

النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي

على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام البيانات

المستشعرة عن بعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

د. محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف عنبر^(١)

د. شربات بشندي عطية^(٢)

المُلخَص باللغة العربية:

تُلعَبُ النمذجة المكانية دورًا مهمًا في التقييمات الجغرافية الحيوية، مما يُؤثِّرُ على تقييم جودة الغطاء النباتي، وبخاصة مع التكامل التطبيقي المُدمج بين تقنيات الاستشعار عن بعد، وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. اهتمت هذه الورقة البحثية بدراسة التحليل المكاني والزمني للغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة، خلال الفترة (٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م)، مع دراسة الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة، وكذلك خصائص المياه في الوحدات الجيوبينية، بمنطقة الدراسة، ثم تقييم التربة طبقًا لهذه الخصائص، وذلك بالاعتماد على تحليل قطاعات التربة، وعينات المياه، التي تم توزيعها في شرق وغرب محور ٣٠ يونيو. ثم دراسة تأثير التباين المكاني للخصائص البيدوجغرافية في جودة الغطاء النباتي، اعتمادًا على البيانات المُستشعرة عن بعد، باستخلاص المؤشرات النباتية Vegetation Indices، وبخاصة مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI)، ومؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI)، مع مقارنة دقة النتائج بينهما. وذلك بتحويل قيم المؤشرات النباتية من هيئة البيانات الصورية Raster Data، المُستخرجة من برنامج ENVI_V5.3 إلى هيئة البيانات الاتجاهية/الخطية Vector Data، وتخزينها في قاعدة البيانات الجغرافية من نوع File Geodatabase (.gdb)، في بيئة برنامج ArcGIS Pro_V3.0.2، بالإضافة إلى استخدام الأساليب الإحصائية والتحليلات الكمية.

الكلمات المفتاحية "الدالة": نمذجة مكانية - تقييم - بيدوجغرافي - جودة الغطاء النباتي - الدلائل/

المؤشرات النباتية - محور ٣٠ يونيو.

(١) مدرس المناخ والبيئة، قسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة القاهرة mahabdfatah@cu.edu.eg
(٢) دكتورة في جغرافية التربة ونظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، كلية الآداب - جامعة القاهرة

sharabathamdy@yahoo.com

Spatial Modeling of Pedographic Evaluation and its Impact on the Vegetation Quality on both Sides of the Central Sector of the June 30th Corridor Using Remotely Sensed Data in a Geographic Information Systems Environment

(1) Dr. Mahmoud Abdel-Fattah Mahmoud Abdel-Latif Anbar.

(2) Dr. Sharbat Bashandi Atyya.

Abstract:

Spatial modeling plays an important role in biogeographic evaluation, which affects the quality of vegetation cover evaluation, especially with the integrated application integration between remote sensing techniques and GIS applications. This research paper was interested in studying the spatial and temporal analysis of the land cover in the study area, during the period (2004 - 2023 AD), with a study of the physical and chemical properties of the soil, as well as the properties of water in the Geo-Environmental units, in the study area, then evaluating the soil according to these properties, based on the analyses of soil sectors, and water samples, which were distributed in the east and west of the 30th June corridor. Then, the effect of spatial variation of pedographic characteristics on vegetation quality was studied, based on remotely sensed data, by extracting vegetation indices, especially the soil adjusted vegetation Index (SAVI) and the vegetation quality index (VQI), and comparing the accuracy of the results between them. This was done by converting the values of vegetation indices from the raster data format, extracted from the ENVI_v5.3 program, to the vector data format, and storing them in the geographic database, its type of file geodatabase (.gdb), in the ArcGIS pro_v3.0.2, in addition to using statistical methods and quantitative analyses.

Key Words: Spatial Modeling – Evaluation – Pedography – Quality of Vegetation Cover – Vegetation Indices – the 30th June Corridor .

(1) Lecturer of Climate and Environment, Department of Geography - Faculty of Arts - Cairo University. mahabdfatah@cu.edu.eg

(2) PhD in Soil Geography, Geographic Information Systems and Remote Sensing, Faculty of Arts - Cairo University. sharabathamdy@yahoo.com

المقدمة:

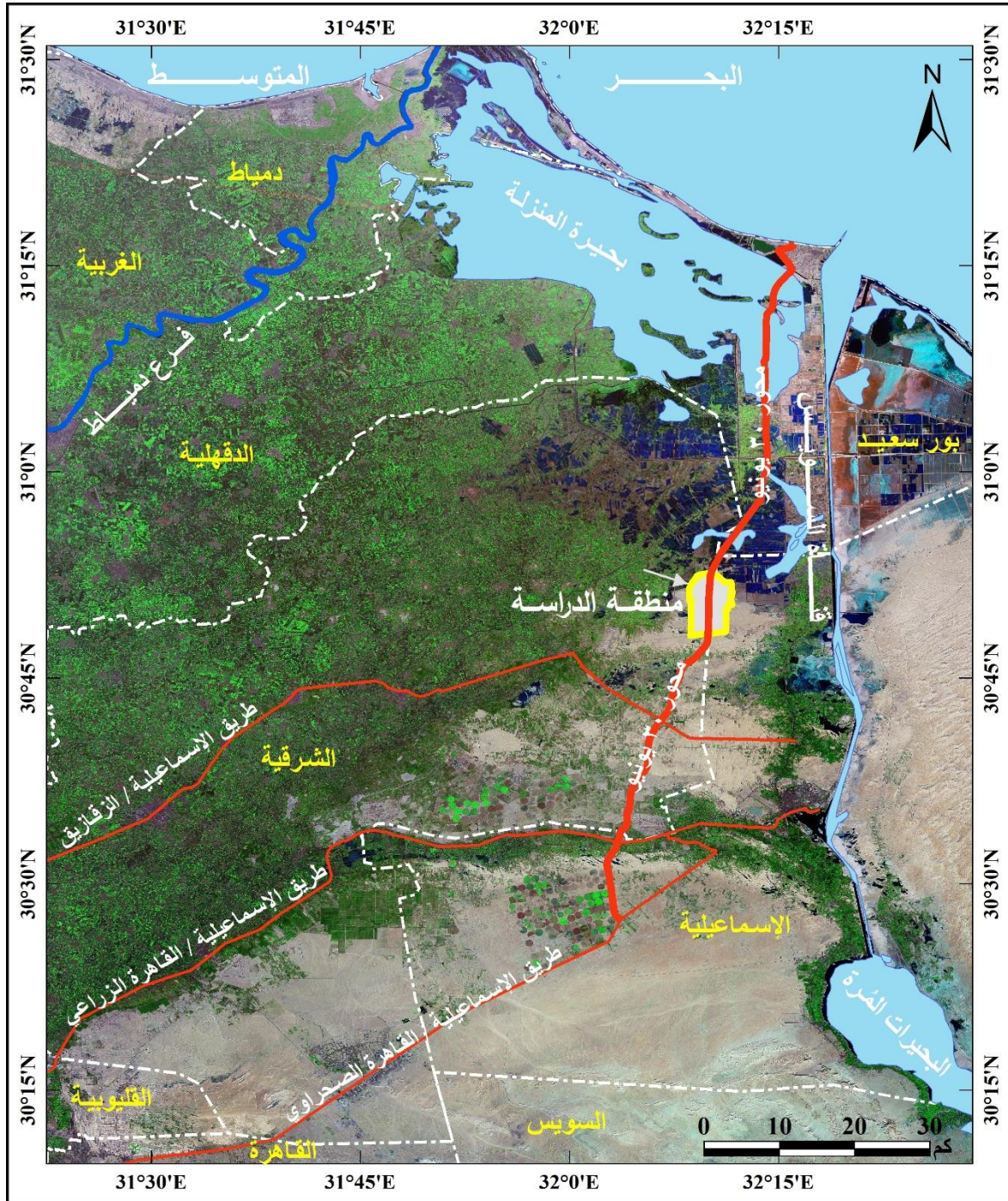
كانت العلاقة بين الإنسان وبيئته متوازنة لفترة طويلة من الزمن، وذلك عندما كان حجم الإنسان وقدراته على استغلال موارد البيئة الطبيعية تتوازن مع قدرات بيئته، ولكن مع تزايد أعداد السكان وضغطهم على موارد البيئة واستهلاكهم المفرط لمعطيات بيئتهم التي يعيشون فيها؛ اختلت العلاقة بين الإنسان وبيئته، حتى وصلت العلاقة بينهما إلى الخط الحرج Critical Line (عنبر، ٢٠١٠، ص ١٧). فالإنسان والبيئة عنصران لا يمكن فصلهما، ولا يمكن فهم البيئة الطبيعية فهماً متكاملًا في عزلة عن الإنسان وتفاعله معها، مُنتجًا بيئته البشرية، أو ما يمكن تسميتها "بيئة من صنع الإنسان Man-Made Environment" تحمل كل جوانبها بصمات يد الإنسان التي غيرت -خلال العصور- ملامح كثيرة في البيئة الطبيعية (محسوب، ٢٠٠٢، ص ٢٥).

يُعَدُّ محور ٣٠ يونيو، أحد أهم المشروعات القومية في مصر (شكل ١)، وهو طريق إقليمي حر، استغرقت فترة إنشاؤه نحو ٥ سنوات، منذ فبراير ٢٠١٥ حتى افتتاحه لحركة المركبات في نوفمبر ٢٠١٩. يتكوّن المحور من اتجاهين بواقع ٥ حارات مرورية في كل اتجاه، ثلاث حارات للمركبات الخفيفة والمتوسطة، وحاريتين للنقل الثقيل، وبإجمالي عرض ٨٠ مترًا.

وقد أحدث إنشاء هذا المحور الكثير من التغيرات الجيوبئية في المنطقة التي أنشئ فيها، وهذا ما أظهرته دراسة (عنبر & عطية، ٢٠٢٣) في دراستهما عن التحليل المكاني للتغيرات الجيوبئية بالقطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو، مما دفع الباحثان إلى استكمال دراستهما للمنطقة، وذلك من حيث دراسة النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي، باستخدام البيانات المستشعرة عن بُعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية؛ نظرًا لأهمية استخدام تقنية الاستشعار عن بُعد، وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في رصد ومتابعة التدهور في الغطاء النباتي، اعتمادًا على المرئيات الفضائية، بالإضافة إلى إمكانية الاستفادة من حساب قيم مؤشرات جودة الغطاء النباتي Vegetation Quality Indices، وما توفره من مقاييس مختلفة للدلائل النباتية، التي يتم حسابها من الأطوال الموجية Wavelengths المختلفة للمرئيات الفضائية، وهو ما يُعرف بـ (نسب النطاقات الطيفية Band Ratios).

النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام البيانات المُستشعرة عن بُعد في بيئة نُظم المعلومات الجغرافية د. محمود عنبر & د. شربات عطية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - ديسمبر ٢٠٢٣



Source: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Sensor Type: Landsat8-OLI, (P176_R039)

Product Creation Time: 15 - 10 - 2023

Projection: UTM, Zone 36 N

Datum: WGS 1984

Pixel Size: 30 Meters

شكل (١) موقع منطقة الدراسة بالنسبة لمحور ٣٠ يونيو وشرق دلتا النيل

أهمية الدراسة:

يُعدُّ التقييم البيدوجغرافي من الموضوعات المهمة التي يجب الاهتمام بها، وبصفة خاصة في الدول التي ترتفع فيها الكثافة السكانية (كما هو الحال في مصر) وتعتمد على الزراعة، بشكل أساسي، في مواردها الاقتصادية. لم يجد هذا الموضوع قَدْرًا كافيًا من الاهتمام في المدرسة الجغرافية المصرية، بالرغم من أهميته في معرفة إمكانات التربة في الوقت الحالي، ومعرفة المشكلات التي تعاني منها التربة، ومن ثمّ التنبؤ باستخدام المستقبل الأمثل لها. فضلًا على أهمية النمذجة المكانية في تعزيز التقييمات الجغرافية الحيوية، وفهم ديناميكيات الغطاء النباتي في النظم البيئية المختلفة.

مشكلة الدراسة:

تُعدُّ منطقة الدراسة أنموذجًا مثاليًا للتغيرات في الوحدات الجيوبئية، المتمثلة في الأراضي الرطبة، وشبه الرطبة، والجافة؛ بسبب إنشاء محور ٣٠ يونيو؛ حيث قام الإنسان بتسوية الكثبان الرملية، وتوسّع في عمليات الاستصلاح الزراعي، وأقام المنشآت الخدمية، وبالتالي التأثير في خصائص ومكونات التربة، والغطاء النباتي، سواء الغطاء النباتي المنزوع أو الطبيعي. ولذلك اهتمت هذه الورقة البحثية بتحديد الدرجات المختلفة من التقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو.

أهداف الدراسة:

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

- ١- تحليل الأثر الجيوبئي بمنطقة الدراسة، قبل وبعد إنشاء محور ٣٠ يونيو.
- ٢- دراسة الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة.
- ٣- التقييم البيدوجغرافي للوحدات الجيوبئية بمنطقة الدراسة، وتحديد درجة القدرة الإنتاجية للتربة، "ملاءمة التربة لنمو النبات".
- ٤- تقييم جودة وصلاحية المياه؛ لأغراض الري والزراعة وسقيا الحيوانات، بمنطقة الدراسة.
- ٥- دراسة العلاقات الإحصائية بين متغيرات خصائص التربة، بمنطقة الدراسة.

٦- استخدام البيانات المستشعرة عن بُعد في حساب قيم مؤشرات جودة الغطاء النباتي
Vegetation Quality Indices بمنظومة الدراسة.

منهجية وأساليب الدراسة:

اعتمدت الدراسة على عددٍ من المناهج العلمية والأساليب البحثية، وفقاً لما تمَّ تحديده في أهداف الدراسة. وفي هذه الدراسة تمَّ الاعتماد على منهج شمولية الواقع الجغرافي، الذي يسمح بدراسة المتغيرات الجغرافية الكلية والجزئية، والعامة والخاصة، التي تؤثر في حدوث الظاهرة وتطورها، بما يساعد في إمكانية استخلاص النتائج، وتعميمها، والخروج بتوصيات، من خلال نظرة شمولية متكاملة، وهي ما يُطلق عليها (نظرة عين الطائر Bird's Eye View). مُستعيناً بالمنهج التاريخي، الذي اعتمد عليه في التتبع الزمني للغطاء الأرضي بصورة عامة، والغطاء النباتي بصورة خاصة، خلال الفترة من (٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م)؛ حيث يستفيد هذا المنهج من الماضي لفهم الحاضر (التركمانى، ٢٠٠٤، ص ٢٠). وكذلك المنهج السلوكي الذي يركز على مدى التأثير المتبادل بين الإنسان والبيئة، وبخاصة سلوك الإنسان وما يصاحبه من عمليات اتخاذ القرار، وأثر ذلك على تشكيل الإنسان لبيئته، بما يساعد في تقييم البيئة وتحسينها وتخطيطها مستقبلاً (مصيلحي، ٢٠٠٣، ص ٢٤٦)، وتمَّ الاعتماد على هذا المنهج خلال النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي بمنظومة الدراسة، حيث تمَّ تحديد الدرجات المختلفة (سواءً لأنواع الملائمة أو غير الملائمة) من تقييم التربة وقدرتها الإنتاجية.

فضلاً عن المنهج المقارن، الذي استُخدم في المُفاضلة بين نتائج تطبيق مؤشرات (دلائل) تقييم جودة الغطاء النباتي **Vegetation Quality Indices** لمنطقة الدراسة، بالإضافة إلى استخدام المنهج الوصفي التحليلي؛ لتفسير نتائج مؤشرات الانعكاس الطيفي للنبات، واستنباط خرائط لمُتابعة التغير في الغطاء النباتي، على أساس أسلوب كارتوجرافي، مبني على البيانات المستشعرة عن بُعد. وكذلك تمَّ استخدام الأسلوب الكمي والإحصائي في معالجة وتحليل خصائص قطاعات التربة (١٩ قطاعاً)، وأيضاً في تحليل (٦) عينات مياه؛ لتحديد مدى جودة وصلاحيّة المياه لأغراض الري والزراعة، وسُفياً الحيوانات بمنطقة الدراسة.

وباستقراء شكل (٢) يُمكن تحديد ملامح وخطوات منهجية الدراسة، كما يلي:

مصادر الدراسة:

استندت الدراسة على ثلاثة مصادر رئيسية، هي:

(١) الدراسات السابقة:

- دراسة (Ali & El-Baroudy, 2008): ورقة بحثية استخدمت تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في إنتاج خرائط حساسية بيئية للتصحر في وادي النطرون؛ وانتهى الباحثان، في دراستهما، إلى أن نحو ١٢,٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ذات حساسية بيئية عالية للتصحر.
- دراسة (Hegazi, 2009): ورقة بحثية جاءت بتقييم ورسم خرائط حساسية التصحر في منطقة الساحل الشمالي الغربي لمصر، باستخدام نموذج MEDALUS، الذي يعمل على تصنيف الأراضي وفق درجة حساسيتها البيئية للتصحر، وكانت نتائج مؤشرات دليل حساسية التصحر لمنطقة الدراسة تقع بين الفئة الأولى (مُدهور جداً)، والفئة الثانية (مُدهور).
- دراسة (Abdul-Qader & Benni, 2010): ورقة بحثية استخدمت مرئيات Landsat ETM+ وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في منطقة السهل الرسوبي بالعراق، لرصد ومراقبة وتقييم ملوحة التربة بدلالة الاستجابة الطيفية Spectral Response؛ وقد اعتمدت الدراسة على ثلاثة أدلة لملوحة التربة، وقارنت بينهم، واستتبقت معادلة للتنبؤ بملوحة التربة، في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما الحال في منطقة الدراسة.
- دراسة (بغدادى، ٢٠١٢): أطروحة دكتوراة اهتمت باستخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد في التقييم الجيوبئي لدعم التنمية المستدامة بمنخفض الواحات البحرية؛ وذلك بدراسة خصائص البيئة الطبيعية والبشرية لمنخفض الواحات البحرية، ثم رصد تغيرات البيئة الطبيعية بالمنخفض، مثل بيئة: السبخ، والبحيرات، والتكوينات الرملية، والغطاء النباتي. كما تناولت الدراسة مشكلات البيئة الطبيعية المرتبطة بالجيومورفولوجيا، والمناخ، والتربة، والمياه الجوفية. واختتمت الدراسة بإنشاء خريطة الحساسية البيئية، وتقييم الأثر البيئي للمشروعات المقامة والمقترحة، من أجل التنمية المستدامة، لمنخفض الواحات البحرية.

■ **دراسة (حسن & عطية، ٢٠٢٢):** ورقة بحثية تناولت التقييم الجيومورفولوجي والهيدرولوجي لتربة مُنخفض وادي الفارغ، باستخدام تقنيات الجيوماتكس، من أجل تحقيق التنمية الزراعية المُستدامة لسكان المُنخفض؛ حيث قامت الباحثتان بدراسة الموارد الأرضية والمائية، وعوامل وعمليات نشأة تربة مُنخفض وادي الفارغ، ورصد التوسع الزراعي وعلاقته بمعدلات هبوط مناسيب المياه الجوفية، والتغيرات التي طرأت على الوحدات الجيومورفولوجية، وقد خلصت الدراسة إلى إمكانية تطبيق تقنيات الجيوماتكس في تقييم القدرة الإنتاجية للتربة، والتعرف على مؤشرات تدهورها، وكذلك سبل حلها.

■ **دراسة (Saber,2022):** ورقة بحثية اهتمت بدراسة جودة الأراضي الرطبة من أجل التنمية المُستدامة في شمال غرب قناة السويس. وقام الباحث بتصنيف الأراضي الرطبة إلى نوعين: الأراضي المغمورة بالمياه، والأراضي المشبعة بالمياه الجوفية. وخلصت الدراسة إلى أن الأراضي الرطبة في شمال غرب قناة السويس تتميز بتنوعها البيولوجي، الذي يشمل الكائنات المنتجة (النباتات) والكائنات المستهلكة (الطيور والأسماك). وأشارت الدراسة إلى الأهمية الاقتصادية وفوائد التنوع البيولوجي للأراضي الرطبة، التي تتضح بمجالات الزراعة والطب والصناعة، والبيئة، والترفيه، والسياحة. إلا أنهم يتعرضون لبعض المشكلات الناتجة عن الأنشطة البشرية، التي يسببها الإنسان فهو المسؤول الرئيس عن التدهور والتغيير، وحتى تدمير مكونات المحيط الحيوي في المنطقة.

■ **دراسة (نادي، ٢٠٢٢):** ورقة بحثية اختصت بالحساسية البيئية للتصحّر شمال غرب محافظة بني سويف: باستخدام نموذج MEDALUS. وقد انتهت الدراسة بأن نحو ١٢,١ % من مساحة منطقة الدراسة ذات مؤشر جودة تربة مُنخفض، ونحو ٤٨,٨ % من مساحتها ذات مؤشر جودة تربة جيد. وأن حوالي ٨٣,٦ % من مساحة منطقة الدراسة ذات مؤشر جودة غطاء نباتي مُنخفض جداً، ونحو ٨,٧ % من مساحتها ذات مؤشر جودة غطاء نباتي جيد. وبالنسبة لمؤشر جودة المناخ فقد اتضح أن نحو ٥٧,٥ % من مساحة منطقة الدراسة ذات مؤشر جودة مناخ مُنخفض، وحوالي ٣٩,٧ % من مساحتها ذات مؤشر جودة مناخ جيد. وكان من أهم نتائج هذه الدراسة أن نحو ٢٣,٥ % من جملة مساحة منطقة شمال غرب محافظة بني سويف، والتي تمثل ظهيرا صحراويا للمحافظة يفصلها عن محافظة الفيوم، ذات مؤشر حساسية بيئية للتصحّر عالي جداً، وأن حوالي ٥٩,٤ % من جملة مساحتها تُعد مناطق غير ذات حساسية بيئية للتصحّر.

