوات التالية:

أ- **تصنيف الطبقات وإعطاء الأوزان النسبية Scale Value لكل فئة من فئات المتغيرات:** حيث تم تصنيف Reclassify كل طبقة من الطبقات المدخلة في النموذج، ثم تحويلها من طبقة مساحية اتجاهية إلى طبقة شبكية Raster بدقة مكانية ٣٠ م. وتحتوي كل طبقة على فئات توضح الأوزان النسبية المختلفة لها، وذلك تبعاً لأفضليتها للاستصلاح الزراعي، فعلى سبيل المثال تتسبب الملوحة المرتفعة في انخفاض القدرة الإنتاجية للتربة والعكس صحيح، ولذلك تم إعطاء وزناً نسبياً منخفضاً للملوحة المرتفعة، بينما تم إعطاء وزناً نسبياً مرتفعاً للملوحة المنخفضة، وذلك حتى يقوم النموذج بوضع التربة الأقل ملوحة في فئة التربة ذات الأولوية الأولى للتنمية الزراعية، وقد تم تنفيذ هذه الخطوات في جميع طبقات النموذج.

جدول (٥) : المتغيرات المستخدمة في إعداد النموذج وتصنيف الطبقات والأوزان النسبية والتطابق الموزون لكل متغير .

التطابق الموزون لكل متغير (%)	تصنيف الطبقات (المتغيرات) وإعطاء الأوزان النسبية Scale Value لكل فئة من فئات المتغيرات					المتغيرات	م
	٥	٤	٣	٢	١		
٥	(١٠٠ - ١٥٠ سم)	(٨٠ - ١٠٠ سم)	(٥٠ - ٨٠ سم)	-	-	سمك قطاع التربة	١
٤	-	طينية طينية رملية	طينية رملية	رملية طينية	رملية	نسج التربة	٢
٤	-	(٣٧,٥ أقل - ٣٣)	(٢٨,٥ - ٣٣)	(٢٤ - ٢٨,٥)	(١٩,٥ - ٢٤)	درجة حرارة سطح التربة	٣
٤	-	-	(٠,٦ - ٠,٤)	(٠,٢ - ٠,٤)	(٠,٢ - ٠,٠٩)	نسبة المادة العضوية	٤
٤	-	(٣٠ فأكثر)	(٣٠ أقل - ٢٦)	(٢٦ - ٢٢)	(٢٢ أقل)	نسبة تشبع التربة بالمياه (SP%)	٥
١٥	(٠ - ٧)	(٢ - ٤)	(٤ - ٨)	(٨ - ١٦)	(١٦ أكثر)	قيمة التوصيل الكهربي ECE	٦
٤	(٧,٤ أقل - ٦,٦)	(٧,٩ أقل - ٧,٤)	(٨,٤ أقل - ٧,٩)	-	-	درجة الأس الهيدروجيني pH	٧
٤	-	(أكثر ١٢)	(١٢ أقل - ٧)	(٧ أقل - ٣)	(٣ أقل)	السعة التبادلية الكاتيونية CEC	٨
٤	-	(٥ أقل - ٠)	(١٥ أقل - ٥)	(١٥ أقل - ١٥)	-	الجبس	٩
٤	-	(٥ أقل - ٢)	(١٥ أقل - ٥)	-	-	كربونات الكالسيوم	١٠
١٠	-	(٦ أقل - ٠)	(١٥ أقل - ٦)	(٢٥ أقل - ١٥)	(أكثر ٢٥)	نسبة الصوديوم المتبادل	١١
٢٠	-	مرتفع	جيد	متوسط	منخفض	احتمالات وجود المياه الجوفية	١٢
٣	(٢ أقل - ٠)	(٥ أقل - ٢)	(١٠ أقل - ٥)	(١٨ أقل - ١٠)	(٣٠ أقل - ١٨)	فئات الانحدار	١٣
١٥	-	-	-	-	-	القرب من وادي النيل	١٤