■ **دراسة (عنبر & عطية، ٢٠٢٣):** ورقة بحثية هدفت إلى دراسة التحليل المكاني للمركب البيئي بالقطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو، ثم تصنيف الوحدات الجيوبينية لمنطقة الدراسة، والتي تكوّن من ثلاث وحدات جيوبينية رئيسية، هي: وحدة الأراضي الرطبة، وحدة الأراضي شبه الرطبة، وحدة الأراضي الجافة، بالإضافة إلى المساحة التي يمتد عليها محور ٣٠ يونيو. وكذلك تم رصد وتتبع التغير للوحدات الجيوبينية Change Detection، الذي حدّث بمنطقة الدراسة خلال الفترة من (٢٠٠٤ إلى ٢٠٢٢م)، اعتمادًا على عددٍ من المناهج العلمية والأساليب البحثية، واستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، وكذلك التحقق الميداني. أفادت هذه الدراسات في بناء الإطار الهيكلي العام لهذه الورقة البحثية، التي اختصت بدراسة النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام البيانات المستشعرة عن بُعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

(٢) البيانات المستشعرة عن بُعد:

اعتمدت الدراسة على المرئيات فضائية، من سلسلة أقمار لاندسات Landsat Missions، بدقة مكانية Spatial Resolution ٣٠ مترًا (P176_R39). تتمثل المرئية الأولى في فئة الجيل الرابع من نوع Landsat7-ETM+ لعام ٢٠٠٤م. والمرئية الثانية في فئة الجيل الخامس من نوع Landsat8-OLI لعام ٢٠٢٣م. وقد تم عمل المعالجات الأولية Preprocessing لها، والمتمثلة في: المعايرة الطيفية؛ لمعالجة التشوهات الإشعاعية، التي تنتج إما عن أخطاء استجابة أحد أجهزة الاستشعار Sensors، أو تأثيرات الغلاف الجوي، أو وضع الرؤية وخصائص المستشعر، أو زاوية الإضاءة. ثم تجميع النطاقات الطيفية Layer Stack، ثم اقتطاع المرئية Subset Image، بواسطة (ROI) على حدود منطقة الدراسة. كما تم تطبيق الدلائل (المؤشرات) النباتية Vegetation Indices. ونظرًا لصغر مساحة منطقة الدراسة (٣٢,٩ كم^٢)، وبعد عمل التحقق الميداني لنتائج المعالجات الأولية لمرئيات Landsat تم الاعتماد على المرئيات الفضائية عالية الدقة المكانية (واحد متر)، لنفس السنوات سابقة الذكر، من خلال مرئيات برنامج Google Earth Pro؛ لأنها أعطت نتائجًا أكثر دقة في تحديد مساحة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة.

٣) الدراسة الميدانية:

العمل والبحث الميداني هو عين الجغرافي؛ حيث إنَّ "الجغرافيا بلا ميدان كالجسد بلا روح" (عبر & عطية، ٢٠٢٣، ص ٤١٧). وقد اعتمدت هذه الورقة البحثية على أربع دراسات ميدانية (جدول ١)، تمَّ خلالها عمَل (١٩) قطاعًا للتربة؛ لتمثيل الوحدات الجيوبينية (الرطبة، شبه الرطبة، الجافة)، وكذلك لمعرفة الخصائص الطبيعية والكيميائية المستخدمة في التقييم البيدوجغرافي للوحدات الجيوبينية على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو. بالإضافة إلى أخذ (٦) عينات مياه؛ لتحديد مدى جودة وصلاحيّة المياه لأغراض الري والزراعة، وسقيًا الحيوانات بمنطقة الدراسة. هذا إلى جانب التقاط الصور الفوتوغرافية، التي تُفيد الدراسة. وقد تمَّ وضع اتجاه الشمال، والإحداثيات، والارتفاع فوق مستوى سطح البحر على جميع الصور الفوتوغرافية.

جدول (١) الدراسات الميدانية لمنطقة الدراسة، والهدف منها

الهدف	التاريخ	الدراسة الميدانية
استكشاف منطقة الدراسة، وتسجيل الملاحظات، و عمَل (٤) قطاعات للتربة، والتقاط الصور الفوتوغرافية.	٢٧ أكتوبر ٢٠٢٢	الأولى
استكمال تجميع البيانات، و عمَل (٦) قطاعات للتربة، والتقاط الصور الفوتوغرافية.	١٠ نوفمبر ٢٠٢٢	الثانية
استكمال تجميع البيانات، و عمَل (٦) قطاعات للتربة، والتقاط الصور الفوتوغرافية.	١ ديسمبر ٢٠٢٢	الثالثة
استكمال تجميع البيانات، و عمَل (٣) قطاعات للتربة، بالإضافة إلى أخذ (٦) عينات مياه، والتقاط الصور الفوتوغرافية.	٢٥ فبراير ٢٠٢٣	الرابعة

وتم عمَل التحليل الميكانيكي والكيميائي لقطاعات التربة، وكذلك عمَل التحليل الكيميائي لعينات المياه، بمعامل معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة بالجيزة.

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ٤٨° ٣٠' و ٥٢° ٣٠' شمالاً، وخطي طول ٠٨° ٣٢' و ١١° ٣٢' شرقاً. وتتوزع مساحتها على جانبي القطاع الأوسط لمحور ٣٠ يونيو، بدايةً من تقاطع المحور مع طريق الصالحية (جنوباً)، حتى ترعة شادر عزام (شمالاً)، بطول ٨,٣ كم، وعرض ٤ كم، يمين ويسار محور ٣٠ يونيو (الذي يكاد ينصفها، بمحور شمالي جنوبي). وبذلك تمتد منطقة الدراسة على مساحة إجمالية بنحو ٣٣ كم^٢، وتأخذ شكل حرف (n) تقريباً (شكل ٣).

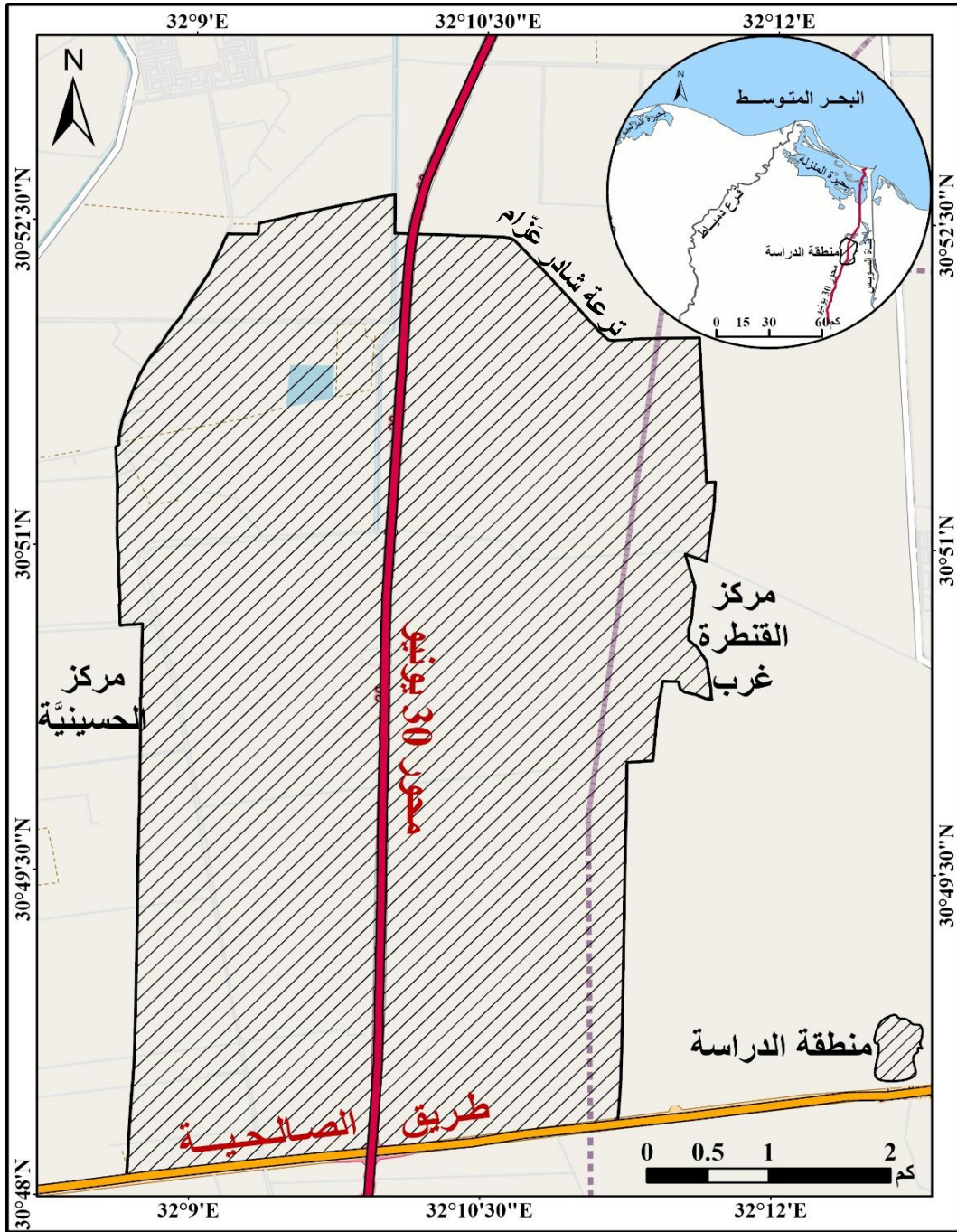
تقع منطقة الدراسة -إدارياً- في مركزي: القنطرة غرب (محافظة الإسماعيلية)، ومركز الحسينية (محافظة الشرقية)، وهي بذلك تقع في قلب منطقة شرق دلتا النيل.

تنتشر بمنطقة الدراسة رواسب الطين والحصى، والرمال المكونة للقرشات والكثبان الرملية، بالإضافة إلى المتبخرات، التي تكثر في مناطق السباح. كما تتسم، منطقة الدراسة، بالاعتدال النسبي في درجات حرارة الهواء؛ فقد ساعد استواء السطح على سهولة وصول المؤثرات البحرية، القادمة من البحر المتوسط، إليها (عنبر & عطية، ٢٠٢٣، ص ٤١٨ - ٤٣٤).

هيكلة (محاور) الدراسة:

بُنيت الدراسة على خمسة محاور رئيسية، هي:

- أولاً: التحليل المكاني والزمني للغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة، خلال الفترة (٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م).
- ثانياً: التحليل المكاني للوحدات الجيوبئية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٣م.
- ثالثاً: معايير التقييم البيدوجغرافي بمنطقة الدراسة.
- رابعاً: التحليل الكمي والإحصائي لخصائص قطاعات التربة.
- خامساً: تأثير التباين المكاني للخصائص البيدوجغرافية في جودة الغطاء النباتي.



Source: ArcGIS Pro 3.0.2, OpenStreetMap

Projected Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 36N

Projection: Transverse Mercator

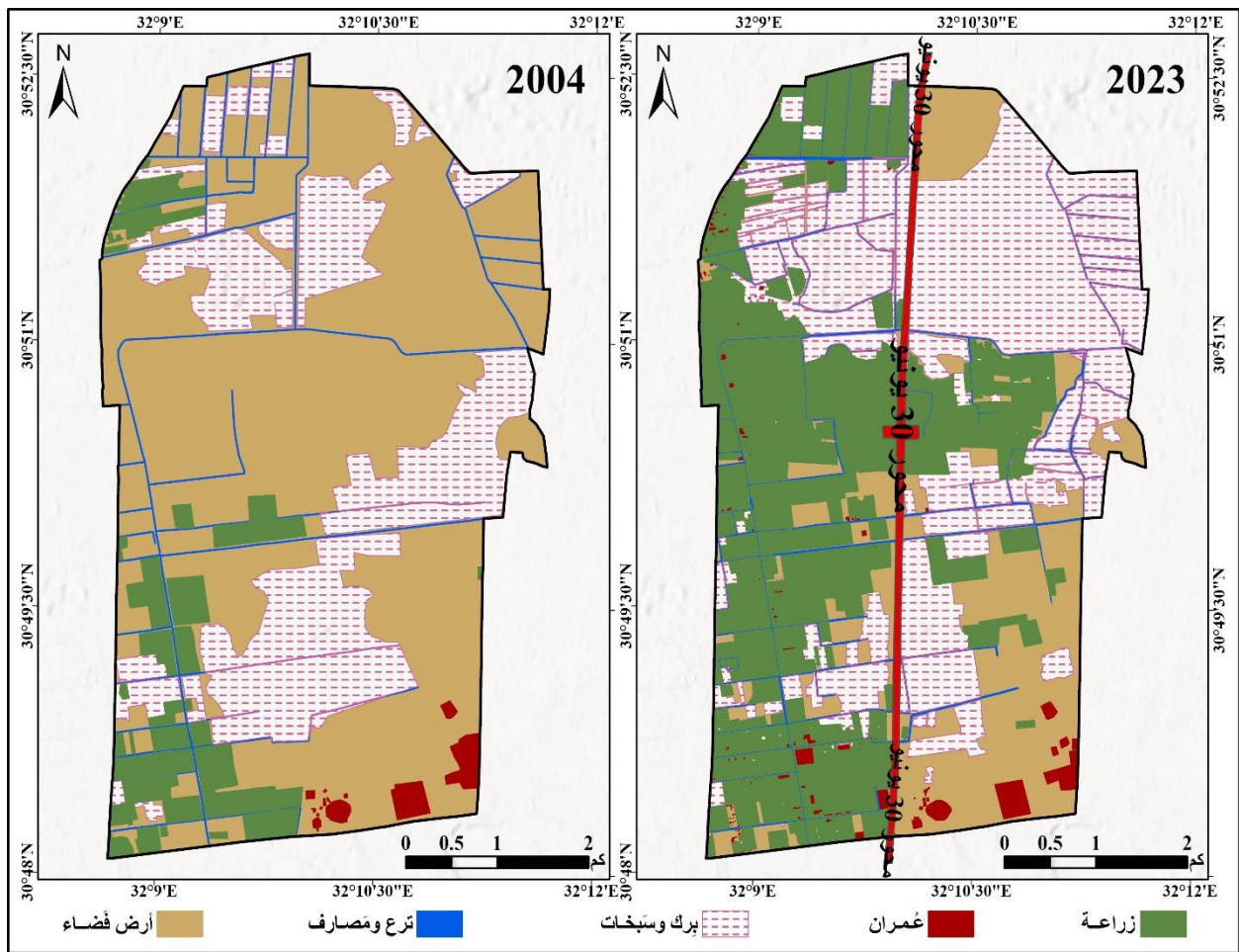
Units: Meter

شكل (٣) موقع منطقة الدراسة

أولاً: التحليل المكاني والزمني للغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة، خلال الفترة (٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م):

غطاء الأرض Land Cover^(١) هو المظهر الفيزيائي لسطح الأرض؛ إذ إنه يجمع بين الغطاء النباتي، والتربة، والصخور، والماء، والإنشاءات التي أقامها الإنسان، وهي جميعاً تُكوّن المظهر الطبيعي لسطح الأرض.

يتضح من تحليل جدول (٢)، وقراءة شكل (٤)، ودراسة شكل (٥)، الآتي:



Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_36N

المصدر: اعتماداً على مرئيات فضائية عالية الدقة المكانية (1 m)، خلال عامي (٢٠٢٣-٢٠٠٤)، تم تحميلها من برنامج Google Earth Pro في ١٢ سبتمبر ٢٠٢٣

شكل (٤) الغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة خلال عامي ٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م

(١) غطاء الأرض هو نقطة التماس بين القشرة الأرضية والغلاف الجوي، وهو يؤثر على تبادل الطاقة والمادة في النظام المناخي والدورات الكيميائية البيولوجية الحيوية (القاموس الموسوعي للمفردات البيئية General Multilingual Environmental Thesaurus (GEMET)). <https://www.eionet.europa.eu/gemet/ar/concept/4612>

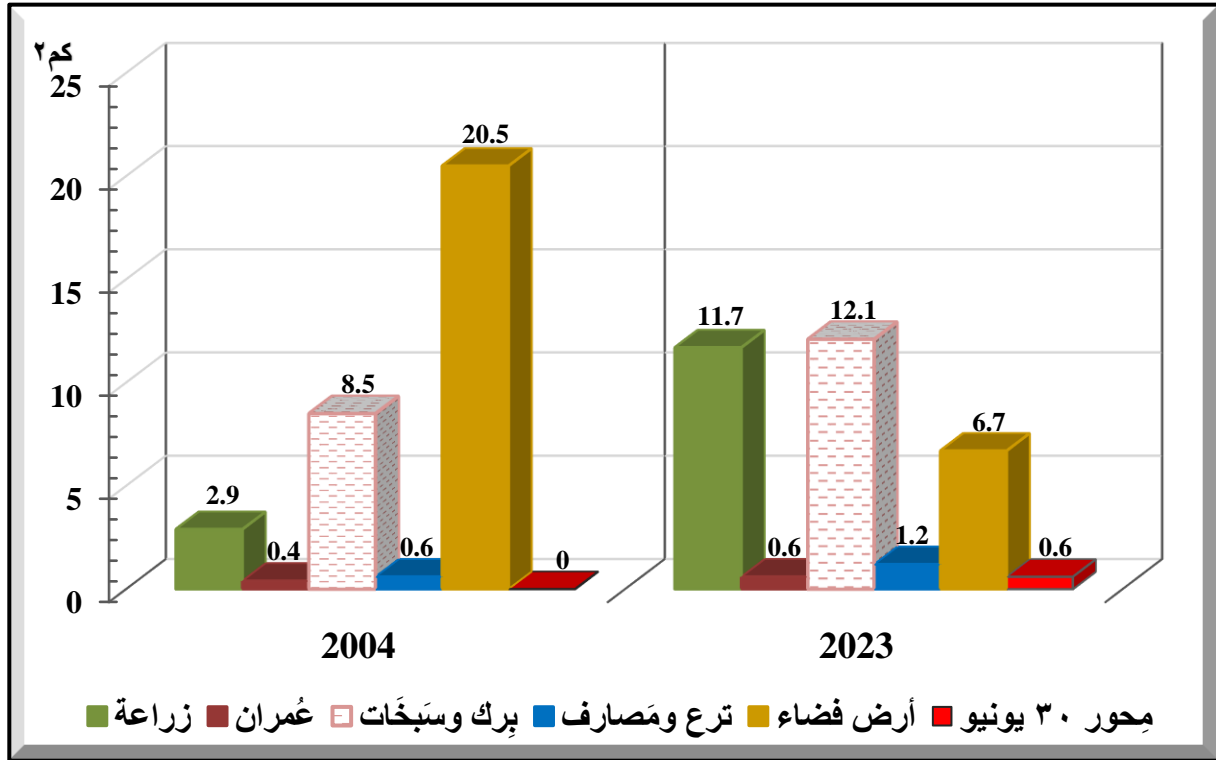
جدول (٢) مساحة ونسبة وحدات الغطاء الأرضي ونسبة التغير

بمنطقة الدراسة خلال عامي ٢٠٠٤ - ٢٠٢٣ م

وحدات الغطاء الأرضي	المساحة سنة ٢٠٠٤ (كم ^٢)	النسبة (%)	المساحة سنة ٢٠٢٣ (كم ^٢)	النسبة (%)	نسبة التغير * (%)
زراعة	٢,٩	٨,٨	١١,٧	٣٥,٦	٣٠٣,٥
عُمران	٠,٤	١,٢	٠,٦	١,٨	٥٠
برك وسبَخات	٨,٥	٢٥,٨	١٢,١	٣٦,٨	٤٢,٥
ترع ومصارف	٠,٦	١,٨	١,٢	٣,٦	١٠٠
أرض فضاء	٢٠,٥	٦٢,٤	٦,٧	٢٠,٤	٦٧,٣ -
محور ٣٠ يونيو	-	-	٠,٦	١,٨	-
الإجمالي	٣٢,٩	١٠٠	٣٢,٩	١٠٠	-

المصدر: تم استخراج المساحات بطريقة آلية من (شكل ٤)، باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2

$$* \text{ النسبة المئوية للتغير} = \frac{\text{القيمة القديمة (الأولى)} - \text{القيمة الجديدة (الحالية)}}{\text{القيمة القديمة (الأولى)}} \times 100$$



المصدر: اعتمادًا على جدول (٢).

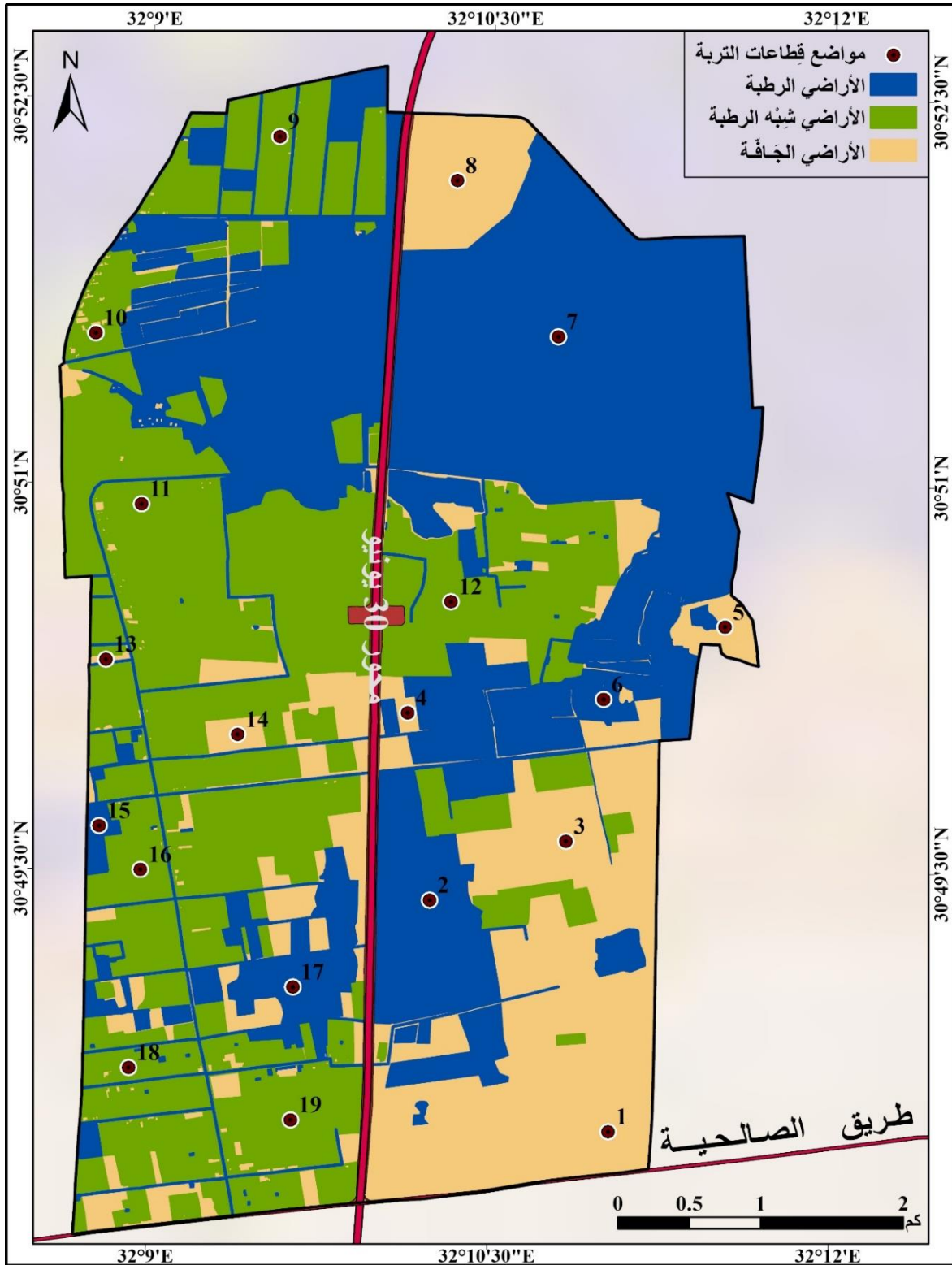
شكل (٥) مساحة وحدات الغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة خلال عامي ٢٠٠٤ - ٢٠٢٣ م

في عام ٢٠٠٤م كان أكثر من نصف مساحة منطقة الدراسة أرض فضاء (٢٠,٥ كم^٢)، بنسبة ٦٢,٤ (%؛ ونظرًا لتوجه الدولة إلى زيادة مساحة الأرض الزراعية، والتوسع في عمليات استصلاح الأراضي، وشق الطرق والمحاور المرورية، نقصت مساحة الأرض الفضاء، في عام ٢٠٢٣م، إلى (٦,٧ كم^٢)، بنسبة ٢٠,٤ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وبنسبة تغير بلغت -٦٧,٣ (%، وذلك في أقل من عشرين عامًا. وكان ذلك لحساب زيادة الأرض الزراعية، التي كانت مساحتها ٢,٩ كم^٢ بنسبة ٨,٨ %، في عام ٢٠٠٤م، وأصبحت مساحته ١١,٧ كم^٢ بنسبة ٣٥,٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وبنسبة تغير بلغت ٣٠٣,٥ % في عام ٢٠٢٣م. وكذلك زيادة مساحة الترع والمصارف إلى الضعف، أي بنسبة تغير ١٠٠ % خلال عامي ٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م، بالإضافة إلى إنشاء محور ٣٠ يونيو في نوفمبر ٢٠١٩م.