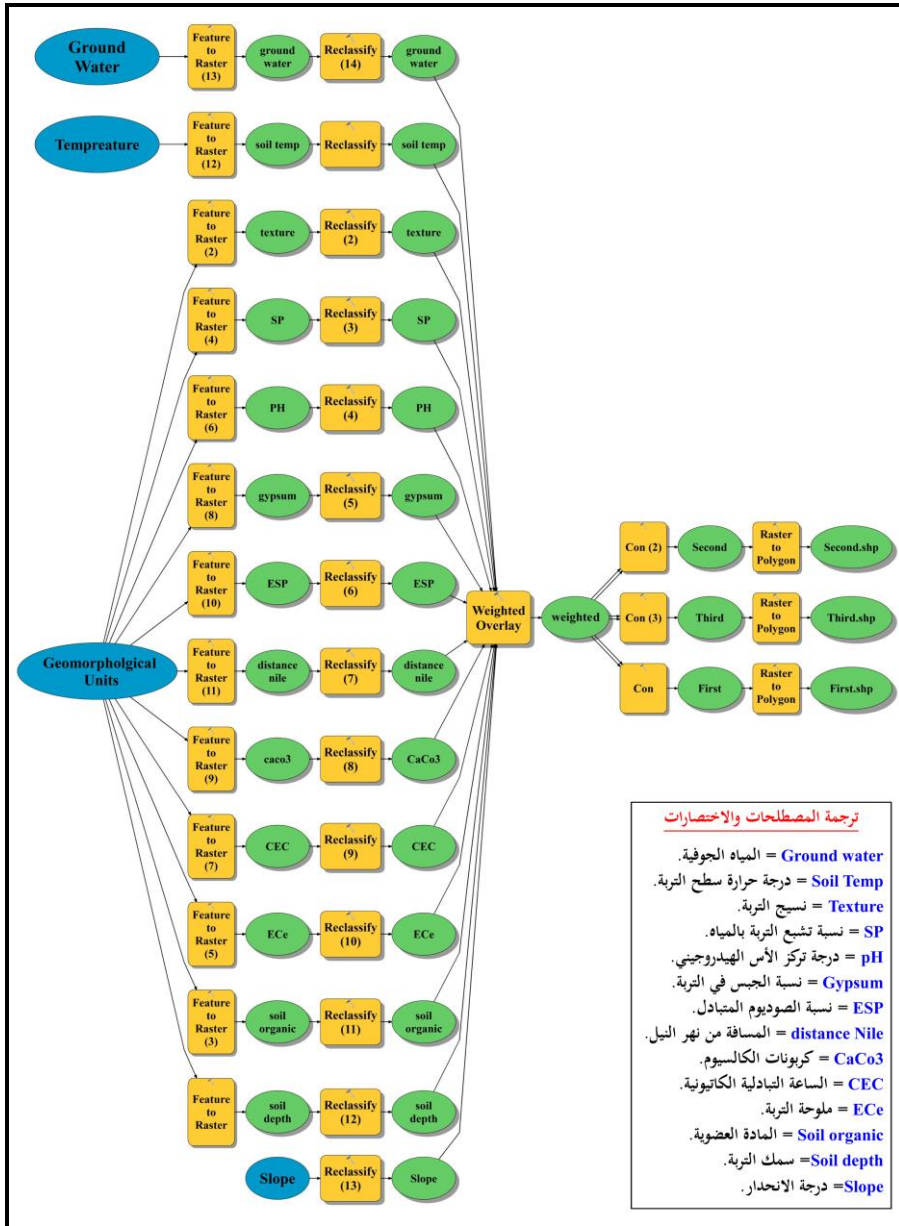
المصدر: اعتمادا على نتائج التحليل الميكانيكي والكيميائي لقطاعات التربة المدروسة، وطبقة احتمالات وجود المياه الجوفية من دراسة (I3, Abdalla, 2012, p. 13) ونموذج الارتفاع الرقمي PALSAR لصاب درجة الانحدار، والمرئيات الفضائية Landsat-8 لاستخلاص درجة حرارة سطح التربة.

ب- حساب التوافق الموزون Weighted overlay لكل متغير (%): تعد هذه المرحلة على درجة كبيرة من الأهمية ولها تأثير كبير على دقة النتائج المستخرجة، ويتم فيها إبراز المتغيرات الأكثر أهمية والأعلى تأثيرًا على التربة، وذلك من خلال إعطائها وزنًا نسبيًا أعلى عن بقية المتغيرات، بشرط أن لا يتعدى مجموع أوزان المتغيرات الثلاثة عشر على ١٠٠%، ويعرض جدول (٥) الأوزان النسبية لكل المتغيرات الداخلة في تصميم النموذج.

ج- نتائج تطبيق النموذج: يعرض شكل (١٧) لخطوات تطبيق النموذج بطريقة آلية على برنامج Arc GIS 10.3، ويعرض شكل (١٨) نتائج تطبيق النموذج، ومنه يلاحظ أن هناك ثلاث أولويات للاستصلاح الزراعي بالمنطقة المدروسة، وهي:

١- المناطق ذات الأولوية الأولى للتنمية الزراعية: تضم تربة البلايا وبطون الأودية في القطاعين الأيمن والأوسط، وتتفق هذه الفئة مع مناطق الاستصلاح الزراعي الموجودة حاليًا في الحوض، والتي تم رصدها خلال الدراسة الميدانية، وقراءة الصور العالية الدقة المكانية في برنامج Google Earth. وتتسم تربة هذه الوحدات الجيومورفولوجية بتسجيل أعلى احتمالية لوجود المياه الجوفية، كما تتسم تربتها بانعدام الملوحة أو انخفاض نسبتها، وانخفاض نسبة الصوديوم المتبادل، كما تتسم بأنها تربة متعادلة أو خفيفة القلوية، ويوجد بها أعلى نسب للمادة العضوية بالحوض، ويتسم نسيج تربتها بأنه طمي رملي ورملي طمي، كما تتسم نسب الجبس وكربونات الكالسيوم بأنها منخفضة أو متوسطة، وكل هذه الخصائص الجيدة أعطتها أولوية أولى. يضاف إلى ذلك قربها من وادي النيل والمراكز العمرانية، وبالتالي إمكانية الوصول إليها، وجلب الأيدي العاملة، وتسويق المنتجات. وتمثل هذه المناطق ٥١.٢% من جملة مساحة المنطقة المدروسة أي ٢٠٦٥٧٠ فدانًا، وهي مساحة كبيرة جدًا وسوف تمثل إضافة كبيرة للخريطة الزراعية لمحافظة قنا.

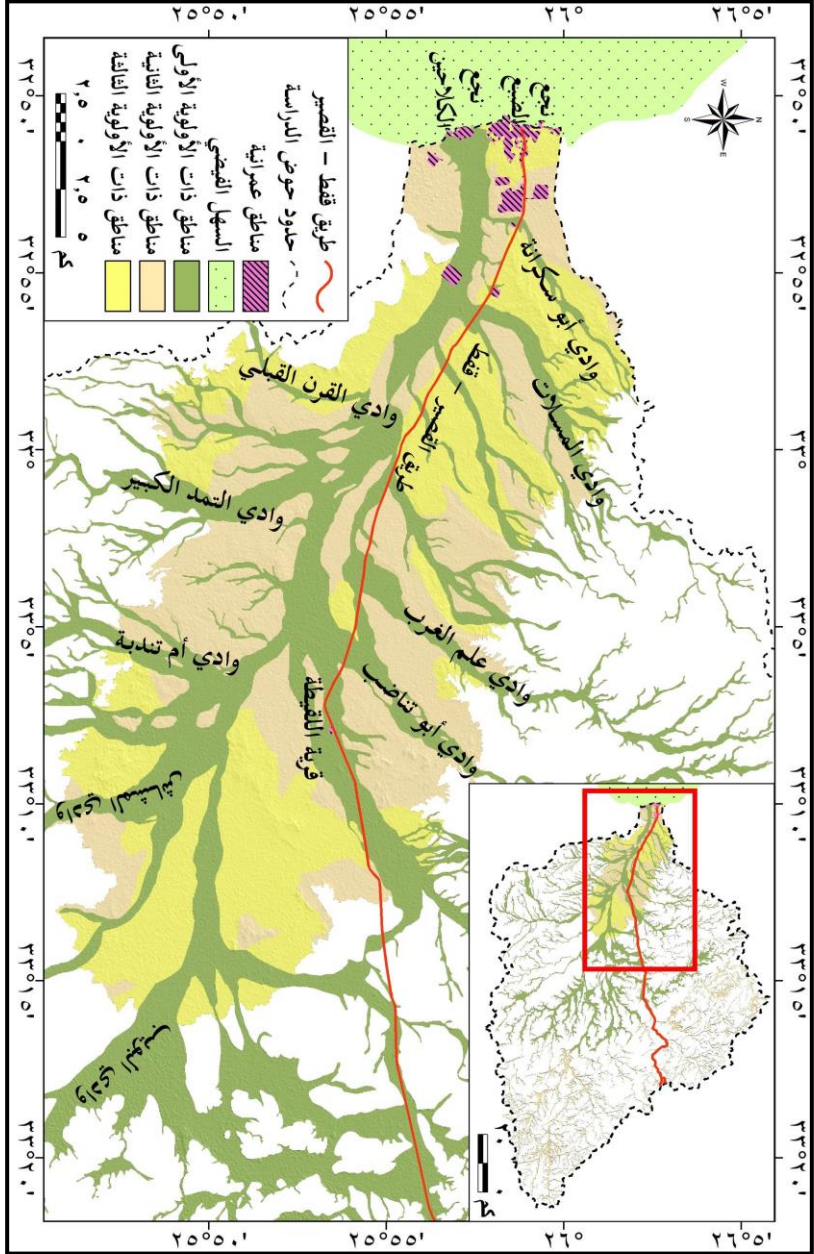
٢- المناطق ذات الأولوية الثانية للتنمية الزراعية: تضم هذه الفئة تربة بطون الأودية في القطاع الأعلى، وكذلك تربة المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة، وتربة المدرجات الفيضية السفلى والوسطى، والجدير بالذكر أن خصائص التربة في القطاع الأعلى سجلت خصائصًا جيدة تقريبًا في كل المتغيرات المدروسة، ولكن وضعها النموذج في مناطق الأولوية الثانية وذلك لبعدها عن وادي النيل بشكل يصعب معه استغلالها، بالإضافة إلى وجود احتمالية مياه جوفية منخفضة إلى جيدة الخصائص، أما بقية المناطق الموجودة في هذه الفئة فعلى الرغم من قربها لوادي النيل وتسجيلها احتمالية وجود مياه جوفية متوسطة إلى مرتفعة إلا أن بعض خصائص تربتها جعلتها تأتي في الأولوية الثانية؛ فبالنسبة للملوحة تتسم بأنها منخفضة أو متوسطة، أما عن نسبة الصوديوم المتبادل فهي متوسطة أو مرتفعة، كما أنها متوسطة في نسبة كربونات الكالسيوم، ومنخفضة في نسبة المادة العضوية، وتتسم تربتها بقوام رملي وطيني رملي ورملي طمي، بالإضافة إلى أن تربتها متعادلة أو خفيفة القلوية. وتمثل هذه الفئة ٣٥.٥% من جملة مساحة المنطقة أي ١٤٣٤٠٥ فدان.