ونظرًا لسيادة نظام الري بالغمر، والتوسع في عمليات استصلاح الأراضي، فقد زادت مساحة البرك والسبخات بمنطقة الدراسة، خلال عامي (٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م) (٨,٥ - ١٢,١ كم^٢) بالترتيب.

ثانيًا: التحليل المكاني للوحدات الجيوبينائية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٣م:

قام الإنسان بإحداث تغيرات سريعة في الغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة؛ مما كان له تأثير كبير في تغير مكوناتها ومركبها؛ وذلك بسبب إنشاء محور ٣٠ يونيو، الذي أحدث تغييرًا ملحوظًا في الوحدات الجيوبينائية التي شق فيها الطريق، وبالتالي تغيرت مكونات البيئة الطبيعية، وذلك على المستوى الزمني القريب والبعيد (عنبر & عطية، ٢٠٢٣، ص ٤٤٩). تتكون منطقة الدراسة من ثلاث وحدات جيوبينائية رئيسية، هي (رطبة - شبه رطبة - جافة)، بالإضافة إلى المساحة التي يمتد عليها محور ٣٠ يونيو، كما يتضح من (شكل ٦) و (جدول ٣)، ومن المرئية الفضائية عالية الدقة المكانية (واحد متر)، التي تم تحميلها من برنامج Google Earth Pro في ١٢ سبتمبر ٢٠٢٣.



Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_36N

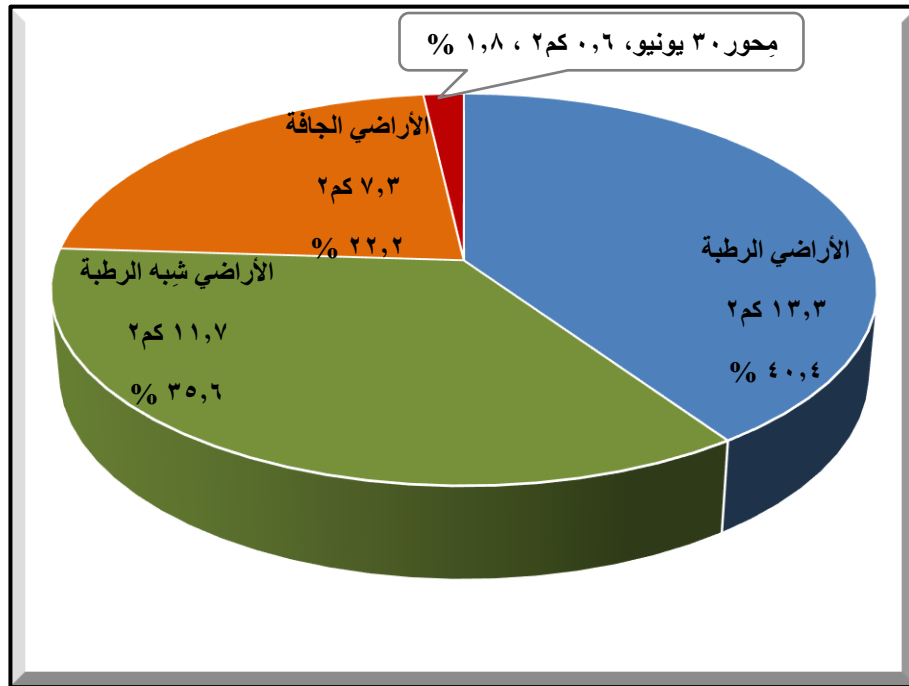
المصدر: اعتماداً على مرئيات فضائية عالية الدقة المكانية (1 m)، تم تحميلها من برنامج Google Earth Pro في ١٢ سبتمبر ٢٠٢٣

شكل (٦) التوزيع المكاني للوحدات الجيوبينية وقطاعات التربة، بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٣م

جدول (٣) مساحة ونسبة الوحدات الجيوبئية والتوزيع المكاني لقطاعات التربة بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٣ م

الوحدات الجيوبئية	المساحة (كم ^٢)	النسبة من جُملة مساحة منطقة الدراسة (%)	عدد قطاعات التربة	
			شرق المحور	غرب المحور
الأراضي الرطبة	١٣,٣	٤٠,٤	٣	٢
الأراضي شبه الرطبة	١١,٧	٣٥,٦	١	٦
الأراضي الجافة	٧,٣	٢٢,٢	٥	٢
محور ٣٠ يونيو	٠,٦	١,٨	-	-
الإجمالي	٣٢,٩	١٠٠	٩	١٠

المصدر: تم استخراج المساحات بطريقة آلية من (شكل ٦)، باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2



المصدر: اعتماداً على جدول (٣).

شكل (٧) مساحة ونسبة الوحدات الجيوبئية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٣ م

تعدُّ منطقة الدراسة أنموذجاً مثالياً للتغيرات الجيوبئية، ويتضح ذلك من خلال التغير في وحدة الأراضي الرطبة، ووحدة الأراضي شبه الرطبة، وكذلك وحدة الأراضي الجافة؛ حيث يقوم الإنسان بتسوية الكُثبان الرملية؛ بغرض مدِّ الطُّرق، كما حدث في محور ٣٠ يونيو، والتوسع في عمليات الاستصلاح الزراعي، وإقامة المنشآت الخدمية.

يَتَضَحُّ مِنْ تَحْلِيلِ (جَدُول ٣)، وَالشَّكْلَيْنِ (٦ ، ٧) التَّوْزِيعِ الْمَكَانِيِّ لِلوَحْدَاتِ الْجِيُوبِيئِيَّةِ وَقِطَاعَاتِ التُّرْبَةِ، بِمِنْطَقَةِ الدِّرَاسَةِ عَامَ ٢٠٢٣م؛ حَيْثُ تَمَّ تَمَثُّلُ كُلِّ وَحْدَةٍ بَعْدِ مِنْ قِطَاعَاتِ التُّرْبَةِ، تَمَّ تَوْزِيعُهَا فِي شَرْقٍ وَغَرْبٍ مِحوَرِ ٣٠ يُونِيُو، بِإِجْمَالِي ١٩ قِطَاعًا لِلتُّرْبَةِ؛ حَتَّى يَتَنَتَّى دِرَاسَةُ الْخِصَائِصِ الطَّبِيعِيَّةِ وَالْكِيمِيَائِيَّةِ لِلتُّرْبَةِ، وَكَذَلِكَ خِصَائِصِ الْمِيَاهِ فِي كُلِّ وَحْدَةٍ جِيُوبِيئِيَّةٍ، تَمَّ تَقْيِيمُ التُّرْبَةِ طَبَقًا لِهَذِهِ الْخِصَائِصِ. بَلَغَتْ مِسَاحَةُ وَحْدَةِ الْأَرَاضِي الرُّطْبَةِ ١٣,٣ كم ٢ بِنِسْبَةِ ٤٠,٤ % مِنْ جُمْلَةِ مِسَاحَةِ مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ، وَقَدْ تَمَّ تَمَثُّلُهَا بِخَمْسَةِ قِطَاعَاتٍ لِلتُّرْبَةِ، وَتَنْتَشُرُ فِي شِمَالِي مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ، كَمَا أَنَّهَا تَنْتَرَكِّزُ، بِصُورَةٍ كَبِيرَةٍ، فِي شَرْقِ مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ (شَكْل ٦)؛ نَظْرًا لِاقْتِرَابِهَا مِنْ قَنَاةِ السُّوَيْسِ.

أَمَّا وَحْدَةُ الْأَرَاضِي شِبْهُ الرُّطْبَةِ فَهِيَ تَمَّ تَمَثُّلُهَا بِسَبْعَةِ قِطَاعَاتٍ لِلتُّرْبَةِ، وَتَبْلُغُ مِسَاحَتُهَا ١١,٧ كم ٢ بِنِسْبَةِ ٣٥,٦ %، أَي أَكْثَرَ مِنْ ثُلُثِ مِسَاحَةِ مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ (شَكْل ٧)، وَهِيَ تَسُودُ فِي الْجُزْءِ الْغَرْبِيِّ مِنَ الْمِحوَرِ (شَكْل ٦)؛ حَيْثُ اقْتِرَابَ مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ مِنْ أَرَاضِي دِلْتَا النِّيلِ.

بَيْنَمَا وَحْدَةُ الْأَرَاضِي الْجَافَةِ، يُلَاحِظُ أَنَّهَا تَنْتَوِّعُ فِي شَرْقِ مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ بِصُورَةٍ أَكْبَرَ مِنْ غَرْبِهَا، وَتَبْلُغُ مِسَاحَتُهَا ٧,٣ كم ٢ بِنِسْبَةِ ٢٢,٢ % مِنْ جُمْلَةِ مِسَاحَةِ مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ، وَقَدْ تَمَّ تَمَثُّلُهَا بِسَبْعَةِ قِطَاعَاتٍ لِلتُّرْبَةِ.

هَذَا بِالإِضَافَةِ إِلَى مِحوَرِ ٣٠ يُونِيُو، الَّذِي يَمْتَدُّ عَلَى مِسَاحَةِ ٠,٦ كم ٢، بِنِسْبَةِ ١,٨ % مِنْ جُمْلَةِ مِسَاحَةِ مِْنطَقَةِ الدِّرَاسَةِ (شَكْل ٧).

ثَالِثًا: مَعَايِيرُ التَّقْيِيمِ الْبِيدُوجُغْرَافِيِّ بِمِنْطَقَةِ الدِّرَاسَةِ:

يُعَدُّ تَقْيِيمُ التُّرْبَةِ **Soil Evaluation** الْخُطْوَةَ الْأُولَى نَحْوَ الْإِدَارَةِ الزَّرَاعِيَّةِ الْجَيِّدَةِ، وَصَوْنِ التُّرْبَةِ، وَبِالتَّالِيِ تَحْقِيقِ التَّنْمِيَةِ الْمُسْتَدَامَةِ لِلتُّرْبَةِ **Sustainable Development of Soil**. وَلَا رَيْبَ أَنَّ مَعْرِفَةَ دَرَجَةِ تَقْيِيمِ التُّرْبَةِ تُعَدُّ أَدَاءً ضَرُورِيَّةً لِتَقْدِيرِ دَرَجَاتِ الْمُلَامَةِ، وَالتِّي تُحَدِّدُ قِيَمَةَ الْأَرْضِ طَبَقًا لِنَوْعِ الْعِلَاقَةِ بَيْنَ الْمُتَغْيِرَاتِ الْمَكَانِيَّةِ، وَخِصَائِصِ التُّرْبَةِ وَالْمِيَاهِ.

وَلِذَلِكَ تَمَّ تَحْدِيدُ الدَّرَجَاتِ الْمُخْتَلِفَةِ مِنَ التَّقْيِيمِ سِوَاءً لِلأَنْوَاعِ الْمُلَامَةِ، أَوْ غَيْرِ الْمُلَامَةِ، حَسَبِ تَصْنِيفَاتِ الْفَاو (FAO, 2006)، حَيْثُ تَمَّ تَقْسِيمُ دَرَجَاتِ مُلَامَةِ التُّرْبَةِ إِلَى سِتِ دَرَجَاتٍ، مُقْسَمَةً إِلَى مَجْمُوعَتَيْنِ، هُمَا: تُرْبَةُ مُلَامَةٍ (S)، وَتُرْبَةُ غَيْرِ مُلَامَةٍ (N).

النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام البيانات المُستشعرة عن بُعد في بيئة نُظم المعلومات الجغرافية..... د. محمود عبير & د. شربات عطية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - ديسمبر ٢٠٢٣

تمّ تقييم التربة، وفقاً لمستوى الوحدات الجيوبئية المُكوّنة لمنطقة الدراسة، وقد اعتمدَ تقييم التربة على ثلاثة معايير: **المعيار الأول: الخصائص الطبيعية للتربة (سُمك قطاع التربة، ونسيج التربة).** و**المعيار الثاني: الخصائص الكيميائية للتربة (قيمة التوصيل الكهربائي، والسعة التبادلية الكاتيونية، والنسبة المئوية للصوديوم المُتبادل، ونسبة الجبس)، (كما يتضح في جدول ٤)، والمعيار الثالث: الخصائص الكيميائية للمياه (درجة التوصيل الكهربائي E_{ce}، وتركيز كربونات الصوديوم المُتبقية RSC، ونسبة ادمصاص الصوديوم SAR، ودرجة التوصيل الكهربائي مع نسبة ادمصاص الصوديوم)، (كما يتضح في جدول ٥).** وفيما يلي دراسة تفصيلية لهذه المعايير الثلاثة، وتوضيح مدى ملاءمة كل منها بالنسبة لتربة منطقة الدراسة.

جدول (٤) معيارا الخصائص الطبيعية والكيميائية المستخدمة في التقييم البيدوجغرافي

للوحدات الجيوبئية بمنطقة الدراسة

معايير التقييم		الخاصية					الفئات	
الخصائص الطبيعية للتربة	سُمك قطاع التربة (سم)	٢٠ - أقل من ٥٠	٥٠ - أقل من ٨٠	٨٠ - أقل من ١٠٠	١٠٠ فأكثر	-	-	
	المساحة (كم ^٢)	٤,٦	١١	٤,٥	١٢,٨	-	-	
	النسبة (%)	١٤	٣٣,٤	١٣,٦	٣٩	-	-	
	درجة القدرة الإنتاجية (الملاءمة)	الرابعة (N1)	الثالثة (S3)	الثانية (S2)	الأولى (S1)	-	-	
	نسيج التربة	رملية	رملية طميية	طميية رملية	طينية	-	-	
	المساحة (كم ^٢)	١١,٥	٦,٩	١٤	٠,٥	-	-	
	النسبة (%)	٣٥	٢١	٤٢,٥	١,٥	-	-	
	درجة القدرة الإنتاجية (الملاءمة)	الرابعة (N1)	الثالثة (S3)	الثانية (S2)	الأولى (S1)	-	-	
	قيمة التوصيل الكهربائي (ديسمتر/م)	٠ - أقل من ٢	٢ - أقل من ٤	٤ - أقل من ٨	٨ - أقل من ١٦	١٦ فأكثر	-	
	المساحة (كم ^٢)	٨,٦	٦,٥	٤,٨	٩,٣	٣,٧	-	
النسبة (%)	٢٦,١	١٩,٨	١٤,٦	٢٨,٣	١١,٢	-		
الخصائص الكيميائية للتربة	درجة القدرة الإنتاجية (الملاءمة)	الأولى (S1)	الثانية (S2)	الثالثة (S3)	الرابعة (N1)	الخامسة (N2)	-	
	السعة التبادلية الكاتيونية (ملليمكافئ/١٠٠ جرام)	أقل من ٣	٣ - أقل من ٨	٨ - أقل من ١٣	١٣ - أقل من ١٨	-	-	
	المساحة (كم ^٢)	٩,٨	١٧,٥	٥,٢	٠,٤	-	-	
	النسبة (%)	٢٩,٨	٥٣,٢	١٥,٨	١,٢	-	-	
	درجة القدرة الإنتاجية (الملاءمة)	الرابعة (N1)	الثالثة (S3)	الثانية (S2)	الأولى (S1)	-	-	
	النسبة المئوية للصوديوم المُتبادل %	أقل من ٦	٦ - أقل من ١٥	١٥ - أقل من ٢٥	٢٥ فأكثر	-	-	
	المساحة (كم ^٢)	١٤,٦	١٣,٥	٣,٣	١,٥	-	-	
	النسبة (%)	٤٤,٤	٤١	١٠	٤,٦	-	-	
	درجة القدرة الإنتاجية (الملاءمة)	الأولى (S1)	الثانية (S2)	الثالثة (S3)	الرابعة (N1)	-	-	
	الجبس %	٥ - أقل من ٥	٥ - أقل من ١٥	١٥ - أقل من ٦٠	-	-	-	
المساحة (كم ^٢)	١١,٢	١١,٥	١٠,٢	-	-	-		
النسبة (%)	٣٤	٣٥	٣١	-	-	-		
درجة القدرة الإنتاجية (الملاءمة)	الأولى (S1)	الثانية (S2)	الثالثة (S3)	-	-	-		

المصدر: اعتماداً على (مُلحق ١).

- FAO, 2006 & Storie, 2008 & USDA, 2017, P.202.

(١) معيار الخصائص الطبيعية للتربة:

تمّ الاعتماد على خاصيتين من أهمّ الخصائص الطبيعية للتربة؛ وذلك بسبب تأثيرهما المباشر على جودة التربة وقدرتها الإنتاجية، وهما: (سُمْكِ قِطَاعِ التربة، ونَسِيجِ التربة).

أ) سُمْكِ قِطَاعِ التربة:

ثمة علاقة وثيقة بين سُمْكِ قِطَاعِ التربة، والجِدَارَةِ الإنتاجية للتربة، وتحديد مدى ملاءمتها للزراعة؛ حيث إنه كلما زاد سُمْكِ قِطَاعِ التربة فإن هذا يَسْمَحُ بتوَعُّلٍ وتثبيت جُذُورِ النباتات، وزيادة الحَيَازِ الذي تنتشر فيه جُذُورِ النباتات (صورة ١)، والعكس صحيح، فكلما قلَّ سُمْكِ قِطَاعِ التربة يترتب عليه عدم تغلغل جُذُورِ النباتات، وقلة نفاذية التربة؛ ممَّا يؤدي إلى عدم مُلاءمة التربة لنمو النباتات، وبالتالي انخفاض نسبة المادة العضوية في التربة (عطية، ٢٠١٨، ص ص ٢٥٣-٢٥٤). وقد تمّ تقسيم سُمْكِ قِطَاعَاتِ التربة، بمنطقة الدراسة، طبقاً لتصنيف (Storie, 2008, Pp.182-183) إلى أربع فئات، كما هو موضح في جدول (٤) و شكل (٨).

■ تربة عميقة جداً (١٠٠ اسم فأكثر): تسود هذه الفئة في أكثر من ثلث مساحة منطقة الدراسة، وهي بذلك تحتل المرتبة الأولى من حيث المساحة؛ حيث تبلغ مساحتها ١٢,٨ كم ٢ بنسبة ٣٩%. وتوجد هذه الفئة في وحدة الأراضي شبه الرطبة، وتنتشر بصورة كبيرة في غرب محور ٣٠ يونيو (شكل ٦).



صورة (١) نموذج لقطاع التربة العميقة جداً، بوحدة الأراضي شبه الرطبة، غرب محور ٣٠ يونيو (قطاع ١١)

يُعدُّ ذلك مؤشراً لارتفاع درجة القدرة الإنتاجية للأراضي الزراعية في هذه الوحدة الجيوبينية؛ حيث إن تربتها تندرج تحت فئة الأراضي ذات قدرة إنتاجية عالية، من الدرجة الأولى (S1)، وقد لوحظ ذلك أثناء الدراسة الميدانية؛ حيث أثبتت المشاهدة الميدانية زيادة الأراضي المنزرعة غرب المحور، بصورة أكبر من شرق المحور.

■ **تربة عميقة (٨٠- أقل من ١٠٠سم):** تحتلُّ هذه الفئة المرتبة الثالثة من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٤,٥ كم ٢ بنسبة ١٣,٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وتوجد هذه الفئة في الأراضي المنزرعة، التي تمثل وحدة الأراضي شبه الرطبة، وتندرج تربتها تحت فئة الأراضي ذات القدرة الإنتاجية المتوسطة، أي تربة من الدرجة الإنتاجية الثانية (S2). كما ينتشر بعض أجزاء منها في وحدة الأراضي الرطبة (صورة ٢)، والتي تندرج تربتها تحت فئة الأراضي ذات القدرة الإنتاجية منخفضة جداً.



صورة (٢) نموذج لقطاع التربة العميقة، بوحدة الأراضي الرطبة، شرق محور ٣٠ يونيو (قطاع ١٢)

■ **تربة متوسطة العمق (٥٠- أقل من ٨٠سم):** تحتلُّ هذه الفئة المرتبة الثانية من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ١١ كم ٢ بنسبة ٣٣,٤ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. توجد هذه الفئة، بصورة كبيرة، في وحدة الأراضي الجافة (صورة ٣)، وهي في أغلبها أراضي قابلة للاستصلاح الزراعي.

وقد اتضح من المُشاهدة الميدانيَّة تركُّز هذه الفئَة في شرق محور ٣٠ يونيو (شكل ٦)، كما تبيَّن من الدراسة الميدانيَّة أن مُعظم عمليات الاستصلاح الزراعي اعتمدت على وسائل الري الحديثة، مثل: الري بالرش أو التنقيط (صورة ٤). وتدرج تربتها تحت فئة الأراضي ذات القُدرة الإنتاجيَّة المُنخفضة، أي تربة من الدرجة الإنتاجيَّة الثالثة (S3).