شكل (١٧) : خطوات تصميم نموذج لتحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية

بالمناطق المدروسة بالحوض.

المصدر: اعتماداً على تطبيق النموذج الرقمي لتحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية بالمنطقة المدروسة باستخدام برنامج Arc GIS 10.3.



شكل (١٨) : التوزيع الجغرافي لأولويات الاستصلاح الزراعي بمنطقة الدراسة.

المصدر : اعتمادًا على تطبيق نموذج تحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية بمنطقة الدراسة بالحوض والموضح في شكل (١٧) وجدول (٥).

٣- **المناطق ذات الأولوية الثالثة للتنمية الزراعية:** تضم هذه المناطق تريات أراضي المروحة الفيضية الداخلية والمدرجات الفيضية الوسطى شديدة التأثر بالتعرية، والمدرجات الفيضية العليا، وعلى الرغم من وجود احتمالية مياه جوفية متوسطة إلى مرتفعة في هذه المناطق إلا أن ارتفاع الملوحة الشديد بتربتها، وكذلك وارتفاع نسبة الصوديوم المتبادل سبب وضعها في هذه الفئة، حيث أن هذين العنصرين من أهم الخصائص الكيميائية التي تؤثر على القدرة الإنتاجية للتربة، ويعني ارتفاع قيمهما عدم صلاحية التربة للاستصلاح الزراعي في الوقت الحالي؛ حيث تحتاج التربة إلى عملية غسيل للأملح الموجودة بها، وهذا أمر صعب للغاية في الوقت الحالي نظرًا لمحدودية كمية المياه بالمنطقة، وتمثل هذه الفئة ١٣.٢% من جملة مساحة المنطقة المدروسة أي ٥٣٤٩٣ فدانًا.

سادساً - الوضع الراهن للمناطق الزراعية القائمة في الحوض :

تبين من خلال الدراسة الميدانية وتحليل المرئيات الفضائية في أكتوبر ٢٠٢٠ أن الزراعة في الحوض تشغل مساحات محدودة للغاية (٤٦٥١ فدانًا)، وقد تبين أن معظم المناطق المزروعة حاليًا ترتبط بوحدة بطون الأودية في القطاع الأدنى، وهو ما يتفق مع نتائج النموذج الرقمي لتحديد أولويات التنمية الزراعية، ويمكن تقسيم هذه المناطق إلى ثلاثة أقسام، هي:

أ- **مناطق الاستصلاح الزراعي عند مصب الحوض (قرية الكلاحين):** بلغت مساحتها ٣٢٣٠ فدانًا في أكتوبر ٢٠٢٠، وذلك اعتمادًا على تحليل المرئية الفضائية Sentinel-2. وتعتمد هذه المناطق في الري على مياه الآبار، حيث توجد المياه على مناسيب قريبة من السطح (عمق ٦ م)، ويتم سحبها عن طريق طلمبات رفع يتم تشغيلها اعتمادًا على ألواح الطاقة الشمسية، ولعل من أهم الزراعات القائمة: الذرة وأشجار النخيل والبرسيم والكرديّة (صورة ٧).

ب- **النطاق الزراعي بقرية اللقيطة:** تم إنشاء قرية اللقيطة في تسعينيات القرن الماضي، وذلك فوق المروحة الفيضية الداخلية للحوض، وذلك بهدف توطين بعض قبائل العباددة، وتوجد في منطقة اللقيطة عدد كبير من المقومات اللازمة للتنمية الزراعية والصناعية والعمرانية، بما يجعلها من المناطق الواعدة للتنمية في محافظة قنا، وذلك إذا تم استغلال هذه المقومات الاستغلال الأمثل؛ بحيث يصبح هناك مجتمعًا عمرانيًا جديدًا في الظهير الصحراوي لمركز ققط، فضلًا عن إمكانية وسهولة توصيل مياه الشرب إليها من نهر النيل، وقد لوحظ مؤخرًا توجه بعض الأهالي والمستثمرين إلى استصلاح مساحات من الأراضي الزراعية في منطقة اللقيطة، وتعتمد الزراعة على المياه الجوفية من خلال حفر العديد من الآبار والجمع، واعتمادًا على تحليل المرئيات الفضائية Sentinel-2 في أكتوبر ٢٠٢٠، تبلغ جملة مساحة الأراضي الزراعية بمنطقة اللقيطة نحو ١١٢٠ فدانًا، وتتمثل أهم المحاصيل الزراعية الموجودة في: الذرة والبرسيم الحجازي واللبن الخشبي والشمام والنبق (السدر) وأشجار النخيل كما في الصورة (٨).



صورة (٧) : نماذج من مناطق الاستصلاح الزراعي بالهامش الصحراوي لقرية الكلاحين. أ- أحد آبار المياه المستخدمة في الري، وعمق المياه عند ٦ م، ب- زراعات الكركدية وأشجار النخيل، ج- زراعة البرسيم، د- زراعة الجراوة (الذراوة).



صورة (٨) : نماذج لأنواع مختلفة من الزراعات بمنطقة اللقيطة. أ- شجرة نبق (سدر)، ب- ذرة، ج- شمام، د- برسيم حجازي.

ج- مزرعة أشجار الزينة الموجودة بمصنع مصر للأسمنت في قنا: تبين من خلال الدراسة الميدانية وتحليل صور Sentinel-2 وجود مساحة ٣٠١ فدان مزروعة بأشجار الزينة في مصنع مصر للأسمنت في قنا؛ وقد تم زراعة هذه الأشجار بهدف الحفاظ على البيئة، والحد من التلوث الناتج عن صناعة الأسمنت، وتبين خلال الدراسة الميدانية أن هذه المناطق تعتمد على مياه النيل في الري، وذلك من خلال محطتين لرفع المياه.

النتائج والتوصيات:

(١) النتائج:

- ١- أثرت الخصائص الليثولوجية والتضاريسية في جيومورفولوجية الحوض وخصائص التربة واحتمالات وجود المياه الجوفية.
- ٢- أمكن تصنيف الحوض إلى خمس وحدات جيومورفولوجية بها إمكانات عالية للتنمية الزراعية وهي: البلايا، وبطون الأودية، والمروحة الفيضية الداخلية، والمدرجات الفيضية، والأراضي الشديدة إلى متوسطة التشقق، والمراوح والسهول الفيضية الحديثة، وقد تم تحليل ٩٨ عينة رسوبية من هذه الوحدات الخمس، وأظهرت نتائج التحليل الميكانيكي والكيميائي اختلاف خصائصها.
- ٣- تتسم أكثر من ٩٠% من قطاعات التربة بأنها قطاعات عميقة إلى عميقة جداً مما يجعلها تربة صالحة وجيدة للزراعة، وذات قدرة إنتاجية عالية، وسجلت ٩٥% من مساحة تربة المنطقة درجات حرارة تتراوح بين ٢٦-٣٣°س، مما يدل على صلاحية التربة لزراعة أنواع متعددة من المحاصيل.
- ٤- أمكن تقسيم تربة المنطقة إلى أربعة أنواع تبعاً للنسيج، وهي: طميية طينية رملية، وطمية رملية، ورمليّة طميية، ورمليّة، بنسب مساحة ١.٣٢ و ٣٤.٢ و ٦٣.٥ و ٠.٨٤% على التوالي، وتوجد علاقة وثيقة بين نسيج التربة ونسبة تشبعها بالماء، فالتربات ذات النسيج الأخشن هي الأقل في نسبة التشبع بالماء، ومن حيث درجة الأس الهيدروجيني تعد تربة المنطقة صالحة للزراعة، ومثلت التربة المتعادلة (أفضل التربات) ٣٥.٥% من جملة المساحة، والتربة خفيفة القلوية (٤٢.٢%)، والتربة متوسطة القلوية (٢٢.٣%).
- ٥- اتسمت غالبية مساحة تربة المنطقة بصلاحياتها للزراعة من حيث خاصية الملوحة؛ ومثلت التربة غير الملحية والخفيفة الملوحة ٧٧% من جملة المساحة، ومثلت التربة المتوسطة إلى عالية الملوحة ٢٢.٤%، وتتنخفض نسبة المادة العضوية في تربة المنطقة، وتسجل أعلى قيم لها في بطون الأودية بنطاق صخور الحجر الرملي والطباشيري وفي البلايات.