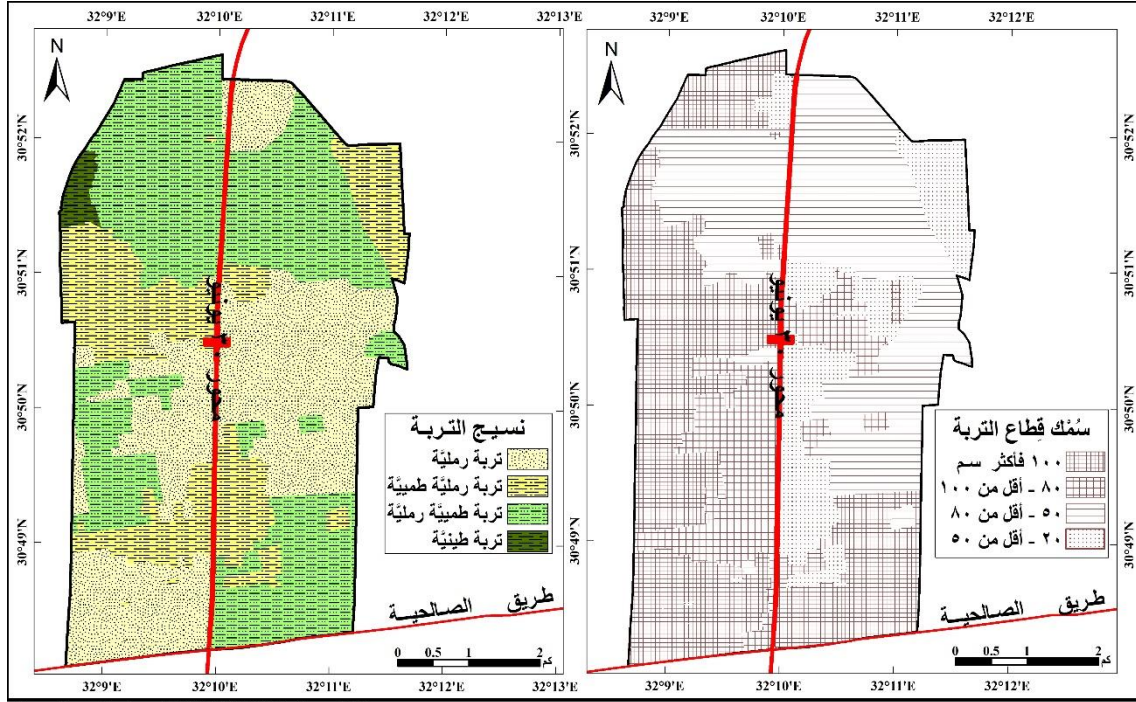
صورة (٣) نموذج لقطاع التربة مُتوسطة العمق، بوحدَة الأراضي الجافة، شرق محور ٣٠ يونيو (قطاع ٥)



صورة (٤) نموذج لأراضي الاستصلاح الزراعي، اعتمادًا على الري بالتنقيط، شرق محور ٣٠ يونيو

النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام البيانات المستشعرة عن بُعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية..... د. محمود عنبر & د. شربات عطية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - ديسمبر ٢٠٢٣



المصدر: اعتمادًا على جدول (٤).

شكل (٨) معيار الخصائص الطبيعية للتربة (سُمك ونسيج التربة) المُستخدم في التقييم البيدوجغرافي للوحدات الجيوبينية بمنطقة الدراسة

- تربة صَحْلَة (٢٠ - أقل من ٥٠ سم): تمنع التربة صَحْلَة العُمق تغلغل جذور النباتات داخل التربة، وتُعيق تصريف المياه الزائدة عن حاجة النباتات إلى أسفل سطح التربة؛ مما يترتب عليه تعفن جذور النباتات، ومن ثم موتها (صورة ٥).



صورة (٥) نموذج لقطاع التربة صَحْلَة العُمق، بوحدة الأراضي الرطبة، غرب محور ٣٠ يونيو (قطاع ١٥)

تبلغ مساحة التربة صَحْلَة العُمُق بمنطقة الدراسة ٤,٦ كم ٢ بنسبة ١٤ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وتتوزع أغلب أراضي هذه الفئة بوحدة الأراضي الرطبة^(١) (صورة ٥). وكما ينتشر بعض أجزاء منها في وحدة الأراضي الجافة، وتندرج تربتها تحت فئة الأراضي ذات القدرة الإنتاجية منخفضة جدًا، أي تربة من الدرجة الرابعة، أي إنها تربة غير ملائمة للزراعة حاليًا (N1)، ولكن من الممكن جدًا رفع قدرتها وجدارتها الإنتاجية، بعد عمل التحسينات والمعالجات الضرورية للتربة.

يتضح مما سبق أن حوالي ٨٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ذات تربة قدرتها الإنتاجية تقع بين القدرة الإنتاجية المتوسطة (S2) والعالية (S1)، من حيث معيار سُمك (عمق) قطاع التربة، حيث إن العلاقة طردية بين سُمك قطاع التربة، والقدرة الإنتاجية؛ إذ إنه كلما زاد سُمك قطاع التربة، كلما زادت وارتفعت الجدارة الإنتاجية للتربة.

ب) نسيج التربة:

يقصد بنسيج التربة أنه النسبة المئوية لمفصولات التربة، أي فصل أحجام الحبيبات عن بعضها البعض، وهو ما يُطلق عليه "ناعم التربة"؛ فهو يُعبر عن تصنيف الحبيبات المعدنية للتربة إلى أحجام رمل، وملت، وطين، وهذا يُعطي مؤشرًا لتحديد خصائص التربة المختلفة، التي ترتبط بالحجم الحبيبي لها (التركماني & عطية، ٢٠١٩، ص ١٣٨). ويرتبط بالنسيج عدد من خواص التربة، مثل: معدل الرشح، وقدرة التربة في الاحتفاظ بالمياه والعناصر الغذائية.

يؤثر النسيج كذلك على درجة مسامية التربة، فالتربة التي تتكون من حبيبات كبيرة الحجم، مثل: الحصى والرمل تتميز بدرجة مسامية عالية؛ مما يعمل على تسرب المياه بسرعة، وبالتالي جفاف التربة. والتربة ذات الحبيبات الناعمة، والناعمة جدًا، مثل: الملت والطين تتميز بقدرتها العالية على الاحتفاظ بالمياه، وبالعناصر الغذائية. ولنسيج التربة تأثير واضح على نمو المحاصيل الزراعية، والتي تُراعى عند تخطيط الأرض واستصلاحها، وتحتوي منطقة الدراسة على أربعة أنواع من التربات، طبقًا للنسيج، من التربة الأخصن، وهي: (الأقل في القدرة الإنتاجية)، إلى التربة الأنعم، وهي: (الأعلى في القدرة الإنتاجية)، ويتضح ذلك من دراسة جدول (٤) و شكل (٨).

(١) يقصد بالأراضي الرطبة، بأنها الأراضي المشبعة بالمياه السطحية أو الجوفية لفترات كافية؛ لدعم حياة النباتات والحيوانات والطيور والأحياء المائية. وتعرف كذلك بالأراضي التي تغمرها المياه بصورة صَحْلَة، من عدة سنتيمترات إلى ستة أمتار، وتكون هذه المياه راكدة أو جارية، بشكل مؤقت أو دائم، سواء أكانت عذبة أم مالحة (Saber, 2022, P.45).

- أراضي ذات نسيج رملي: تُعرف باسم "التربة الرملية"، وتبلغ مساحتها ١١,٥ كم ٢ بنسبة ٣٥ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. تتوزع التربة الرملية في شرق وغرب محور ٣٠ يونيو، وإن كانت في الشرق أكثر؛ حيث توجد أراضي الاستصلاح الزراعي (صورة ٦)، وتوجد كذلك في أقصى شمال منطقة الدراسة في شرق المحور، وفي أقصى الجنوب الغربي من المحور. وتنتشر الأراضي ذات النسيج الرملي، بشكل كبير، في وحدة الأراضي الجافة، التي تضم التكوينات الرملية بأشكالها المختلفة.



صورة (٦) نموذج للأراضي ذات نسيج رملي (التربة الرملية) بوحدة الأراضي الجافة، حيث أراضي الاستصلاح الزراعي، شرق محور ٣٠ يونيو

يساعد النسيج الرملي الخشن للتربة على سرعة غسيل العناصر الغذائية، ونقلها إلى الطبقات تحت السطحية Subsurface؛ مما يؤدي إلى انخفاض القدرة الإنتاجية للتربة، ولذلك فهي تندرج تحت فئة أراضي غير ملائمة (غير مناسبة) للزراعة في الوقت الحالي، من حيث قدرتها الإنتاجية (N1)، وهي تمثل أراضي الدرجة الإنتاجية الرابعة. ولكون الرمال مطلوبة لعمليات البناء في منطقة الدراسة والمناطق القريبة منها، اتضح ذلك خلال المشاهدة الميدانية، فقد تم استغلال بعض منها في عمليات التحجير، وبخاصة الرمال خشنا النسيج (صورة ٧).



صورة (٧) استخدام التربة الرملية، خشنا النسيج، في عمليات التحجير، شرق محور ٣٠ يونيو

- أراضي التربة الرملية الطميية: تبلغ مساحتها ٦,٩ كم ٢ بنسبة ٢١ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة (أي حوالي خمس مساحة منطقة الدراسة)، وهي تربة ملائمة (مناسبة) للزراعة بدرجة ضعيفة (S3)، وتمثل أراضي الدرجة الثالثة من حيث القدرة الإنتاجية. وتنتشر في مواضع متفرقة على مستوى الوحدات الجيوبئية الثلاثة، شرق وغرب محور ٣٠ يونيو (صورة ٨).



صورة (٨) نموذج للأراضي التربة الرملية الطميية، ضعيفة الملاءمة من حيث القدرة الإنتاجية (S3) منزرعة بمحصول الطماطم، شرق محور ٣٠ يونيو

- أراضي التربة الرملية الطميية: أكثر أنواع نسيج التربة انتشارًا بمنطقة الدراسة؛ إذ تبلغ مساحتها ١٤ كم ٢ بنسبة ٤٢,٥ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة (أي ما يقرب من نصف مساحة منطقة الدراسة).

توجد التربة الطميية الرملية، بصورة كبيرة، في وحدة الأراضي شبه الرطبة، وبعض الأجزاء من وحدة الأراضي الرطبة، وقليل من وحدة الأراضي الجافة. وتتميز هذه التربة بأنها قابلة للاستصلاح الزراعي (صورة ٩). وهي متوسطة في قدرتها الإنتاجية، أي إنها تربة ملائمة (مناسبة) للزراعة بدرجة متوسطة (S2)، وبذلك فهي تندرج تحت تربات الدرجة الإنتاجية الثانية، ومع استخدام الأسمدة والمُخصبات الزراعية تزداد قدرتها الإنتاجية.



Location: N 30 52 40 // E 32 09 55 & Elevation: 10 m

صورة (٩) نموذج للأراضي التربة الطميية الرملية، متوسطة الملاءمة من حيث القدرة الإنتاجية (S2) مُنزرعة بمحصول الطماطم، غرب محور ٣٠ يونيو

- أراضي التربة الطينية: هي تربة نهر النيل، وهي أقل أنواع التربة انتشاراً بمنطقة الدراسة؛ إذ تبلغ مساحتها ٠,٥ كم ٢ بنسبة ١,٥% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. تُوجد، بشكل رئيس، في وحدة الأراضي شبه الرطبة، أي الأراضي المُنزرعة في دلتا النيل، غرب محور ٣٠ يونيو. وتتميز بقدرتها الإنتاجية العالية (S1)، وتندرج تحت فئة تربة الدرجة الإنتاجية الأولى (صورة ١٠).



Location: N 30 51 50 // E 32 09 05 & Elevation: 17 m

صورة (١٠) نموذج للأراضي التربة الطينية، عالية الملاءمة من حيث القدرة الإنتاجية (S1) غرب محور ٣٠ يونيو

(٢) معيار الخصائص الكيميائية للتربة:

تم الاعتماد على أربعة خصائص كيميائية للتربة، في هذا المعيار، وهي: (درجة التوصيل الكهربائي، والسعة التبادلية الكاتيونية، والنسبة المئوية للصدويوم المتبادل، ونسبة الجبس)، وسيتم تناولها على النحو التالي:

(أ) درجة التوصيل الكهربائي (ملوحة التربة E_{Ce}):

تعد معرفة درجة ملوحة التربة من الأمور المهمة، التي تُحدد صلاحية التربة للزراعة، فكلما انخفضت درجة الملوحة في التربة كان أفضل للزراعة، وكلما زادت درجة الملوحة في التربة، فإن ذلك يؤثر سلباً على قدرة التربة الإنتاجية. ولهذا فإن العلاقة عكسية بين درجة التوصيل الكهربائي بالتربة ودرجة قدرتها الإنتاجية أو مدى ملاءمة التربة للزراعة. فكلما زادت درجة الملوحة في التربة، كلما انخفضت قدرتها الإنتاجية، والعكس صحيح. وقد تم تقسيم درجة التوصيل الكهربائي بتربة منطقة الدراسة طبقاً لتصنيف (USDA, 2017, P.202) إلى خمس فئات، من الأكثر ملاءمة إلى الأقل ملاءمة، كما يتضح من تحليل جدول (٤)، و قراءة شكل (٩):

- تربة غير ملحية (٠ - أقل من ٢ ديسمنز/ متر): تحتل هذه الفئة المرتبة الثانية من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٨,٦ كم ٢ بنسبة ٢٦,١ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وتأثير الملوحة في هذه الفئة ضئيل، وغير مؤثر على المحاصيل الزراعية، وبالتالي فإنها تُعد تربة ذات درجة ملاءمة عالية (S1) للزراعة. وتوجد في شرق وغرب محور ٣٠ يونيو، بوحدة الأراضي شبه الجافة (أي الأراضي المنزرعة)، وتوجد كذلك في مواضع متفرقة بوحدة الأراضي الجافة (التكوينات الرملية). وتندرج هذه الفئة تحت تربة الدرجة الإنتاجية الأولى.
- تربة قليلة الملوحة (٢ - أقل من ٤ ديسمنز/ متر): تحتل هذه الفئة المرتبة الثالثة من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٦,٥ كم ٢ بنسبة ١٩,٨ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. تؤثر هذه الملوحة الخفيفة فقط على المحاصيل الحساسة جداً للملوحة، وبالتالي فهي ذات درجة ملاءمة متوسطة (S2) للزراعة. توجد التربة قليلة الملوحة شرق المحور، في الأراضي القابلة للاستصلاح الزراعي، بوحدة الأراضي الجافة. وفي غرب المحور، بوحدة الأراضي شبه الجافة. وتندرج هذه الفئة تحت تربة الدرجة الإنتاجية الثانية.

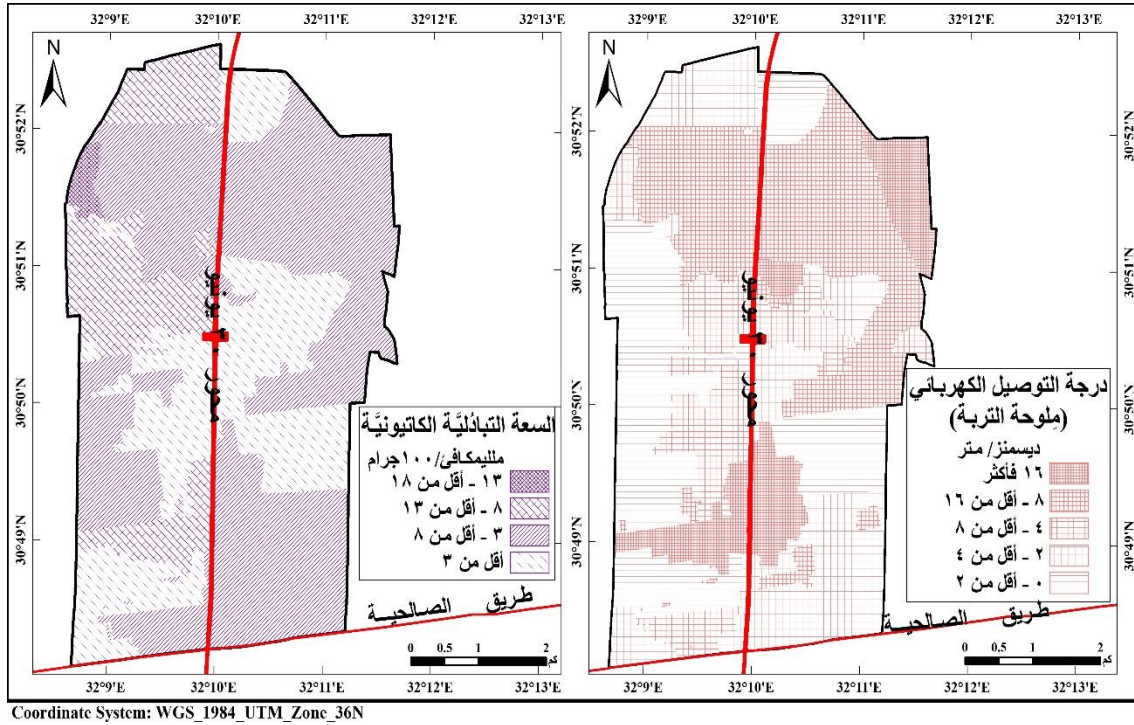
■ تربة متوسطة الملوحة (٤ - أقل من ٨ ديسمنز/ متر): تحتل هذه الفئة المرتبة الرابعة من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٤,٨ كم ٢ بنسبة ١٤,٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. تؤثر هذه الملوحة المتوسطة على كثير من المحاصيل، وبالتالي فهي ذات درجة ملاءمة منخفضة (S3) للزراعة. تنتشر التربة متوسطة الملوحة في منطقة الدراسة، وهي تندرج تحت تربة الدرجة الإنتاجية الثالثة.

■ تربة عالية الملوحة (٨ - أقل من ١٦ ديسمنز/ متر): تحتل هذه الفئة المرتبة الأولى من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٩,٣ كم ٢ بنسبة ٢٨,٣ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وتنمو بها المحاصيل التي تتحمل الملوحة العالية، وهي تربة ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الرابعة، وبالتالي فهي تعد تربة غير ملائمة (N1) للزراعة كثير من المحاصيل. وتنتشر في مواضع متفرقة من منطقة الدراسة، ويتوزع بعضها في وحدة الأراضي شبه الرطبة (المنزرعة)، وكثير منها في وحدة الأراضي الرطبة، شرق محور ٣٠ يونيو (صورة ١١).

■ تربة عالية الملوحة جداً (١٦ فأكثر ديسمنز/ متر): تغطي هذه الفئة أقل مساحة بمنطقة الدراسة؛ حيث تحتل المرتبة الخامسة من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٣,٧ كم ٢ بنسبة ١١,٢ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وتنمو بها بعض المحاصيل والنباتات شديدة المقاومة للملوحة، وهي بذلك تعد تربة غير صالحة (N2) للزراعة بصورة كبيرة. وتقع ضمن التربات ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الخامسة، وتنتشر بكثرة في وحدة الأراضي الرطبة، شرق محور ٣٠ يونيو، وكذلك في الغرب، وبالالاتجاه شمالاً.



صورة (١١) نموذج لأراضي التربة عالية الملوحة (بوحدرة الأراضي الرطبة)، ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الرابعة (N1) شرق محور ٣٠ يونيو (قطاع ٢)



المصدر: اعتمادًا على جدول (٤).

شكل (٩) معيار الخصائص الكيميائية للتربة (ملوحة التربة والسعة التبادلية الكاتيونية) المستخدم في التقييم البيوجغرافي للوحدات الجيوبينية بمنطقة الدراسة

غالبًا ما تصل تربة الأراضي عالية الملوحة جدًا إلى حدّ السبخات، ومن ثمّ انعدام القدرة الإنتاجية، وقد تبين ذلك خلال الدراسات الحقلية لأخذ قطاعات التربة، والتحليل المعملّي لعينات التربة؛ حيث يؤدي تراكم الأملاح الذائبة في التربة إلى حدوث إحدى أخطر المشكلات التي تلازم الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة (كما في منطقة الدراسة)، وهي مشكلة تعدق التربة (صورة ١٢).



ومع ارتفاع درجة الحرارة والجفاف الشديد، وكذلك زيادة طاقة التبخر من سطح التربة فإن ذلك يؤدي إلى تركيز الأملاح، وظهورها على سطح التربة في صورة فُشور ملحية، ومن ثم مشكلة تملح التربة. وينتج عنها تراكم سطحي أو قريب من السطح للألاح؛ مما يترتب عليه تدهور للتربة، الذي يؤدي بدوره إلى انخفاض القدرة الإنتاجية لها، وبالتالي تقلص مساحة الأراضي الزراعية، خاصة في شرق المحور.

(ب) السعة التبادلية الكاتيونية بالتربة:

تعد السعة التبادلية الكاتيونية من الخصائص ذات الأهمية الكبيرة بالتربة، وهي تعني الدرجة التي تستطيع عندها التربة امتصاص وتبادل الكاتيونات، والتي تحمل شحنة موجبة (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٧٥). وكلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية بالتربة زادت قدرة النباتات على الإمساك بالأسمدة المضافة إليها، لذا فإن زيادتها تكون أفضل في تقييم القدرة الإنتاجية للتربة، وتتأثر بنوع وكمية الطين، وكمية المادة العضوية، والرقم الهيدروجيني للتربة (هاوسنبيلر، ٢٠٠٠، ص ص ٢٨٥-٢٩٥). والعلاقة بين كل من السعة التبادلية الكاتيونية، ونسيج التربة هي علاقة طردية، فكلما زادت نسبة الطين بالتربة زادت السعة التبادلية الكاتيونية، وبالتالي تكون أفضل بالنسبة لنمو النبات، وقد تم تقسيمها بمنطقة الدراسة إلى أربع فئات، كما يتضح من تحليل جدول (٤)، و قراءة شكل (٩):

- تربة منخفضة السعة التبادلية الكاتيونية (أقل من ٣ ملليمكافى/ع/ ١٠٠ جرام): ترتبط هذه الفئة بالتربة الرملية، التي تمثل وحدة الأراضي الجافة، وتحتل المرتبة الثانية من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٩,٨ كم ٢ بنسبة ٢٩,٨ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. ويتسم هذا النوع من التربة بالقدرة الإنتاجية من الدرجة الرابعة أي غير ملائمة (N1)؛ نظراً لقلّة نسبة الطين بها، مما يؤدي إلى ارتفاع نسبة الصوديوم الممتص، وسوء خصائص التربة.
- تربة متوسطة السعة التبادلية الكاتيونية (٣- أقل من ٨ ملليمكافى/ع/ ١٠٠ جرام): تحتل المرتبة الأولى من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ١٧,٥ كم ٢ بنسبة ٥٣,٢ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. ويتسم هذا النوع من التربة بالقدرة الإنتاجية من الدرجة الثالثة أي ذات ملائمة ضعيفة (S3)، وتوجد بالتربة التي ترتفع بها نسبة الرمل، وتقل فيها نسبة الطين، كما هو الحال في التربة الرملية الطميية.