- ٦- توجد علاقة وثيقة بين السعة التبادلية الكاتيونية ونسج التربة، فكلما زاد محتوى التربة من الطين زادت سعته التبادلية والعكس، وسجلت معظم مساحة تربة المنطقة قيم نسب جبس منخفضة ومتوسطة (٥٦.٦ و ٤٢% على التوالي)، وهي نسب تمثل ميزة لتربة المنطقة، وتقع تربة المنطقة ضمن فئتي التربة المنخفضة والمتوسطة في نسبة كربونات الكالسيوم بنسبة ٦١ و ٣٩% على التوالي، مما يشير إلى صلاحية التربة للزراعة من حيث نسبة كربونات الكالسيوم.
- ٧- تقع ٧٥% من مساحة تربة المنطقة ضمن الفئة المنخفضة في النسبة المئوية للصوديوم المتبادل، مما يعد مؤشراً جيداً لصلاحية التربة بالمنطقة.
- ٨- اتضح وجود ثلاثة خزانات مياه جوفية بالمنطقة هي: خزان صخور القاعدة، والخزان السطحي الرباعي، وخزان الحجر الرملي النوبي، ويعد الأخير الخزان الرئيسي في الحوض، وهو ذو كفاءة إنتاجية عالية، ويمكن استخدامه في أغراض التنمية، ويوجد هذا الخزان في ظروف محصورة.
- ٩- أظهر التحليل الكيميائي لعينات المياه الجوفية التي تم أخذها ميدانياً، أن بعض مناطق وجود المياه الجوفية تصلح لزراعة جميع المحاصيل ماعدا المحاصيل الشديدة الحساسية للملوحة، وذلك دون أي ضرر في جميع الأراضي، وأن البعض الآخر من المياه تصلح فقط للمحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية.
- ١٠- أظهر تطبيق النموذج الرقمي لتحديد أولوية المناطق الصالحة للتنمية الزراعية بالمنطقة، أن ٢٠٦٥٧٠ فدان (٥١.٢%) تمثل أولوية أولى في الاستغلال الزراعي، وتشمل مناطق البلايا وبطون الأودية في القطاعين الأدنى والأوسط، وأن ١٤٣٤٠٥ فدان (٣٥.٥%) ذات أولوية ثانية وتشمل تربة بطون الأودية في القطاع الأعلى من الحوض وتربة المراوح الفيضية والسهول الفيضية الحديثة وتربة المدرجات الفيضية السفلى والوسطى، وأن ٥٣٤٩٣ فدان (١٣.٢%) ذات أولوية ثالثة.

٢) التوصيات:

- يمكن عرض بعض التوصيات وذلك على النحو التالي:
 - ١- التوسع في الاستصلاح الزراعي في القطاع الأدنى لحوض وادي القرن، حيث توجد مساحات كبيرة تقع ضمن المناطق ذات الأولوية الأولى والثانية، وهي مناطق قريبة من وادي النيل بما يساعد على توفير العمالة وسهولة تسويق المنتجات.
 - ٢- تطوير المشروعات الزراعية القائمة حالياً والاستمرار في تحسينها.

- ٣- ضرورة تشجيع الحكومة للاستثمار في هذه المنطقة.
- ٤- إنشاء عدد من الصناعات الغذائية المعتمدة على المحاصيل الزراعية بشكل مدروس.
- ٥- ترشيد استخدام المياه الجوفية في الري، وذلك باتباع أساليب الري الحديثة، وعمل جدولة زمنية لعمر المياه مستقبلا مع تطور الاستخدام.
- ٦- زيادة الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية في مجال التنمية الزراعية.
- ٧- تقديم دراسة جيومورفولوجية لنمذجة السيول في حوض وادي القرن، وذلك لدرء خطر السيول والاستفادة من مياهها.

المصادر والمراجع

أولاً: المصادر .

١. الخرائط الطبوغرافية: مقياس ١: ٥٠.٠٠٠، لوحات: البراهمة - نفع البشارية - جبل عطالله - الفواخير - جبل أم خرس - جبل الشحيمية - وادي القش - اللقيطة - قوص - جبل النزي - وادي المشاش - وادي منيح - بئر منيح - جبل الخزاوية - جبل السباعي - بئر الجندي - جبل الشلول - شمال وادي الباتور - وادي أم تندبة - جبل سمنة - بئر الجدامي - بئر القرية، إنتاج الهيئة المصرية للمساحة بالتعاون مع الوكالة الفنلندية للتنمية الدولية، ١٩٩٠.
٢. الخرائط الجيولوجية:
 - 1- Ministry of Industry and Mineral Resources, the Egyptian Geological Survey and Mining Authority, Geologic Map of Al Qusayr Quadrangle & Geologic Map of Wadi Al Barramiyah Quadrangle, Egypt, Egypt, 1: 250.000. 1992.
 - 2- Ministry of Industry and Mineral Resources, the Egyptian Geological Survey and Mining Authority. Geologic Map of Qena Quadrangle & Geologic Map of Luxor Quadrangle, Egypt, 1: 100.000. 2006.
٣. الخريطة الاستكشافية لحصر التربة، لوحة اسنا - نجع حمادي، مقياس ١: ٢٠٠.٠٠٠، ١٩٦١، مشروع حصر أراضي السد العالي بالتعاون مع صندوق المشروعات الخاص بالأمم المتحدة.
٤. المرئيات الفضائية:
 - 1- Landsat-8, OLI: 11 Bands, Path 174, Row 42 & Path 175, Row42. 2019, <https://earthexplorer.usgs.gov/>
 - 2- Sentinal-2: 13 Bands, L1C_T36RVP_A & L1C_T36RWP_A & L1C_T36RWQ_A. 2020, <https://earthexplorer.usgs.gov/>
٥. نموذج الارتفاع الرقمي ALOS-PALSAR بدقة مكانية ١٢,٥ م.
 - 1- ALOS PALSAR: L-band, HH-polarization, Ascending Orbit, 2007-2008.
 - 2- AP_07582_FBD_F0490_RT1, AP_07582_FBD_F0500_RT1, AP_07582_FBD_F0510_RT1, AP_10689_FBS_F0490_RT1, AP_24780_FBD_F0500_RT1, AP_24780_FBD_F0510_RT1. <https://www.asf.alaska.edu/>