- تربة عالية السعة التبادلية الكاتيونية (٨- أقل من ١٣ ملليمكافى/ع/١٠٠ جرام): تحتل المرتبة الثالثة من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ٥,٢ كم ٢ بنسبة ١٥,٨ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. ويتسم هذا النوع من التربة بالقدرة الإنتاجية من الدرجة الثانية أي ذات مُلاءمة متوسطة (S2)، وهي تنتشر في التربة التي ترتفع بها نسبة السلت، وتقل فيها نسبة الطين، كما هو الحال في التربة الطميية الرملية.
- تربة عالية السعة التبادلية الكاتيونية جداً (١٣- أقل من ١٨ ملليمكافى/ع/١٠٠ جرام): ترتبط هذه الفئة بالتربة الطينية، التي تمثل، بصورة كبيرة، وحدة الأراضي شبه الرطبة (الأرض المنزرعة). وتحتل المرتبة الرابعة من حيث المساحة؛ حيث لا تزيد مساحتها على ٠,٥ كم ٢ بنسبة ١,٢ % فقط من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. ويتميز هذا النوع من التربة بالقدرة الإنتاجية من الدرجة الأولى أي ذات مُلاءمة عالية (S1).

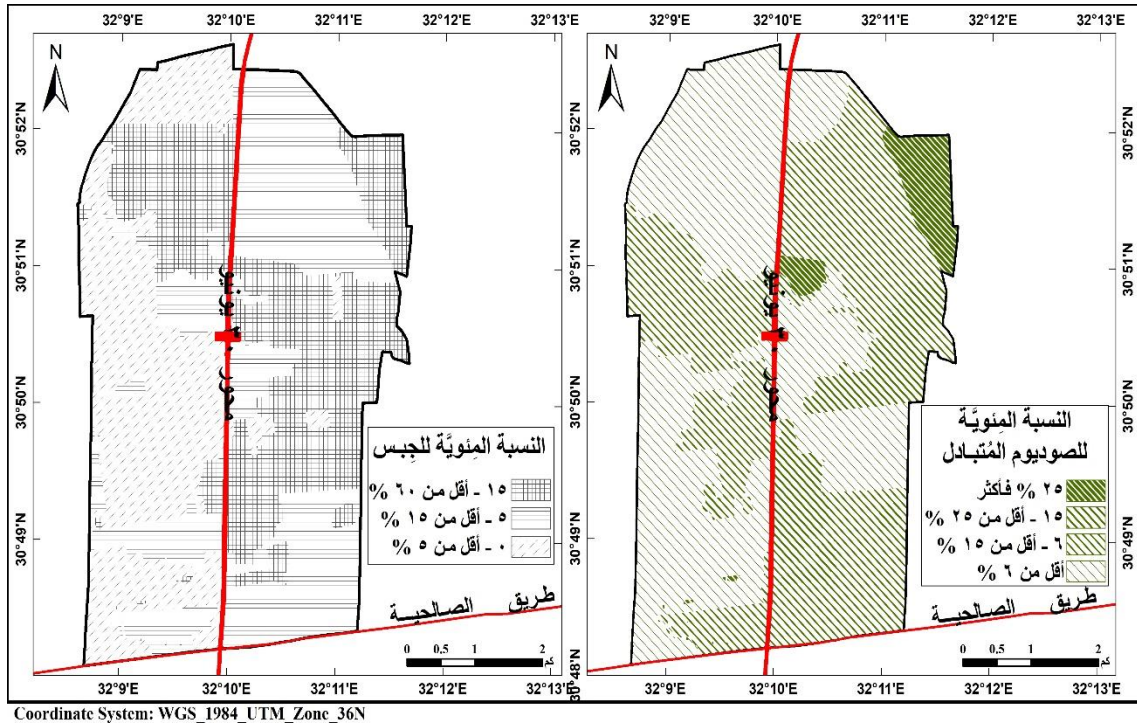
ج) النسبة المئوية للصوديوم المتبادل:

يؤدي ارتفاع نسبة الصوديوم المتبادل في التربة إلى إضعاف قدرتها الإنتاجية، حيث ترتفع نسبة الصوديوم المتبادل بالتربة القلوية الغنية بالصوديوم، وغالبًا ما يحدث ذلك بالمناطق ذات المناخ الجاف (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٧٦). وقد تم تقسيم منطقة الدراسة إلى أربع فئات، كما يتضح من تحليل جدول (٤)، و قراءة شكل (١٠):

- تربة منخفضة الصوديوم المتبادل (أقل من ٦ %) : تحتل هذه الفئة المرتبة الأولى من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ١٤,٦ كم ٢ بنسبة ٤٤,٤ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وهي مناسبة لنمو جميع المحاصيل الزراعية؛ حيث إنها تربة ذات درجة مُلاءمة عالية (S1) أي قدرة إنتاجية من الدرجة الأولى. وتنتشر في مواضع متفرقة من منطقة الدراسة (شرق وغرب محور ٣٠ يونيو) على مستوى الوحدات الجيوبينية الثلاث.
- تربة متوسطة الصوديوم المتبادل (٦- أقل من ١٥ %) : تحتل هذه الفئة المرتبة الثانية من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ١٣,٥ كم ٢ بنسبة ٤١ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وهي مناسبة لنمو العديد من المحاصيل الزراعية؛ حيث لا تسبب نسبة الصوديوم المتبادل أي ضرر لخصائص التربة الطبيعية، ولذا فهي تربة ذات درجة مُلاءمة متوسطة (S2)، وبالتالي فهي تنتمي لفئة الأراضي

ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الثانية. وتنتشر في مواضع متفرقة من منطقة الدراسة (شرق وغرب المحور) بوحدتي الأراضي الجافة، وشبه الرطبة.

- تربة عالية الصوديوم المتبادل (١٥ - أقل من ٢٥ %): تغطي هذه الفئة مساحة ٣,٣ كم ٢ بنسبة ١٠ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وبذلك تحتل المرتبة الثالثة من حيث المساحة. وهي تربة جيدة، ومناسبة المحاصيل الزراعية، بدرجة ملاءمة منخفضة (S3)، وتنتمي لفئة الأراضي ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الثالثة. وتوزع في مواضع متفرقة من منطقة الدراسة (شرق وغرب المحور).
- تربة عالية الصوديوم المتبادل جدًا (٢٥ % فأكثر): تغطي هذه الفئة أقل مساحة بمنطقة الدراسة، وتحتل المرتبة الرابعة؛ حيث تبلغ مساحتها ١,٥ كم ٢ بنسبة ٤,٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وهي تربة غير ملاءمة للزراعة في الوقت الحالي (N1)، أي إنها تندرج تحت فئة الدرجة الرابعة، من حيث القدرة الإنتاجية، ويمكن التغلب على معوقات الزراعة بها، مع استخدام المخصبات والأسمدة، وصون التربة. وتوجد في مواضع متفرقة من منطقة الدراسة (شرق وغرب المحور) بوحدة الأراضي الرطبة.



المصدر: اعتمادًا على جدول (٤).

شكل (١٠) معيار الخصائص الكيميائية للتربة (النسبة المنيوية للصوديوم المتبادل والنسبة المنيوية للجبس) المستخدم في التقييم البيدوجغرافي للوحدات الجيوبينية بمنطقة الدراسة

د) النسبة المئوية للجبس (كبريتات الكالسيوم):

تتكوّن التربة الجبسية من صخور جبسية، في المناطق الجافة وشبه الجافة (قليلة الأمطار)؛ حيث تعمل الأمطار على إذابة الجبس وغسله. ويوجد الجبس في التربة إما من خلال مادة الأصل، التي تتكوّن منها مادة التربة، أو من خلال مياه الري التي تروى بها التربة (كما الحال في منطقة الدراسة). ووجود الجبس بنسبة قليلة في التربة لا يؤثر على النبات، بل يعطي صفات فيزيائية جيدة للتربة، بينما يؤثر ارتفاع نسبة الجبس تأثيراً سلبياً على التربة؛ حيث يفقدها المياه، وتحدث أضراراً بالتربة، ويُطلق عليها "كبريتات الكالسيوم" (عماشة، ٢٠١٩، ص ٢٧٧-٢٧٨). وقد تمّ تقسيم منطقة الدراسة، حسب النسبة المئوية للجبس في التربة، إلى **ثلاث فئات**، كما يتضح من تحليل جدول (٤)، و قراءة شكل (١٠):

- **تربة منخفضة في نسبة الجبس (٠ - أقل من ٥ %):** تُعدّ هذه الفئة من أفضل أنواع الأراضي من حيث القدرة الإنتاجية؛ نظراً لانخفاض النسبة المئوية للجبس بها، وبالتالي فهي ذات درجة ملاءمة عالية (S2)، وترتبتها ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الأولى. تغطي مساحة ١١,٢ كم ٢ بنسبة ٣٤ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وتنتشر على مساحة كبيرة في غرب محور ٣٠ يونيو، وعلى مساحات متفرقة في شرق المحور، وتوجد، بصورة كبيرة، بوحدّة الأراضي شبه الرطبة.
- **تربة متوسطة في نسبة الجبس (٥ - أقل من ١٥ %):** تحتلّ هذه الفئة أكثر من ثلث مساحة منطقة الدراسة، أي إنها في المرتبة الأولى من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ١١,٥ كم ٢ بنسبة ٣٥ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وهي مناسبة للزراعة، بدرجة ملاءمة متوسطة (S2) أي إن تربتها ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الثانية، وتنتشر على مساحة كبيرة في شرق المحور، وعلى مساحات متفرقة في غرب المحور. وتوجد كذلك، بصورة كبيرة، بوحدّة الأراضي الجافة.
- **تربة عالية في نسبة الجبس (١٥ - أقل من ٦٠ %):** تحتلّ هذه الفئة المرتبة الثالثة من حيث المساحة؛ إذ تبلغ مساحتها ١٠,٢ كم ٢ بنسبة ٣١ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. وترتبتها ذات قدرة إنتاجية من الدرجة الثالثة، بدرجة ملاءمة منخفضة (S3). وتغطي مساحة كبيرة من وحدة الأراضي الرطبة، شرق محور ٣٠ يونيو، ومساحات متفرقة من وحدة الأراضي شبه الرطبة في غرب المحور.

(٣) معيار الخصائص الكيميائية للمياه:

يرتبط وجود ووفرة الكائنات الحية، في أية منطقة بيئية، بوفرة وجودة الماء ونسبة محتوياته من المواد العضوية واللاعضوية، وكذلك درجة حموضته وملوحته (بوران & أبو دية، ١٩٩٤، ص ٩٧). كما أن الأراضي الغدقة تحتوي على نسبة منخفضة من الأكسجين.

تعد دراسة جودة وصالحية المياه للري من الأمور المهمة الواجب وضعها في الاعتبار أثناء وضع الخطط التنموية في مجال الزراعة واستصلاح الأراضي، بالاعتماد على المياه الجوفية والسطحية؛ لزيادة قدرة التربة الإنتاجية.

يؤدي استخدام المياه الجوفية في نشاط الزراعة، بالمناطق الجافة الحارة، التي تندر فيها الأمطار، إلى زيادة ملوحة التربة، ويحد من اختيار أنواع المحاصيل للزراعة؛ لذلك كان من المهم تحديد جودة مياه الري، حيث توجد معايير أساسية لتقييم جودة المياه لأغراض الري، وسوف يتم تقييم جودة وصالحية المياه بمنطقة الدراسة، بغرض إدارتها وتوجيهها نحو الاستخدام الملائم في ضوء تحليل خصائصها الكيميائية، طبقاً للمواصفات القياسية العالمية والمحلية، التي تحدد مدى صلاحيتها للأغراض المختلفة.

سيتم الاعتماد في هذه الدراسة على تحليل الخصائص الكيميائية لعينات المياه المأخوذة من منطقة الدراسة (جدول ٥)، لمعرفة مدى صالحية المياه بمنطقة الدراسة لأغراض الري والزراعة، وسقيا الحيوانات.

جدول (٥) معيار الخصائص الكيميائية لعينات المياه المأخوذة من منطقة الدراسة

رقم العينة	Ece (ppm)	PH	الكاتيونات ملليمكافى/لتر				الأيونات ملليمكافى/لتر			
			كالمسيوم Ca++	ماغنسيوم Mg++	صوديوم Na+	بوتاسيوم k+	كربونات Co3	بيكربونات Hco3	كلوريد Cl	كبريتات So4
١	١٢٤٦,٤	٧,٦	١,٨٢	٢,٣٤	١٤,٦٦	٠,٠٧	٣,٥٨	٧,٩٧	٧,٣٣	
٢	١٨٣٠,٤	٨,٧	٠,٩١	٢,٢١	٢٣,٤٨	٠,٢٣	٩,٦٢	٥,٥٩	١١,٦١	
٣	٨٣٢	٧,٦	٤,٢٤	١,٩٩	٥,٧٤	٠,١٤	١,٩٨	٦,٤٤	٣,٧	
٤	١٩٤٥,٦	٧,٤	٥,١٥	٥,٢٤	١٦,٤٢	٠,٣٤	١,٨٩	١٦,٦١	٨,٦٥	
٥	١٩٨٤	٧,٦	٥,٧٦	٦,٧١	١٦,٠٦	٠,٦٨	٣,٠٢	١٧,٢٩	٨,٩١	
٦	١٦٠٠	٧,٤	٦,٦٧	٤,٧٦	١٢,٩	٠,٥٥	٣,٤	١٣,٢٢	٨,٢٦	

المصدر: (الدراسة الميدانية: ٢٥ فبراير ٢٠٢٣)، تم التحليل بمعامل معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الجزيرة.

تم استخدام أربع خصائص أساسية لتقييم جودة المياه، وهي: (درجة التوصيل الكهربائي Ece، وتركيز كربونات الصوديوم المتبقية RSC، ونسبة ادمصاص الصوديوم SAR، ودرجة التوصيل الكهربائي مع نسبة ادمصاص الصوديوم)، ويمكن يتم تناولها على النحو التالي:

أ) تقييم جودة المياه طبقاً لدرجة التوصيل الكهربائي (الملوحة Ece):

يُعبّر -عادةً- عن درجة الملوحة في المياه أو في التربة بدرجة التوصيل الكهربائي (Ece) Electrical Conductivity، والتي تُقاس بالجزء في المليون (ppm) parts per million، وهي تُعد من أهم الصفات الكيميائية، التي يجب قياسها ومعرفة درجتها في المياه أو التربة؛ حيث إن درجة الملوحة من أهم العوامل التي تُحدد نوع المحصول، وتُعد كذلك مقياساً لاحتمالية تراكم الأملاح في التربة. كما تؤثر درجة الملوحة في تحديد أفضل طريقة يمكن استخدامها في الري.

يرفع الملح الزائد من الضغط (الشّد) الأسموزي Osmotic Suction لمحلول التربة؛ مما يؤدي إلى حدوث حالة جفاف فسيولوجية للتربة، على الرغم من أنها في الحقل تبدو كأنها رطبة أو أكثر رطوبة، ويؤدي ذلك بدوره إلى ذبول النبات؛ بسبب عدم قدرة الجذور النبات على امتصاص المياه من التربة؛ حيث إن قوة شدّ حبيبات الملح للمياه تفوق قوة سحب جذور النبات للمياه، وبذلك يصعب على النبات الحصول على الماء والعناصر الغذائية الكافية لنموه من التربة.

وقد تم تقسيم عينات المياه، التي أُخذت من منطقة الدراسة، تبعاً لصلاحيتها لأغراض الري والزراعة، وسقياً الحيوانات، بناءً على درجة التوصيل الكهربائي، وذلك حسب تصنيف (Follett & Soltanpour, 2002)، (جدول ٦).

❖ تقييم جودة المياه، طبقاً لدرجة التوصيل الكهربائي (الملوحة Ece) بغرض الري والزراعة:

يتضح من تحليل جدول (٦) أن فئات ملوحة المياه بمنطقة الدراسة، تبعاً لصلاحيتها للري والزراعة، كما يلي:

- مياه ملوحتها أقل من ٥٠٠ (جزء في المليون ppm): وهذه المياه تصلح لري جميع أنواع المحاصيل في جميع أنواع الأراضي؛ لأنها مياه غير ملحية. وهذه الفئة لم يتم تسجيلها في عينات المياه التي أُخذت من منطقة الدراسة.

جدول (٦) ملوحة المياه بمنطقة الدراسة، بغرض صلاحيتها للري والزراعة،

وفقاً لدرجة التوصيل الكهربائي (الملوحة E_{Ce})

محتوى المياه من الأملاح الذائبة (ppm)	صفة ملوحة المياه	درجة التأثير الجيوبيئي	عدد العينات	% من إجمالي عدد العينات
أقل من ٥٠٠	غير ملحية	لا توجد آثار ضارة	-	٠
١٠٠٠-٥٠٠	خفيفة الملوحة	تؤثر على المحاصيل الحساسة	١	١٦,٧
٢٠٠٠-١٠٠٠	متوسطة الملوحة	تؤثر على العديد من المحاصيل	٤	٦٦,٦
٥٠٠٠-٢٠٠٠	شديدة الملوحة	تستخدم للمحاصيل التي تتحمل الملوحة	١	١٦,٧
الإجمالي				
١٠٠				

المصدر: تصنيف (Follett & Soltanpour, 2002) & تم التحليل بمعامل معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الجيزة.

- مياه ملوحتها من ٥٠٠ - ١٠٠٠ (جزء في المليون ppm): هذا المقدار من الملوحة قد يكون له تأثير ضار على المحاصيل الحساسة للملوحة فقط. وقد سُجّلت قيم هذه الفئة في عينة واحدة فقط من عينات المياه، وهو ما يُمثّل ١٦,٧ % من إجمالي عدد عينات المياه المُمثلة لمنطقة الدراسة، وهي تُمثّل مياه ترعة الكسارة، التي تأخذ مياهها من فرع دمياط (صورة ١٣).



صورة (١٣) أخذ عينة مياه من ترعة الكسارة

- مياه ملوحتها من ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ (جزء في المليون ppm): تصلح هذه المياه لري الأراضي جيدة الصرف، ولزراعة المحاصيل التي تتحمل الملوحة، مثل أشجار النخيل (صورة ١٤). على أن يتم استخدام كميات أكبر من المياه لغسيل التربة من الأملاح؛ حيث إن زيادة معدلات الري تساعد على غسيل التربة من الأملاح^(١). و قد تم تسجيل قيم هذه الفئة في أربع عينات، تمثل ٦٦,٦ % من إجمالي عدد عينات المياه المأخوذة من منطقة الدراسة.



صورة (١٤) زراعة أشجار النخيل في الأرض الملحية، شرق محور ٣٠ يونيو

- مياه ملوحتها من ٢٠٠٠ - ٥٠٠٠ (جزء في المليون ppm): وهي مياه شديدة الملوحة Very High Salinity Water، وتستخدم لري الأراضي جيدة الصرف وذات نفاذية عالية، مع زراعة محاصيل شديدة التحمل للملوحة. وتشمل هذه الفئة عينة واحدة تم أخذها من إحدى المساقى بمنطقة الدراسة (صورة ١٥)، وهو ما يمثل ١٦,٧ % من إجمالي عدد عينات المياه الممثلة لمنطقة الدراسة. والسبب الرئيس في ارتفاع ملوحة هذه المياه هو نقص كمية مياه الري وانكشافها، وبالتالي تعرضها للتبخّر المستمر مما يؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح. ويُفضل استخدام مثل هذه المياه في زراعة أشجار النخيل، التي لها قدرة على تحمل الملوحة العالية.

(١) غسيل الأرض الملحية يُقصد به: إضافة المياه على سطح الأرض؛ بحيث تختلط بالمحلول الأرضي وتذيب الأملاح الموجودة بها، والسماح لهذه المياه بالصرف خارج مجال المجموع الجذري (من خلال تخللها قطاع التربة)، حاملة معها الأملاح الزائدة إلى شبكة الصرف أو إلى أعماق بعيدة عن مجال المجموع الجذري؛ بحيث تصبح الملوحة في التربة خلال هذا المجال قليلة، وتسمح بنمو المجموع الجذري وبتنتاج المحصول إنتاجاً اقتصادياً.



صورة (١٥) أخذ عينة مياه من إحدى البرك بمنطقة الدراسة

❖ تقييم جودة المياه، طبقاً لدرجة التوصيل الكهربائي (الملوحة Ece) بغرض سقيا الحيوانات:

ترتبط مشروعات الثروة الحيوانية بالتنمية الزراعية؛ لذا فمن المهم دراسة مدى صلاحية المياه، بمنطقة الدراسة، لسقيا الحيوانات. وقد تم الاعتماد على تصنيف (Ayers & Westcot, 1989)، الذي يستخدم درجة التوصيل الكهربائي، كمقياس لتقييم المياه، كما يتضح في (جدول ٧).

جدول (٧) جودة المياه بمنطقة الدراسة، بغرض سقيا الحيوانات،

وفقاً لدرجة التوصيل الكهربائي (الملوحة Ece)

محتوى المياه من الأملاح الذائبة (ppm)	جودة المياه	عدد العينات	% من إجمالي عدد العينات
أقل من ١٥٠٠	ممتاز ويصلح لجميع أنواع الحيوانات والدواجن	٢	٣٣,٣
١٥٠٠-٥٠٠٠	مقبول جداً	٤	٦٦,٧
٥٠٠٠-٨٠٠٠	مقبول للحيوانات، وغير صالح للدواجن	-	-
٨٠٠٠-١١٠٠٠	محدود الاستخدام للحيوانات	-	-
١١٠٠٠-١٦٠٠٠	محدود الاستخدام جداً	-	-
أكثر من ١٦٠٠٠	يُوصى بعدم استخدامه	-	-
الإجمالي		٦	١٠٠

المصدر: تم التحليل بمعامل معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الجيزة.

يَتَضَحُّ مِنْ تَحْلِيلِ جَدُول (٧)، الَّذِي اعْتَمَدَ عَلَى تَصْنِيفِ (Ayers & Westcot, 1989) كَمَقْيَاسٍ لَتَقْيِيمِ الْمِيَاهِ، وَفَقًا لَدَرَجَةِ التَّوَصِيلِ الْكَهْرِبَائِيِّ (المِلْوَحَةُ ECe)، أَنَّ جَمِيعَ عَيِّنَاتِ الْمِيَاهِ الْمَأْخُوذَةِ مِنْ مَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ، تَقَعُ بَيْنَ الْفَتْنَتَيْنِ (الأولى، والثانية) أَي أَنَّ مَحْتَوَى الْمِيَاهِ مِنَ الْأَمْلَاحِ الذَائِبَةِ أَقَلُّ مِنْ ٥٠٠٠ (جُزءٌ فِي الْمِلْيُونِ ppm)، وَذَلِكَ يَدُلُّ عَلَى أَنَّ جُودَةَ الْمِيَاهِ بِمَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ مُمْتَازَةٌ، وَصَالِحَةٌ لِسُقْيَا جَمِيعِ أَنْوَاعِ الْحَيَوَانَاتِ وَالطَّيُورِ، كَالْمَاشِيَةِ وَالْمَاعِزِ وَالدَّوَاجِنِ (صُورَةٌ ١٦).



صُورَةٌ (١٦) نَمُودَجٌ لِتَرْبِيَةِ وَرَعِي، وَسُقْيَا الْحَيَوَانَاتِ، شَرْقِ مَحْوَرِ ٣٠ يُونِيُو

(ب) تَقْيِيمُ جُودَةِ الْمِيَاهِ، طَبَقًا لِتَرْكِيزِ كَرْبُونَاتِ الصُّودِيُومِ الْمُتَبَقِّيَّةِ (RSC):

تُعْبَرُ كَرْبُونَاتِ الصُّودِيُومِ الْمُتَبَقِّيَّةِ (Residual Sodium Carbonate (RSC) عَنْ مَقْدَارِ الْبِيكَرْبُونَاتِ وَالْكَرْبُونَاتِ الذَائِبَةِ فِي الْمِيَاهِ مَطْرُوحًا مِنْهُ تَرْكِيزُ عُنْصُرِي الْكَالْسِيُومِ وَالْمَاغْنِيسِيُومِ الذَائِبِينَ فِي الْمِيَاهِ، وَيَتَمَّ حِسَابُهُ مِنْ خِلَالِ الْمَعَادِلَةِ التَّالِيَةِ (Ismail et al., 2015):

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \text{ mEq/L}$$

تُصَنَّفُ صَالِحِيَّةُ الْمِيَاهِ، بِمَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ، بِنَاءً عَلَى قِيَمَةِ RSC، وَطَبَقًا لِتَصْنِيفِ (Ismail et al., 2015) إِلَى ثَلَاثِ فَنَاتٍ، هِيَ: أَقَلُّ مِنْ ١,٢٥ (مِيَاهُ آمَنَةٌ)، ١,٢٥ - أَقَلُّ مِنْ ٢,٥ (مِيَاهُ مَحْدُودَةٌ الصَّلَاحِيَّةُ)، ٢,٥ فَأَكْثَرُ (غَيْرُ صَالِحَةٍ). وَقَدْ سَجَّلَتْ عَيِّنَاتُ الْمِيَاهِ، الْمَأْخُوذَةُ مِنْ مَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ، قِيَمًا أَقَلُّ مِنْ ١,٢٥، بِاسْتِثْنَاءِ الْعَيْنَةِ رَقْمِ (٢) فَقَدْ سَجَّلَتْ قِيَمَةً مُرْتَفَعَةً ٦,٥١ .

يَتَبَيَّنُ مِمَّا سَبَقَ أَنَّ مِيَاهَ مَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ، طَبَقًا لِمَعْيَارِ كَرْبُونَاتِ الصُّوْدِيُومِ المُتَبَقِّيَّةِ، أَمْنَةٌ وَصَالِحَةٌ لِلِاسْتِخْدَامِ فِي الرِّيِّ دُونَ حُدُوثِ مَشَاكِلِ التَّرْبِيَّةِ، بِاسْتِثْنَاءِ العَيِّنَةِ رَقْمِ (٢)، فَهِيَ مِيَاهٌ غَيْرُ صَالِحَةٍ لِلرِّيِّ، نَظَرًا لِأَنَّهَا مُمَثِّلَةٌ لِمِيَاهِ سَبْحَةٍ.

ج) تَقْيِيمُ جُودَةِ المِيَاهِ طَبَقًا لِنِسْبَةِ اِدْمِصَاصِ الصُّوْدِيُومِ Sodium Adsorption Ratio (SAR)^(١):

يُسَاهِمُ الصُّوْدِيُومُ، بِشَكْلِ مُبَاشِرٍ، فِي المِلُوحَةِ الكُلِّيَّةِ للمِيَاهِ، وَقَدْ يَكُونُ عُنْصُرًا سَامًّا لِلْمَحَاصِيلِ الحَسَّاسَةِ لِلْمِلُوحَةِ، مِثْلُ: الخُضْرُ وَأَشْجَارِ الفَاكْهَةِ، وَلَهُ تَأْتِيرٌ كَذَلِكَ عَلَى الخِصَائِصِ الفِيزِيَائِيَّةِ لِلتَّرْبَةِ (مِثْلُ: تَدَهُورِ بِنِيَّةِ التَّرْبَةِ). كَمَا تُسَاعِدُ (SAR) أَيْضًا عَلَى التَّنْبُوِّ بِمَا يُمَكِّنُ أَنْ يُحْدِثَهُ الصُّوْدِيُومُ فِي التَّرْبَةِ نَتِيجَةً لِلرِّيِّ بِمِيَاهٍ ذَاتِ صِفَاتٍ مُعَيَّنَةٍ، وَيُمْكِنُ الحِصُولُ نِسْبَةِ اِدْمِصَاصِ الصُّوْدِيُومِ (SAR) مِنْ خِلَالِ تَطْبِيقِ مُعَادَلَةِ (El-Tahlawi et al., 2014)، كَمَا يَتَضَحُّ فِي (جَدُولِ ٨).

$$SAR = Na^+ / \sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}} / 2 \text{ mEq/L}$$

حَيْثُ إِنَّ:

Na = كَاتِيُونِ الصُّوْدِيُومِ الذَّائِبِ.

Ca = اِتْيُونِ الكَالْسِيُومِ الذَّائِبِ.

Mg = المَاغْنِسيُومِ الذَّائِبِ.

جَدُولُ (٨) جُودَةِ المِيَاهِ بِمَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ، تَبَعًا لِنِسْبَةِ اِدْمِصَاصِ الصُّوْدِيُومِ (SAR)

نسبة الصوديوم المدمص	الخاصية	عدد العينات	% من إجمالي عدد العينات
صفر - أقل من ١٠	منخفضة	٤	٦٦,٦
١٠ - أقل من ١٨	متوسطة	١	١٦,٧
١٨ - أقل من ٢٦	مرتفعة	١	١٦,٧
٢٦ فأكثر	مرتفعة جدًا	٠	٠
الإجمالي			١٠٠

المصدر: من حساب الباحثين، اعتمادًا على تطبيق معادلة (El-Tahlawi et al., 2014).

(١) يُشَارُ إِلَى مَخَاطِرِ الصُّوْدِيُومِ فِي مِيَاهِ الرِّيِّ بِ (نِسْبَةِ اِدْمِصَاصِ الصُّوْدِيُومِ Sodium Adsorption Ratio، وَيُرْمَزُ لَهَا بِالْحُرُوفِ المُخْتَصِرَةِ "SAR").

يَتَضَحُّ مِنْ تَحْلِيلِ جَدُولِ (٨) أَنَّ مَنطِقَةَ الدِّرَاسَةِ تَقَعُ ضِمْنَ الفِئَاتِ الثَّلَاثِ الأُولَى، كَمَا يَلِي:

- مِيَاهُ مُنخَفِضَةٌ فِي نِسْبَةِ الصُّودِيُومِ المَدْمَصِ (صفر - أقل من ١٠ %) : تَمَّ تَسْجِيلُ هَذِهِ الفِئَةِ فِي أَرْبَعِ عَيِّنَاتٍ بِمَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ، بِنِسْبَةِ ٦٦,٦ % مِنْ إِجْمَالِي عَدَدِ العَيِّنَاتِ، أَي أَنَّ أَكْثَرَ مِنْ نِصْفِ عَيِّنَاتِ المِيَاهِ المَأخُودَةِ مِنْ مَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ صَالِحَةٌ لِرَيِّ وَزِرَاعَةِ جُلِّ المَحَاصِيلِ، وَكَذَلِكَ لَيْسَ لَهَا تَأْثِيرٌ عَلَى ارْتِفَاعِ دَرَجَةِ مِلُوحَةِ التُّرْبَةِ.
- مِيَاهُ مُتَوَسِّطَةٌ فِي نِسْبَةِ الصُّودِيُومِ المَدْمَصِ (١٠ - أقل من ١٨ %) : تَشْمَلُ عَيِّنَةٌ وَاحِدَةً مِنْ عَيِّنَاتِ المِيَاهِ، وَهُوَ مَا يُمَثِّلُ ١٦,٧ % مِنْ إِجْمَالِي عَدَدِ عَيِّنَاتِ المِيَاهِ المُمَثِّلَةِ لِمَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ.
- مِيَاهُ مُرْتَفَعَةٌ فِي نِسْبَةِ الصُّودِيُومِ المَدْمَصِ (١٨ - أقل من ٢٦ %) : سُجِّلَتْ فِي عَيِّنَةٍ وَاحِدَةٍ فَقَطْ مِنْ عَيِّنَاتِ المِيَاهِ، وَهُوَ مَا يُمَثِّلُ ١٦,٧ % مِنْ إِجْمَالِي عَدَدِ عَيِّنَاتِ المِيَاهِ المُمَثِّلَةِ لِمَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ، مِمَّا يَدُلُّ عَلَى أَنَّ المِيَاهَ فِي مَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ آمِنَةٌ وَصَالِحَةٌ لِلرَيِّ وَالزِّرَاعَةِ، وَسُقْيَا الحَيَوَانَاتِ.

(د) تَقْيِيمُ جَوْدَةِ المِيَاهِ طَبَقًا لِدَرَجَةِ التَّوَصِيلِ الكَهْرِبَائِيِّ (ECe)، وَنِسْبَةِ اِدْمَاصِ الصُّودِيُومِ (SAR)^(١):

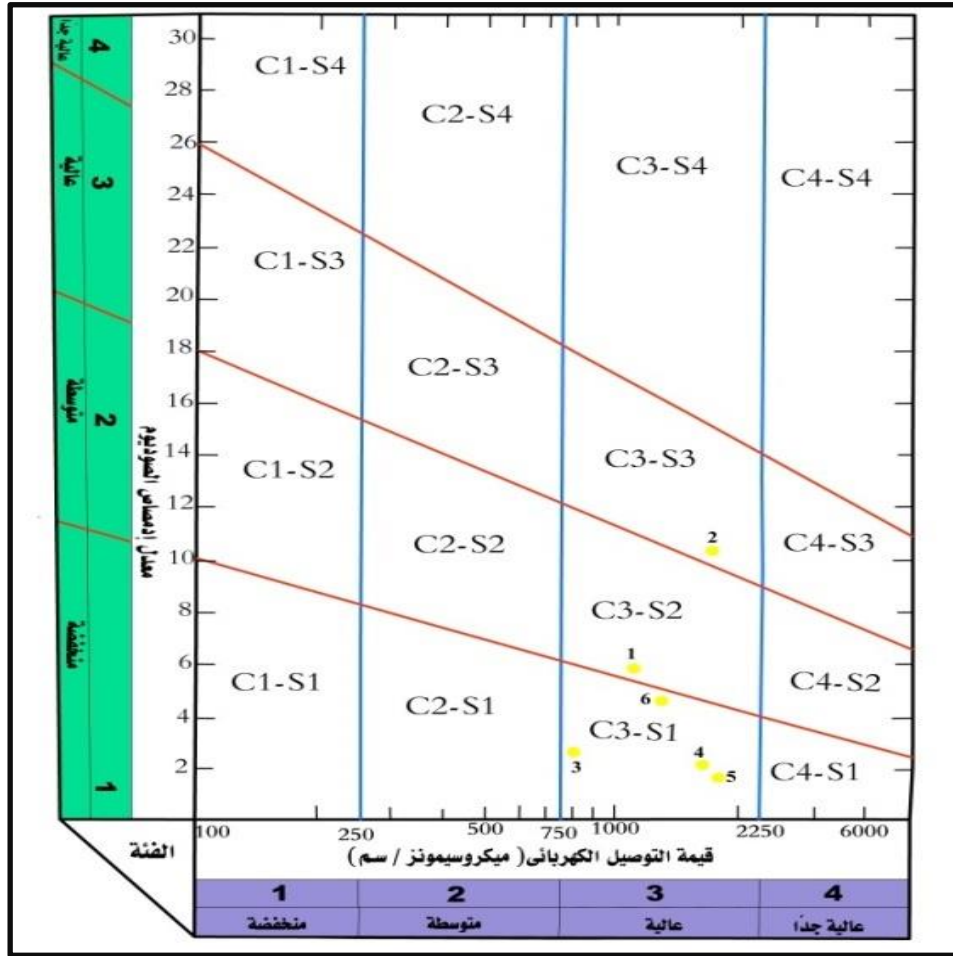
تَمَّ تَقْيِيمُ جَوْدَةِ المِيَاهِ خِلَالَ تَوْقِيعِ قِيَمِ المِلُوحَةِ، وَقِيَمِ وَنِسْبَةِ اِدْمَاصِ الصُّودِيُومِ عَلَى مُخَطَّطِ رَيْتشارْد، ثُمَّ تَحْدِيدِ الرَّتْبَةِ الَّتِي تَقَعُ فِيهَا عَيِّنَةُ المِيَاهِ المَأخُودَةِ مِنْ مَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ.

وَمِنْ قِرَاءَةِ شَكْلِ (١١) يَتَبَيَّنُ أَنَّ كُلَّ عَيِّنَاتِ المِيَاهِ المُمَثِّلَةِ لِمَنطِقَةِ الدِّرَاسَةِ تَقَعُ فِي ثَلَاثِ فِئَاتٍ

مِلْحِيَّةٍ، عَلَى النِّحْوِ التَّالِي:

- مِيَاهُ مُرْتَفَعَةٌ المِلُوحَةِ - مُنخَفِضَةٌ فِي نِسْبَةِ الصُّودِيُومِ المَدْمَصِ، وَتَضُمُّ أَرْبَعِ عَيِّنَاتٍ.
- مِيَاهُ مُرْتَفَعَةٌ المِلُوحَةِ - مُتَوَسِّطَةٌ فِي نِسْبَةِ الصُّودِيُومِ المَدْمَصِ، وَتُمَثِّلُهَا عَيِّنَةٌ وَاحِدَةٌ.
- مِيَاهُ مُرْتَفَعَةٌ المِلُوحَةِ - مُرْتَفَعَةٌ فِي نِسْبَةِ الصُّودِيُومِ المَدْمَصِ، وَتُمَثِّلُهَا عَيِّنَةٌ وَاحِدَةٌ فَقَطْ.

(١) تَمَّ تَطْبِيقُ تَصْنِيفِ (El-Tahlawi et al., 2014) لِتَقْيِيمِ صَالِحِيَّةِ المِيَاهِ لِلرَيِّ وَالزِّرَاعَةِ، الَّتِي يَعْتَمِدُ عَلَى التَّأْثِيرِ المُشْتَرَكِ بَيْنَ دَرَجَةِ التَّوَصِيلِ الكَهْرِبَائِيِّ وَالنِّسْبَةِ اِلْدِمَاصِيَّةِ لِلصُّودِيُومِ.



المصدر: من خلال تطبيق مُعادلات (El-Tahlawi et al., 2014)

شكل (١١) تحديد صالحية عينات المياه المأخوذة من منطقة الدراسة، طبقاً لدرجة التوصيل الكهربائي ونسبة ادمصاص الصوديوم

رابعاً: التحليل الكمي والإحصائي للخصائص البيدوجغرافية:

التربة كائن حي، في توازن ديناميكي مع الوسط الذي توجد فيه، وتتصف التربة بأنها "نظام بيئي مفتوح Open Eco-System" أي إنها تأخذ عناصرها ومكوناتها من الأغلفة الأرضية الأربعة الرئيسية (الغلاف الصخري، الغلاف الجوي، الغلاف المائي، الغلاف الإحيائي)، ثم تقوم بدورها بفقد بعض عناصرها ومكوناتها، وذلك في الدورات البيوجيوكيميائية^(١)، كدورة النيتروجين، ودورة الكبريت، ودورة الكربون، وغيرهم من الدورات، التي تساهم في بقاء الحياة على سطح الأرض.

(١) نظراً لأن للجيولوجيا والكيمياء أدواراً رئيسية في دراسة هذه الدورات البيئية، فإن إعادة تدوير المواد غير العضوية بين الكائنات الحية، وبيئتها غير الحية تسمى بالدورات "البيوجيوكيميائية"، وهي دورات: (الكربون، والهيدروجين، والنيتروجين، والأكسجين، والفسفور، والكربون).

تهدف دراسة العلاقة بين متغيرات خصائص التربة، بمنطقة الدراسة، إلى الوقوف على مدى تأثير المتغيرات المختلفة على بعضها البعض من جهة، والتعرف على نوعية واتجاه العلاقة التي تربط بين هذه المتغيرات من جهة أخرى، وتفسير ديناميكية التغير المميزة للمتغيرات، أو الحالات من جهة ثالثة. ولهذا فقد اهتمت هذه الدراسة بإبراز أهم جوانب هذه العلاقات من خلال دراسة كل متغير من متغيرات خصائص التربة على حدة (مصفوفة الارتباط)، ثم استخدام بعض الأساليب الإحصائية، التي تعمل على اختزال هذه المتغيرات، وتحديد أو اشتقاق بعض العوامل المؤثرة في الظاهرة، من خلال التحليل العاملي، والتي تُعدّ مسؤولة عن حدوث التغيرات المستمرة في الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة، وتتمثل هذه الأساليب الإحصائية، التي اعتمدت عليها الدراسة فيما يلي:

(١) مصفوفة الارتباط Correlation Matrix:

تمّ دراسة علاقات الارتباط بين خصائص قطاعات التربة، بمنطقة الدراسة، وعددها تسعة عشر قطاعاً للتربة، من خلال تطبيق مصفوفة الارتباط. وقد بلغ إجمالي المتغيرات Variables (خصائص التربة) ١٩ متغيراً أيضاً، كما يتضح من جدول (٩)، وهي:

سُمك قطاع التربة (X1)، درجة التوصيل الكهربائي (X2)، درجة الأس الهيدروجيني (X3)، الصوديوم المدمص (X4)، نسبة الصوديوم المتبادل (X5)، نسبة تشبع التربة بالمياه (X6)، مقدار الكالسيوم (X7)، مقدار الماغنسيوم (X8)، مقدار الصوديوم (X9)، مقدار البوتاسيوم (X10)، مقدار البيكربونات (X11)، مقدار الكلوريد (X12)، مقدار الكبريتات (X13)، نسبة الطين (X14)، نسبة المادة العضوية (X15)، السعة التبادلية الكاتيونية (X16)، نسبة كربونات الكالسيوم (X17)، نسبة الجبس (X18)، نسيج التربة (X19)؛ مع ملاحظة أنه تمّ وضع رتب للنوع الحجمي من الأخصن للأضعف.

كما تمّ استخدام معامل ارتباط بيرسون في دراسة هذه العلاقات، وطبقاً لذلك بلغ إجمالي العلاقات ١٧١ علاقة ارتباطية، وتوجد ٤٩ علاقة ارتباط تُسجّل ارتباطاً أقل من $\pm 0,5$ ؛ ممّا يدلّ على ضعف الارتباط بين العناصر التي سجّلت هذه القيم، ومن ثمّ بلغ عدد العلاقات التي تمّ تفسيرها ١٢٢ علاقة ارتباط، ومن تحليلها يتضح الآتي:

جدول (٩) مصفوفة الارتباط لخصائص قطاعات التربة بمنطقة الدراسة

X19	X18	X17	X16	X15	X14	X13	X12	X11	X10	X9	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1									
																		1	X1								
																	1	.16	X2								
																1	-.01	.95	X3								
															1	.93	.15	.89	X4								
														1	.91	.93	.30	.98	X5								
													1	.94	.95	.96	.21	.93	X6								
												1	.87	.91	.83	.88	.17	.92	X7								
										1	.89	.96	.94	.95	.99	.01	.96	.96	X8								
									1	.95	.91	.89	.95	.85	.94	.10	.99	.99	X9								
								1	.92	.82	.82	.77	.85	.72	.82	.10	.90	.90	X10								
								1	.92	.97	.95	.89	.91	.93	.87	.94	.07	.97	X11								
								1	-.05	.02	-.01	-.11	.06	.08	.19	.01	-.13	.98	.04	X12							
								1	-.07	.95	.90	.99	.93	.90	.85	.93	.82	.93	.03	.98	X13						
								1	.66	.44	.77	.64	.73	.76	.75	.87	.84	.81	.71	.55	.78	X14					
								1	.69	.99	-.10	.97	.90	.99	.96	.91	.90	.93	.87	.96	.02	.99	X15				
								1	.99	.76	.99	-.02	.98	.91	.00	.96	.92	.91	.96	.87	.95	.09	.00	X16			
								1	-.01	-.08	.44	-.07	.98	-.03	.02	.00	-.1	.08	.09	.19	.04	-.12	.97	.05	X17		
								1	-.07	.99	.99	.74	.98	-.09	.98	.88	.99	.97	.91	.92	.93	.89	.96	.03	.98	X18	
								1	.87	.39	.90	.87	.88	.87	.37	.87	.81	.90	.84	.87	.88	.96	.85	.82	.49	.93	X19

المصدر: التحليل المعملّي لعينات قطاعات التربة بمركز بحوث الأراضي والمياه والبيئة باستخدام برنامج SPSS V.25

- يُسجّل سُمك قطاع التربة (X1) علاقة ارتباط طردية قوية جدًا مع كلِّ المتغيرات، ما عدا ملوحة التربة، والكلوريد، وكربونات الكالسيوم، والسعة التبادلية الكاتيونية؛ مما يدلُّ على أن زيادة سُمك قطاع التربة يزيدُ في أغلب خصائص التربة الأخرى (١٥ خاصة)، وتراوحت قيمة الارتباط بين (٠,٧٨ و ٠,٩٩).
- يُسجّل درجة التوصيل الكهربائي (X2) علاقة ارتباط طردية قوية جدًا مع كلِّ من الكلوريد (٠,٩٨) وكربونات الكالسيوم (٠,٩٧)، وسجّلت علاقة ارتباط طردية متوسطة مع نسبة الطين (٠,٥٥)؛ مما يدلُّ على أن زيادة كل من الكلوريد، وكربونات الكالسيوم، ونسبة الطين في التربة تؤدي إلى زيادة قيمة التوصيل الكهربائي.
- يُسجّل كل من درجة الأس الهيدروجيني (X3)، والصوديوم المدمص (X4)، والصوديوم المُتبادل (X5)، ونسبة تشبّع التربة بالمياه (X6)، والكاتيونات الذائبة (X7-X10) علاقة ارتباط طردية قوية إلى قوية جدًا مع غالبية المتغيرات؛ مما يعكس أنها تتأثر بارتفاع وانخفاض خصائص التربة الأخرى (١٧ خاصة)، وقد تراوحت قيمة الارتباط بين (٠,٧٢ و ٠,٩٩).
- تُوجد علاقة ارتباط طردية قوية إلى قوية جدًا بين البيكربونات (X11)، والكبريتات (X13) مع كلِّ من نسبة الطين، والمادة العضوية، والسعة التبادلية الكاتيونية، والحبس، ونسيج التربة؛ حيث تتراوح

قيمة الارتباط بين (٠,٦٦ و ٠,٩٩)؛ ممَّا يدلُّ على تأثر هذه المتغيرات بنسيج التربة، ونسبة المادة العضوية، والجبس.