ثانياً: المراجع العربية.

١. أبو سمور، حسن، ٢٠٠٩، "الجغرافية الحيوية والتربة"، دار الميسرة للنشر والتوزيع والطبع، عمان، الأردن.
٢. أبو العينين، محمود عبدالعزيز، ٢٠٠٤، "مدخل إلى جغرافية التربة"، مكتبة الرشد، الرياض، المملكة العربية السعودية.

٣. اسماعيل، ضياء صبري، ٢٠١٠، "الظواهر الجيومورفولوجية وأخطارها على منطقة طريق قفط - القصير"، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة طنطا، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
٤. التركمانى، جودة فتحي، وعطية، شربات بشندي، ٢٠١٩، "جغرافية التربة وتطبيقاتها - دراسة معاصرة"، دار الثقافة العربية، القاهرة.
٥. جندي، سعيد أبو زيد محمد، ٢٠٠٦، "أصول البحث والتطبيق في الماء واصلاح الأراضي"، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.
٦. الخطيب، السيد أحمد، ١٩٩٨، "أساسيات علم الأراضي"، المؤلف، الإسكندرية.
٧. الشلش، على حسين، ١٩٨٥، "جغرافية التربة"، ط٢، جامعة البصرة، بغداد.
٨. شهوان، عبدالعظيم، ٢٠١٠، "أسس علوم التربة"، جامعة الملك سعود، الرياض، السعودية.
٩. الشيخ، أحمد أحمد محمد، ١٩٩٠، "الحافة الشرقية لوداي نهر النيل ما بين مصب وادي قنا وخانق السلسلة - دراسة جيومورفولوجية"، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
١٠. عطية، شربات، ٢٠١٣، "التربة في منخفض الداخلة دراسة جغرافية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والإستشعار عن بعد"، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
١١. عطية، محمد حماد وأحمد، عبدالناصر أمين، ٢٠٠٨، "الفحص العملي للأراضي لأغراض الإصلاح والتحسين"، كلية الزراعة، جامعة الفيوم.
١٢. عماشة، صلاح معروف عبده، ٢٠١٩، "علم البيدوجغرافية-جغرافية التربة - الماهية ومناهج وأساليب الدراسة ومراحل التطور"، مكتبة جزيرة الورد، القاهرة.
١٣. معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، ٢٠١٦، "دراسة استكشافية للموارد الأرضية بوادي اللقيطة بمنطقة قوص - محافظة قنا - مصر"، مركز البحوث الزراعية، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي.
١٤. نجم، عبدالواحد يوسف، ٢٠٠٩، "حماية البيئة من التلوث بالأسمدة"، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، مركز البحوث الزراعية، معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة.
١٥. هاوسنبيلر، ٢٠٠٠، "علم التربة أساسيات وتطبيقات"، ترجمة الدومي، فوزي محمد، منشورات جامعة عمر المختار، دار الكتب الوطنية، طرابلس، ليبيا.
١٦. يوسف، أحمد فوزي، ١٩٨٧، "البيدولوجي - نشأة ومورفولوجيا وتقسيم الأراضي"، عمادة شؤون المكتبات جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

ثالثاً: المراجع الأجنبية.