■ تُوجد علاقة ارتباط طردية قوية جداً بين الكلوريد (X12)، وكربونات الكالسيوم (X17)، وبلغت قيمة الارتباط بينهما (٠,٩٨)، وهو ارتباط طردي قوي جداً؛ ممَّا يدلُّ على أنه بزيادة أنيون الكلوريد الذائب في التربة تزيد نسبة كربونات الكالسيوم بها.

■ تُسجَّل نسبة الطين (X14) علاقة ارتباط طردية قوية جداً مع كلِّ من الجبس (٠,٩٩)، ونسيج التربة (٠,٩٠). بينما سجَّلت نسبة الطين (X14) علاقة طردية قوية مع السعة التبادلية الكاتيونية (٠,٧٦)، ونسبة المادة العضوية (٠,٦٩)؛ ممَّا يدلُّ على أن زيادة نسبة الطين في التربة تؤثر على نسيج التربة؛ حيث يتجه النسيج نحو الحجم الطيني، وكلِّما قلَّت اتجاهه إلى النسيج الرملي. وتؤثر نسبة الطين كذلك على السعة التبادلية الكاتيونية، فكلِّما زادت نسبة الطين زادت السعة التبادلية الكاتيونية، وتزيد المادة العضوية أيضاً في التربة التي تحتوي على نسبة مرتفعة من الطين؛ حيث تكون في هذه الحالة صالحة لنمو النبات بدرجة أكبر من التربة الرملية.

■ تُوجد علاقة ارتباط طردية قوية جداً بين نسبة المادة العضوية (X15)، وكلِّ من السعة التبادلية الكاتيونية (٠,٩٩)، الجبس (٠,٩٩)، ونسيج التربة (٠,٩٠)؛ ممَّا يدلُّ على أنه بزيادة نسبة المادة العضوية في التربة تزيد السعة التبادلية الكاتيونية، والجبس، ويدلُّ كلُّ ذلك أيضاً على أن التربة الطينية، هي التي تحتوي على نسبة من المادة العضوية أكثر من التربة الرملية.

تتراوح المادة العضوية، والمعروفة بـ(الدُّوبال أو الهيومس Humus) من (٠,٥ إلى ٣٠ %)، وذلك حسب ضوابط نشأة التربة وطريقة تكوينها، والظروف التي تحيط بها، خاصة الظروف المناخية. في المناطق الحارة تتحلل المادة العضوية تحللاً كاملاً إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، ولذلك تكون نسبة المادة العضوية عند أدنى حدِّ لها. بينما في المناطق المعتدلة أو الباردة، التي ترتفع فيها الرطوبة الجوية، تتراكم المادة العضوية، في درجات تحللها المختلفة، وبالتالي تزيد في التربة نسبة المادة العضوية.

وتعدُّ التربة فقيرة في "الدُّوبال" إذا تراوحت نسبة المادة العضوية (أقل من ١ % إلى ٢ %) (عبيد،

٢٠٠٤، ص ٧١، ص ٨٥).

(٢) التحليل العاملي Factor Analysis:

نظرًا لكثرة المتغيرات الممثلة للخصائص البيدوجغرافية تم استخدام التحليل العاملي بتطبيق برنامج SPSS V.25؛ لمحاولة اختزال هذه المتغيرات في عددٍ من العوامل تكون مسئولة عن تفسير أسباب التباين والاختلاف بين خصائص قطاعات التربة (الصالح & السرياني، ٢٠٠٠، ص ص ٤٢٥-٤٦١)، ودمج المتشابه منها يمكن الحصول على العوامل الكامنة، التي تؤثر على القدرة الإنتاجية للتربة داخل هذه المتغيرات، وقيم الجذور الكامنة تتناقض تدريجيًا من العامل الأول إلى العامل الرابع، ولهذه الجذور أهميتها في تحديد العوامل المشتقة من الدراسات الجغرافية بصفة عامة، والبيدوجغرافية بصفة خاصة، إذ لا يتم قبول العوامل أو تحديدها إلا إذا زادت قيمة جذرها الكامن عن الواحد الصحيح (أبو عياش، ١٩٨٤، ص ٢٨١).

من دراسة وتحليل جدول (١٠) تم الوصول إلى أربعة عوامل مسئولة عن تفسير ٨٤,٩ % من التباينات الموجودة في خصائص قطاعات التربة بمنطقة الدراسة، أما النسبة الباقية ترجع إلى عوامل أخرى، كما يمكن دراسة الأربعة عوامل، على النحو التالي:

(أ) العامل الأول: يُفسر هذا العامل نسبة قدرها ٤٦,٨ % من التباينات بين الخصائص المختلفة لقطاعات التربة، بمنطقة الدراسة، ويضم تسعة متغيرات، لكنه استقطب نحو ستة متغيرات رئيسة تكثفت حول محوره. وتتراوح قيم تشعبها بين ٠,٩٩٢ (الكلوريد)، و ٠,٩٥٤ (قيمة التوصيل الكهربائي)، وأغلب هذه المتغيرات خاصة بالأنيونات والكاتيونات الذائبة بالتربة. ويدل انضمام متغيري الصوديوم المدمص، وقيمة التوصيل الكهربائي في هذا العامل على مدى تأثرهما بقيم الأنيونات، والكاتيونات الذائبة بالتربة. وبلغت قيمة الجذر الكامن لهذا العامل (٨,٩)، ومن هنا يمكن تسمية هذا العامل باسم: (التبادل الكاتيوني والأنيوني بالتربة).

قد تشبعت المتغيرات على العامل بالقيم المرتفعة، وهي جميعها ذات قيم موجبة: الكلوريد (٠,٩٩٢)، والماغنسيوم (٠,٩٩١)، والصوديوم (٠,٩٨٩)، والكالسيوم (٠,٩٨٤)، والبوتاسيوم (٠,٩٦٦)، والصوديوم المدمص (٠,٩٦٠)، وقيمة التوصيل الكهربائي (٠,٩٥٤)؛ مما يشير إلى العلاقة الطردية، التي تحكم اتجاه التغير بين هذه الخصائص؛ مما يؤثر على جودة التربة.

جدول (١٠) نتائج التحليل العاملي لخصائص قطاعات التربة بمنطقة الدراسة

اسم العامل	درجة تشبع كل متغير بكل عامل من العوامل				المتغيرات
	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	
التبادل الكاتيوني والأنيوني بالتربة	٠,٩٩٢	٠	٠	٠	الكلوريد
	٠,٩٩١	٠	٠	٠	الماغنسيوم
	٠,٩٨٩	٠,١٠١-	٠	٠	الصوديوم
	٠,٩٨٤	٠,١٢٨-	٠	٠	الكالسيوم
	٠,٩٦٦	٠	٠	٠	البوتاسيوم
	٠,٩٦٠	٠,١٩٧-	٠	٠,١٠٢	الصوديوم المدمص
	٠,٩٥٤	٠,١٨٢-	٠	٠	قيمة التوصيل الكهربائي
	٠,٩٣٢	٠,٢٤٠-	٠,١	٠	الكبريتات
٠,٥٢٧-	٠,٣٣٩ -	٠,٤٧٦	٠,٢٩٨ -	البكربونات	
مركب نسيج التربة	٠	٠	٠,٩٥٣	٠,١٤٣-	السعة التبادلية الكاتيونية
	٠	٠	٠,٩٤٤	٠,١٥٥-	نسبة الطين
	٠,١٢٩	٠,٨٠٥	٠,١٠٢	٠	المادة العضوية
	٠	٠,٦٨٣	٠,١٢٢	٠	نسيج التربة
	٠,٢١٧	٠,٥٧١	٠,١٨٢	٠	تشبع التربة بالمياه
سُمك قطاع التربة والقلوية	٠	٠,٢٨٤	٠,٩٢٩	٠,١٢٦	الصوديوم المتبادل
	٠	٠,٢٨٤	٠,٨٥٢	٠,٢٩٠-	سُمك قطاع التربة
	٠,٤٦٠-	٠	٠,٦٩٦	٠,٢٦٥-	درجة الأس الهيدروجيني
نسبة كربونات وكبريتات الكالسيوم بالتربة	٠,٣٣٩	٠	٠	٠,٨٤٧	كربونات الكالسيوم
	٠	٠,٢٧١-	٠,١٤٧-	٠,٨٣٨	الجبس
الجذر الكامن	٨,٩	٣,٤	٢	١,٨	الجذر الكامن
	٤٦,٨	١٨,١	١٠,٥	٩,٥	نسبة التباين العاملي
	٤٦,٨	٦٤,٩	٧٥,٤	٨٤,٩	النسبة التراكمية للتباين العاملي

المصدر: اعتمادًا على برنامج SPSS V.25

(ب) **العامل الثاني:** يُفسر هذا العامل ١٨,١% من التباينات بين خصائص قطاعات التربة بمنطقة الدراسة، وقد تشبع على هذا العامل خمسة متغيرات، وهي السعة التبادلية الكاتيونية (٠,٩٥٣)، ونسبة الطين (٠,٩٤٤)، والمادة العضوية (٠,٨٠٥)، ونسيج التربة (٠,٦٨٣)، وتشبع التربة بالمياه (٠,٥٧١). وهذه المتغيرات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بنسيج التربة، وبما أن كل هذه القيم موجبة فإن هذا يشير إلى العلاقة الطردية، التي تحكم اتجاه عمل هذه المتغيرات. وبلغت قيمة الجذر الكامن لهذا العامل (٣,٤)، ويُمكن تسمية هذا العامل الثاني باسم: (مركب نسيج التربة)؛ حيث إن نسبة الطين والمادة العضوية،

كمتغيرين، يضمنان مادة صلبة، تشمل حجم الحبيبات، وكمية المادة العضوية بالتربة، فإن هذا يؤثر على درجة ونسبة التشبع، بشكل عام.

ج) العامل الثالث: يفسر هذا العامل ١٠,٥% من التباينات بين خصائص قطاعات التربة، ويضم هذا العامل ثلاثة متغيرات، اثنين يُعبر عن قلوية التربة، والمتغير الثالث يُعبر عن سمك قطاع التربة. وبلغت قيمة الجذر الكامن لهذا العامل (٢). وتتراوح قيم تشبع المتغيرات على العامل الثالث بين ٠,٩٢٩ (الصوديوم المتبادل)، و٠,٦٩٦ (درجة الأس الهيدروجيني)، وكل المتغيرات ذات قيم موجبة؛ مما يشير إلى العلاقة الطردية، التي تحكم اتجاه التغير بين هذه المعاملات. ويمكن تسمية هذا العامل باسم: (سمك قطاع التربة والقلوية)، حيث إنه كلما زاد سمك قطاع التربة يزيد مخزون القلوية أو الحموضة بالتربة؛ مما يساعد في نمو النبات.

د) العامل الرابع: يُعد هذا العامل أقل العوامل تأثيراً في نسبة إسهامه في تباين قطاعات التربة، بمنطقة الدراسة؛ حيث إنه يُفسر فقط ٩,٥% من التباينات بين قطاعات التربة. ويتشبع على هذا العامل متغيرين فقط هما: كربونات الكالسيوم (٠,٨٤٧)، والجبس (٠,٨٣٨). وبلغت قيمة الجذر الكامن لهذا العامل (١,٨). ويُعبر الجبس عن كبريتات الكالسيوم بالتربة، وقيم المتغيرين هي قيم موجبة، مما يشير إلى العلاقة الطردية، التي تحكم اتجاه مدى إسهام المتغيرين في العامل الرابع، أي إنه كلما زادت نسبة كربونات الكالسيوم زادت نسبة الجبس بالتربة. ولذا يمكن تسمية هذا العامل باسم: (نسبة كربونات وكبريتات الكالسيوم بالتربة).

(٣) التحليل العنقودي Cluster Analysis:

التحليل العنقودي هو أحد الأساليب الإحصائية المتقدمة، التي لها القدرة على تصنيف البيانات متعددة المتغيرات Multivariable Data، في مجموعات منفصلة، كل مجموعة من تلك المجموعات حسب خصائصها المميزة (الصالح & السرياني، ٢٠٠٠، ص ٤٧٨). يعتمد التحليل العنقودي في دراسته، للمتغيرات المختلفة بقطاعات التربة بمنطقة الدراسة، على حساب المسافة الارتباطية Linkage Distance بين كل المتغيرات الخاضعة للتحليل، ثم يتم بعد ذلك تقسيم قطاعات التربة

إلى مجموعات؛ بحيث تضم كل مجموعة منها القطاعات التي تتشابه فيما بينها من حيث قيم المتغيرات.

وبتطبيق التحليل العنقودي على متغيرات قطاعات التربة بمنطقة الدراسة، تبين أنها تنتظم في خمس مجموعات، كما يتضح في (جدول ١١) و (شكل ١٢) و (شكل ١٣)، وتمثل هذه المجموعات فيما يلي:

جدول (١١) نتائج التحليل العنقودي لمتغيرات قطاعات التربة بمنطقة الدراسة

المجموعة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
عدد القطاعات	١٤	٢	١	١	١
% من عدد القطاعات	٧٣,٦	١٠,٥	٥,٣	٥,٣	٥,٣
أرقام القطاعات	١, ٢, ٣, ٤, ٥, ٦, ٧, ٨, ١١, ١٤, ١٥, ١٦, ١٨, ١٩	١٣, ٩	١٠	١٢	١٧

المصدر: اعتمادًا على برنامج SPSS V.25

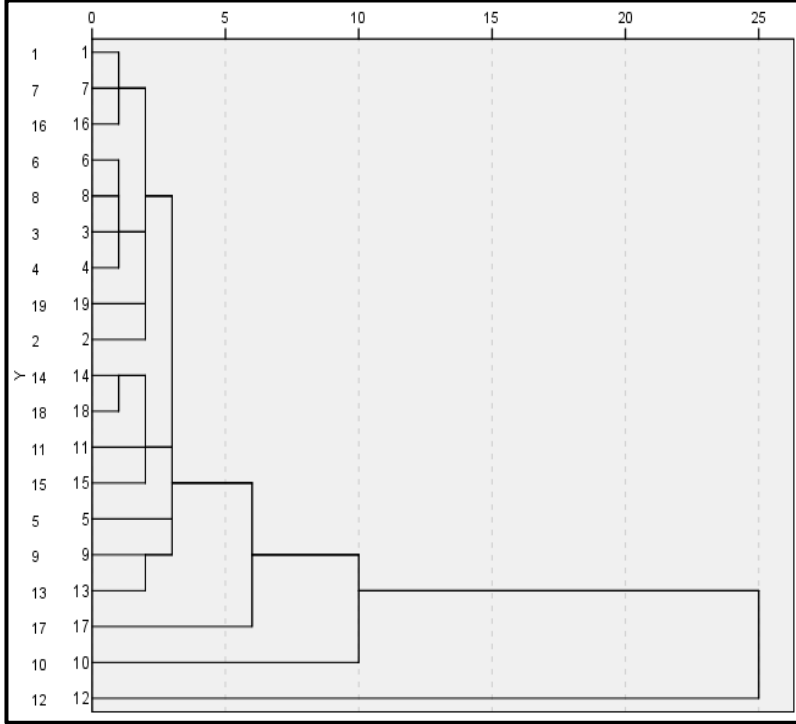
(أ) **المجموعة الأولى:** تضم هذه المجموعة ١٤ قطاعًا من قطاعات التربة بمنطقة الدراسة، بنسبة ٧٣,٦% من جملة عدد القطاعات. ويبدو تشابه قيم متغيرات هذه القطاعات، حيث تتشابه المسافات الارتباطية بينها، وتضم المجموعة الأولى القطاعات: (١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ١١، ١٤، ١٥، ١٦، ١٨، ١٩).

(ب) **المجموعة الثانية:** تضم هذه المجموعة قطاعان بنسبة ١٠,٥% من إجمالي عدد قطاعات التربة، وهما: (٩ و ١٣)، ويتشابه القطاعان في خصائصهما الطبيعية والكيميائية.

(ج) **المجموعات: الثالثة، والرابعة، والخامسة:** تضم كل مجموعة منهم قطاعًا واحدًا فقط، وهو قطاع رقم (١٠)، وقطاع رقم (١٢)، وقطاع رقم (١٧) على التوالي، بنسبة ٥,٣% من إجمالي عدد قطاعات التربة، لكل مجموعة. ويبدو اختلاف وتباين قيم متغيرات هذه القطاعات الثلاثة، وعدم تشابه المسافات الارتباطية بينها، وبين متغيرات القطاعات الأخرى (شكل ١٣).

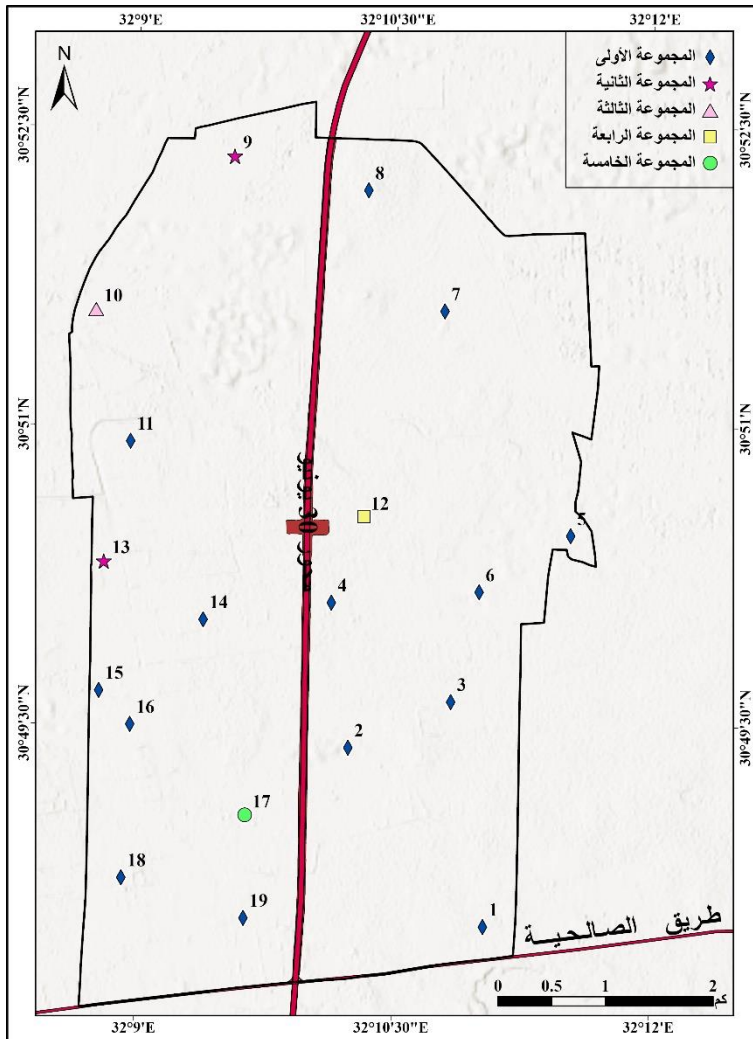
النمذجة المكانية للتقييم البيدوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام البيانات المُستشعرة عن بُعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية د. محمود عنبر & د. شربات عطية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - ديسمبر ٢٠٢٣



شكل (١٢) مجموعات التحليل العنقودي لخصائص قطاعات التربة بمنطقة الدراسة

المصدر: اعتمادًا على برنامج SPSS V.25



شكل (١٣) التوزيع المكاني لمجموعات التحليل العنقودي لخصائص قطاعات التربة بمنطقة الدراسة

(٤) التحليل التمييزي Discriminant Analysis:

يُعرف التحليل التمييزي بأنه تقنية إحصائية مُتقدّمة لمعالجة البيانات مُتعدّدة المُتغيرات، ويُستخدم لأغراض التنبؤ والتصنيف، وتمّ استخدامه في الدراسة الحالية، من أجل تصنيف قطاعات التربة إلى مجموعات، وذلك بناءً على نسب أو أوزان؛ حيث تُقوم دالة التمييز بالتنبؤ برقم المجموعة، التي ينتمي إليها كل قطاع تربة. ومن أهم وظائفه اختبار دلالة التحليل العنقودي، وهل المجموعات الناتجة من عملية التحليل العنقودي هي المجموعات القياسية الصحيحة أم لا (عبد العزيز، ٢٠٠٢، ص ص ٢٠٩-٢١٠).

تمّ تنفيذ تحليل التمايز لقطاعات التربة، بناءً على مُتغيراتها المُتمثلة في مجموعة الخصائص الطبيعية والكيميائية، وذلك عن طريق بناء قاعدة بيانات ثم إدخال المُتغيرات لعدد تسعة عشر قطاعاً للتربة، موزعة على مستوى منطقة الدراسة إلى برنامج SPSS V.25، وقد بلغ عددها أيضاً تسعة عشر مُتغيراً، وذلك لكل قطاع على حدة، ثم إنشاء عمود بقاعدة البيانات يُمثل المجموعة التي ينتمي إليها كل قطاع، بناءً على التحليل العنقودي، وبعد تطبيق تحليل التمايز على خصائص قطاعات الدراسة، تم استبعاد ستة مُتغيرات من التحليل، وذلك لانخفاض قيمة التصنيف Minimum Tolerance، المُتمثلة لها إلى أقل من ٠,٠٠١، وهذه المُتغيرات تتمثل في: الصوديوم، والكلوريد، ونسبة الطين، والسعة التبادلية الكاتيونية، وكربونات الكالسيوم، والجبس. واستبعاد هذه المُتغيرات لا يعني عدم أهميتها بالنسبة للتربة، ولكن لأنها مُنقاربة بعض الشيء، وبالتالي فلا تصلح في إتمام عملية تحليل التمايز طبقاً لطبيعة هذا التحليل.