1. Abdalla, F., 2012, "Mapping of groundwater prospective zones using remote sensing and GIS techniques - A case study from the Central Eastern Desert, Egypt", *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 70, pp. 8-17.
2. Akaad, M. & Abu El-Ela, 2002, "Geology of the basement rocks between Lat. 25° 30' and 26° 30' N - Central Eastern Desert - Egypt", *Geological Survey of Egypt*, Paper No.78, Cairo.
3. Ali, M. Z., 2011, "Geophysical Exploration for Groundwater occurrence in Wadi El-Mathula basin – Qena - Egypt", Unpublished Ph.D., Geology Department, Faculty of Science, Aal-Azhar University.
4. Canada Centre for Remote Sensing, 2007, Tutorial - Fundamentals of remote sensing.
5. El Bialy, M., 2020, "Precambrian Basement Complex of Egypt", In Hamimi, Z., El-Barkook, A., Frias, J., Fritz, H. & Abd El-Rahman, Y. (Editors), the *Geology of Egypt*. Springer Nature. Switzerland. pp. 36 – 79. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15265-9>
6. El-Sawy, E., Bekhiet, M., Abd El-Motaal, E., Orabi, A. & abd Elgany, M., 2011, *Geo-Environmental Studies on Wadi Qena, Eastern Desert – Egypt - by using remote sensing data and GIS*. Al-Azhar Bull. Sci. Vol. 22, No.2, pp. 33-60.
7. FAO, 2006, "Guidelines for soil description", Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy.
8. Fowler, A. & Hamimi, Z., 2020, "Structural and tectonic framework of neoproterozoic basement of Egypt – from gneiss domes to transpression belts", In Hamimi, Z., El-Barkook, A., Frias, J., Fritz, H. & Abd El-Rahman, Y. (Editors), the *Geology of Egypt*, Springer Nature. Switzerland. pp. 80 – 129. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15265-9>
9. Nachtergaele, F., van Velthuisen, H., Verelst, L., & Wiberg, D., 2012. *Harmonized World Soil Database Version 2.1*, IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy.
10. Issawi, B., El Hinnawi, M., Francis, M., & Mazhar, A., 1999, "The phanerozoic geology of Egypt - a geodynamic approach, hhe Egyptian Geological Survey, Special Publication, No. 76.
11. Mahran, T., 1992, "Sedimentological development of upper pliocene-pleistocene sediments in the areas of El Salamony and El Sawamha Sharq - NE Sohag - Nile Valley - Egypt", *Sohag Pure & Applied Science. Bulletin Faculty of Science*. Vol. 8, pp. 251-275.
12. Mansour, H., and Philobos, E., 1983, "Lithostratigraphic Classification of the Surface Eocene Carbonates of the Nile Valley – Egypt - a review", *Bull. Fac. Sci. Assiut Univ.*, Vol. 12, Part. 2, pp. 129-153.
13. Richards, L., (Editor), 1954, "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils", United States Department Agriculture Handbook, Vol. 60, Print. Office, Washington. USA.
14. Said, R., 1981, "The Geological evolution of the River Nile", Springer-Verlag, New York.
15. Said, R., 1990, "The Geology of Egypt", A.A. Balkema, Rotterdam.

16. Salih, M., Jasim, O., Hassoon, K. & Abdalkadhum, A., 2018, "Land surface temperature retrieval from LANDSAT-8 thermal infrared sensor data and validation with infrared thermometer camera", International Journal of Engineering & Technology, Vol. 7, No. 4.2, pp. 608-612.
17. Storie, 2008, "Storie index soil rating", Special Publication 3203, Division of Agricultural Science, University of California, Berkeley.
18. USDA, 2017, "Soil survey manual", United State, Department of Agriculture. Handbook 18, U.S. Gov. Print Off., Washington, DC., USA.
19. Wilcox, L.V., 1955, "Classification and use of irrigation water", United States Department of Agriculture, No. 969, Washington.

Geomorphological Characteristics and Agricultural Development Potentials in Wadi Al-Qarn Basin in the Eastern Desert, Using Geographical Information Systems

**Mohammed Ibrahim Mohammed Khattab
Maha Kamal Selim
El-Sayed El-Sayed El-Husseini
Mohamed El Bastawesy**

ABSTRACT

The research studies the geomorphological characteristics and the potential of agricultural development in Wadi Al Qarn Basin, Eastern Desert of Egypt. The wadi has a many elements of agricultural development. The research starts with the study of rock types, geological formations, and relief units, due to their impacts on the geomorphological characteristics, soil characteristics, and the potential of the groundwater. The research also deals with the soil sections in the geomorphological units associated with agricultural development, then studying the mechanical and chemical properties of the soil, followed by a study of groundwater reservoirs and the chemical properties of groundwater samples taken in the field. Moreover, the research used all available data to create a geographical database to build a digital model to determine the priority of suitable areas for agricultural development in the basin. After this the research studies the current situation of the existing agricultural areas, and linking them with the results of applying the model. Finally, the research concluded that there is a high potential for agricultural development in the plain zone and Al Laqita area as well.

Key Words: Wadi Al Qarn, Wadi al Hammamat, Al Laqita area, Soil properties, Groundwater characteristics, Geographical database, Digital modeling.