تم استخراج أربعة دوال لتمثيل البيانات (قطاعات التربة)، وجاءت نتائجها كما يتضح من جدول (١٢)، ويُفسّر الجدول بأنه يُمكن تصنيف البيانات، بناءً على الدالة الأولى بنسبة ٩٧,١ %، وبناءً على الدالة الثانية بنسبة ٢,٨ %، ويُمكن تصنيفها بناءً على الدالتين الأولى والثانية معاً بنسبة ٩٩,٩ %، والدالة الثالثة بنسبة ٠,١ %، ويُمكن تصنيفها بناءً على الدوال الثلاث بنسبة ١٠٠ %.

تُشير الجذور الكامنة المرتبطة بدوال التمييز على قدرة هذه الدوال على التمييز بين المجموعات، وكلما ازدادت قيمة الجذر الكامن كان التمييز بين المجموعات أفضل.

جدول (١٢) الدوال المُمثلة لقطاعات التربة بمنطقة الدراسة

الدالة	الجذر الكامن	التباين %	المتجمّع الصاعد	الارتباط القانوني
الأولى	٥٩٠.٢٨,٤٤٩	٩٧,١	٩٧,١	١
الثانية	١٧١٨,٦٠٦	٢,٨	٩٩,٩	١
الثالثة	٣٥,٤٩٢	٠,١	١٠٠	٠,٩٨٦
الرابعة	٢,٠٦٠	٠,٠	١٠٠	٠,٨٢١

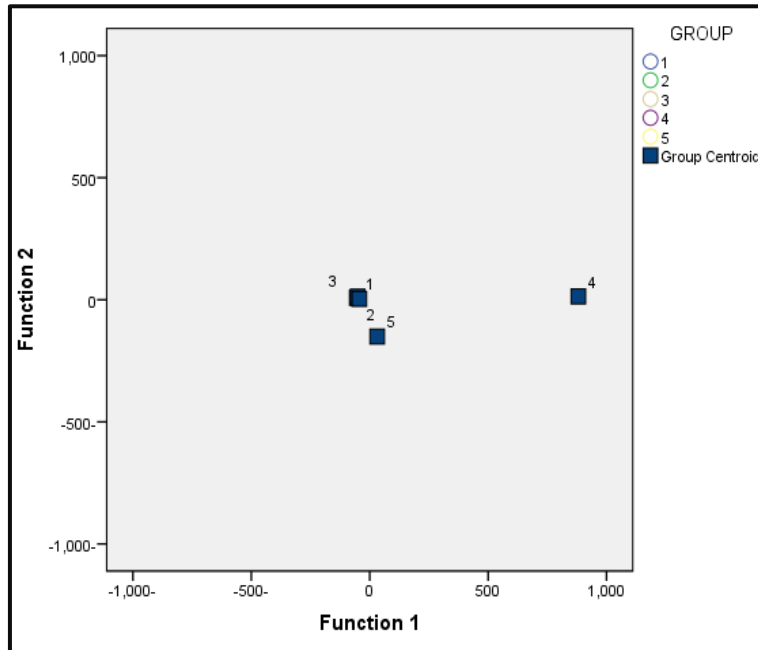
المصدر: اعتمادًا على برنامج SPSS V.25

يُتضح من تحليل جدول (١٣)، ودراسة شكل (١٤)، أن مُتوسط تَمركزُ المجموعة الأولى لقطاعات التربة بمنطقة الدراسة يساوي (-٥٤,٧٦٣)، ومُتوسط تَمركزُ المجموعة الثانية (-٥٠,٩٧١)، ومُتوسط تَمركزُ المجموعة الثالثة (-٤٣,٩٤٣)، والرابعة (٨٨١,٠٧٥)، والخامسة (-١٥٠,٦٧٨).

جدول (١٣) دوال تَمركزُ المجموعات (التمييز) لقطاعات التربة بمنطقة الدراسة

المجموعة	الدالة			
	١	٢	٣	٤
الأولى	٥٤,٧٦٣-	٧,٧١٨	٠,٠١٦-	٠,٦٠٥-
الثانية	٥٠,٩٧١-	١٢,٦٧٣	٨,٨٠٣	٢,٨٥٠
الثالثة	٤٣,٩٤٣-	٣,٥٤٢	١٨,٤٦١-	٢,٧٣١
الرابعة	٨٨١,٠٧٥	١٣,٧٤٥	٠,٠٤٦	٠,٠٦٤-
الخامسة	٣١,٤٩٥	١٥٠,٦٧٨-	١,٠٣٩	٠,١٠٤

المصدر: اعتمادًا على برنامج SPSS V.25



المصدر: اعتمادًا على برنامج SPSS V.25

شكل (١٤) دوال تَمركزُ المجموعات في التحليل التمييزي لقطاعات منطقة الدراسة

من خلال تحليل جدول (١٤)، الذي يوضح مصفوفة فيشر (Fisher) لمعاملات تحليل التمايز لقطاعات تربة منطقة الدراسة، يُمكن معرفة إلى أيّة مجموعة ينتمي أي قطاع من قطاعات التربة المدروسة، فمن خلال هذه المصفوفة يُمكن التعويض في كلّ مجموعة على حدة، ثمّ يتمّ الحصول على خمسة أرقام، لكلّ مجموعة على حدة، وأكبر قيمة في هذه الأرقام تُمثل المجموعة التي ينتمي إليها قطاع التربة.

جدول (١٤) مصفوفة فيشر (Fisher) لمعاملات تحليل التمايز لقطاعات تربة منطقة الدراسة

المجموعات Clusters					المتغير
٥	٤	٣	٢	١	
١٠,٤٣١-	٥٩,٢٨٦-	٦,١٤٢-	٤,٣٥٤-	٤,٦٠٠-	سُمك قطاع التربة
٢١,٠٠٤	١٠٨,٧٧٣	١١,٨٩٩	١٠,٠٧٤	١٠,١١١	قيمة التوصيل الكهربائي
٤٢٩٥,١٩٤	١٥٤٦٨,٨٠٤	٣٠٢٠,٨٢٨	٣١٧٢,١٠٥	٣٠٤٢,٥٤٥	درجة الأس الهيدروجيني
١٠٣٧,٩٣٣	٣٣٦٤,٤٣٣	٤٠٠,١١٥	٣٣٠,٥٨٤	٣٣٨,٨٧٠	الصوديوم المدمص
٢٥,٨٨٦-	٣٤,٤٠٠-	٥٤,٥٤٥	٩٣,١٤٢	٨٠,٢٩٣	الصوديوم المتبادل
٢٤,٣٧٨	٧٢,٩٧٥	٧,٥٨	٥,٩٤٦	٦,١٩٥	تشبع التربة بالمياه
٣٢٦,٣٣٢-	٨٨٩,٠٣١-	١٠١,٤٤٢-	٨٢,٥٤٩-	٨٥,٤١٩-	الكالسيوم
٨٣,٧٢٩-	٥٩,٥٤٢	٣٩,٥١٣-	٥٧,٩١٦-	٥٣,٥٠٨-	الماغنسيوم
٣٨٤٢,١٧٢	١٨٣٩٩,٨٩٧	٢٢٩٨,١٥٤	٢٢٥٤,٠١٦	١٧٩,٧١٢-	البوتاسيوم
٧٥٣,١٩٢-	٢٣٥٥,٨١٠-	٢٤٢,٢٠٤-	١٥٦,٢٤٤-	٥٥,٣١٨	البيركونات
١٩٢,٤٥٦	٣٥,٦٣٦	٤٦,١٤٤	٥٦,٨٠٨	٢,٣٧٧	الكبريتات
٢٤٨٠,٣٨١-	٥٢٦٥,٢٢٩-	١٥٤٩,٣٦٤-	١٩١٩,٦٣٦-	٤,٦٠٠-	المادة العضوية
١٢٠,١٨٢-	٣٧٩,٣٢٦-	٣,٠٠٥	٤,٣٥٥	٨٠,٢٣٩	نسيج التربة
٣٨٦٣٦,٠١١-	٥٥١٨٢٣,٤٤٢-	١٢٥٢١,٥١١-	١٣٨٠٣,٥٦٠-	٦,١٩٥	رقم ثابت

المصدر: اعتماداً على برنامج SPSS V.25

خامساً: تأثير التباين المكاني للخصائص البيوجغرافية على جودة الغطاء النباتي:

يعدّ الغطاء النباتي من الموارد الطبيعية المهمة، خاصة في النظم البيئية للمناطق الجافة وشبه الجافة، التي تعاني من التدهور وعدم القدرة على استعادة التوازن البيئي لها. وللغطاء النباتي دور مهم في حماية التربة من التعرية، حيث يعدّ مصدراً واقياً للحدّ من تدرية وتطاير حبيبات التربة، ويؤدّي ظلّ النباتات أيضاً دوراً بارزاً في الحدّ من التبخر، والمحافظة على رطوبة التربة (عطية، ٢٠١٨، ص ٢٣٧).

تقوم بعض أنواع الكائنات الحية الدقيقة بالتربة على تثبيت أزوت الهواء الجوي "النيتروجين"، وتحويله إلى غذاء للنبات. كما تساعد الأحياء الدقيقة على تجميع حبيبات التربة، مما يزيد من درجة تحبب التربة وتماسكها، وبذلك تحسن خواص التربة الميكانيكية ويصعب تعريتها (عبيد، ٢٠٠٤، ص ٨٠). وتتكون المادة العضوية "الدبال Humus" نتيجة تحليل بقايا النباتات والحيوانات والأحياء الدقيقة الميتة، التي قاومت التحلل السريع. كما يؤثر الدبال على خواص التربة، من حيث بنائها ولونها وقدرتها على الاحتفاظ بالماء ودرجة حرارة التربة، وكذلك خواصها الكيميائية.

ويعد الدبال مصدراً ومخزناً للعناصر الضرورية لغذاء النبات، مثل: الكربون، والأكسجين، والنيتروجين "الأزوت"، والفسفور، والكبريت، والبوتاسيوم، وغيرها من العناصر.

توجد علاقة وثيقة بين التربة والغطاء النباتي؛ حيث يؤثر كل منهما في الآخر؛ فالنبات يؤثر كثيراً في تكوين وتطور الخصائص العضوية للتربة، ويحميها من التعرية Soil Degradation، ومن جهة أخرى فإن النباتات لا تستطيع أن تنمو إلا في وجود التربة الصالحة للزراعة. وقد أشارت العديد من الدراسات^(١) أهمية استخدام تقنية الاستشعار عن بُعد، وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في رصد ومتابعة التدهور في الغطاء النباتي، اعتماداً على المرئيات الفضائية، بالإضافة إلى إمكانية الاستفادة من حساب قيم مؤشرات جودة الغطاء النباتي Vegetation Quality Indices، وما توفره من مقاييس مختلفة للدلائل النباتية، التي يتم حسابها من الأطوال الموجية Wavelengths المختلفة للمرئيات الفضائية، وهو ما يعرف بـ (نسب النطاقات الطيفية Band Ratios).

تستخدم الدلائل (المؤشرات) النباتية Vegetation Indices لتقليل الفوارق بين الاختلافات المكانية للانعكاسات الطيفية من النباتات؛ حيث تختلف النباتات فيما بينها في درجة الانعكاس الطيفي، تبعاً لنسبة وجود مادة الكلوروفيل، ولذلك تعمل الدلائل (المؤشرات) النباتية على تبسيط أو تقليل الفروق بينها، لتظهر في مجملها مساحات نباتية، وهذه الخاصية تُعَيِّدُ في المناطق الجافة وشبه الجافة (كما الحال في منطقة الدراسة)؛ وذلك لأن النباتات في الغالب تتسم بانخفاض نسبة مادة الكلوروفيل فيها (عزيز، ٢٠٠٧، ص ص ١٣٠-١٣٥).

(1) (Epiphanio, et al, 1996) & (Penuelas & Arans, 1997) & (Jensen & Huete 2001) & (Shrestha & Zink, 2001).

وقد قامَ الباحثان بعمل تقييم لجودة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة، بحساب الدلائل (المؤشرات) النباتية **Vegetation Indices**، بطريقتين، هما:

(١) مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة **Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)**

(٢) مؤشر جودة الغطاء النباتي **Vegetation Quality Index (VQI)**

تبدأ الدراسة بتطبيق مؤشر (دليل) الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI)، وهو مؤشر نباتي يقلل من تأثيرات سطوع التربة، ويسعى إلى معالجة بعض قيود مؤشر (دليل) الاختلافات الخضريّة الطبيعي **Normalized Differences Vegetation Index (NDVI)**، عند تطبيقها على مناطق ذات سطح تربة مكشوف بدرجة عالية.

ويتطلب مؤشر (دليل) الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI) ضرورة تحديد عامل تصحيح سطوع التربة (L)؛ ولذا يحسن استخدام هذا المؤشر في المناطق قليلة أو متوسطة الغطاء النباتي، كما الحال في منطقة الدراسة؛ حيث إنه يتأثر بكل من: (لون التربة، ورطوبة التربة، وكثافة الغطاء النباتي بالمنطقة المدروسة).

ومن خلال التجارب التي وردت في كثير من الدراسات^(١) تمّ التوصل إلى أن قيمة (L) عامل المعايرة (عامل تصحيح سطوع التربة) في المناطق قليلة أو معدومة الغطاء النباتي تبلغ (١)، وفي المناطق متوسطة الغطاء النباتي تبلغ قيمته (٠,٥)، أما في المناطق كثيفة الغطاء النباتي تبلغ قيمته (صفر)، وفي هذه الحالة يكون عامل تصحيح سطوع التربة (L) مساوياً لدليل (مؤشر) الاختلافات الخضريّة الطبيعي (NDVI)؛ حيث ينعلم تأثير سطوع التربة.

وبصفة عامة، تتراوح قيم مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI) بين (١- و ١+)، وهذه القيم تزداد بزيادة كثافة الغطاء الخضري، وتقل بانخفاض كثافة الغطاء النباتي (Rondeaux, et al, 1996, P97)، ويمكن حسابه من خلال تطبيق المعادلة التي طورها (Huete, A. R., 1988):

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{NIR + RED + L} \times (1 + L)$$

(1) <https://space4water.org/taxonomy/term/1242>

<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-soil-adjusted-vegetation-index>

حيث إن:

NIR = القناة الطيفية Spectral Band للأشعة تحت الحمراء القريبة

Red = الحزمة/القناة الطيفية (الطول الموجي Wavelength) للأشعة الحمراء

L = عامل المعايرة Adjusted Factor (عامل تصحيح سطوح التربة)، وتمّ تحديد قيمته (0.5)؛

نظراً لأن منطقة الدراسة، بصورة عامة، متوسطة Moderate في كثافة الغطاء النباتي.

وقد اعتمدت الدراسة في حساب هذا مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI) على المرئية

الفضائية للقمر الاصطناعي Landsat8_OLI، بدقة مكانية ٣٠ متراً، (P176_R39)، بتاريخ

(١٥ أكتوبر ٢٠٢٣)، وبعد إجراء المعالجات الأولية Preprocessing على المرئية تمّ تطبيق معادلة

مؤشر (SAVI)، كما يتضح من استقراء شكل (١٥).

يوضح جدول (١٥) الخصائص الطيفية والدقة المكانية Spectral and Spatial Resolution

للمرئيات الفضائية في القمر الاصطناعي لاندسات ٨^(١).

جدول (١٥) الخصائص الطيفية والدقة المكانية للمرئيات الفضائية للقمر لاندسات ٨

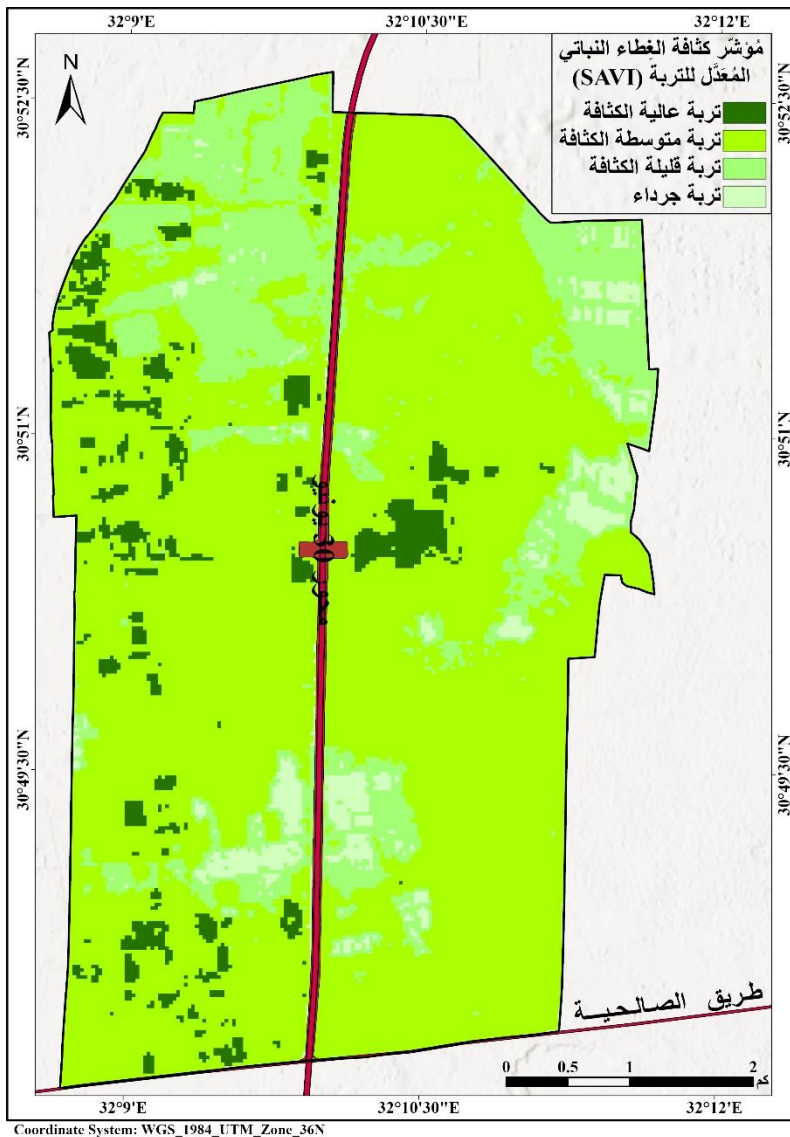
Satellite	Sensor and Spectral Resolution (µM)	Band	Spatial Resolution (M.)	Swath (Km)	Scene Size (Km×Km)	Altitude (Km)
Landsat 8	OLI					
	Band 1: 0.43 - 0.45	Visible	30			
	Band 2: 0.450 - 0.51	Visible	30			
	Band 3: 0.53 - 0.59	Visible	30			
	Band 4: 0.64 - 0.67	Red	30			
	Band 5: 0.85 - 0.88	Near-IR	30			
	Band 6: 1.57 - 1.65	SWIR 1	30	185	170×185	705
	Band 7: 2.11 - 2.29	SWIR 2	30			
	Band 8: 0.50 - 0.68	PAN	15			
	Band 9: 1.36 - 1.38	Cirrus	30			
	TIRS					
Band 10: 10.6 - 11.19	TIRS 1	100				
Band 11: 11.5 - 12.51	TIRS 2	100				

المصدر: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8>

<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>

(١) لاندسات ٨: هو قمر اصطناعي أمريكي للرصد الأرضي، تمّ إطلاقه في ١١ فبراير ٢٠١٣. يتميز بدقة مكانية تبلغ ١٥ متراً للصورة البانكروماتية (أحادية الطيف)، و ٣٠ متراً للصور متعددة الأطياف، ويغطي مساحة عرض تبلغ ١٨٥ كيلومتراً. يحتوي القمر على نطاقات طيفية متعددة، تتضمن نطاقات للسواحل، واللون الأزرق والأخضر وغيرها، مما يجعله أداة فعالة لتحليل البيانات الطبيعية والموارد الأرضية.

وبتطبيق مُعادلة مُؤشّر الغطاء النباتي المُعدّل للتربة (SAVI)، على منطقة الدراسة، كما يتّضح من استقراء شكل (١٥) وتحليل جدول (١٧)، أظهرت النتائج أن فئة الغطاء النباتي متوسطة الكثافة Moderate تأتي في المرتبة الأولى من حيث المساحة، إذ تبلغ مساحتها ٢٣,٥ كم^٢ بنسبة ٧١,٤%. من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وهي تضم الأراضي المُنزرعة، بالإضافة إلى النباتات الطبيعية الكثيفة ومتوسطة الكثافة، وتتراوح قيم المؤشّر في هذه الفئة بين (٠,٢ و ٠,٤٩). وتأتي الفئة قليلة كثافة الغطاء النباتي في المرتبة الثانية؛ حيث تُغطي مساحة ٦,١ كم^٢ بنسبة ١٨,٥%، وتتراوح قيم المؤشّر في هذه الفئة بين (صفر و ٠,١٩).



وفي المرتبة الثالثة تأتي فئة التربة عالية الكثافة في غطائها النباتي؛ حيث تراوح قيم المؤشّر فيها بين (٠,٥ و ٠,٧٩)، وتضم الأشجار والزراعات الكثيفة، وتبلغ مساحة هذه الفئة ١,٧ كم^٢ بنسبة ٥,٢%. وتأتي التربة الجرداء، التي تتمثل في التربة الخالية من النباتات والأجسام المائية، في المرتبة الأخيرة؛ حيث تشغل ٤,٦% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتضم القيم السالبة.

شكل (١٥) التوزيع المكاني لكثافة الغطاء النباتي، طبقاً لنتائج تطبيق وحساب مؤشّر الغطاء النباتي المعدّل للتربة (SAVI) بمنطقة الدراسة، في أكتوبر ٢٠٢٣

المصدر: اعتماداً على تحويل قيم مؤشّر SAVI من هيئة البيانات الصورية Raster Data، الناتجة عن برنامج ENVI_V5.3 إلى هيئة البيانات الاتجاهية/الخطية Vector Data، باستخدام أدوات التحويل Conversion Tools في صندوق الأدوات Toolboxes في بيئة برنامج ArcGIS Pro_V3.0.2.

يُظهر شكل (١٥)، أن منطقة الدراسة تبدو كثرة جرداء، أو قليلة الغطاء النباتي، وذلك على عكس صورتها الحقيقية، التي تتسم بأنها متوسطة **Moderate** في كثافة الغطاء النباتي؛ ويعزى ذلك إلى دقة التمييز المكاني Spatial Resolution للمرئية الفضائية (Pixel = 30 × 30m)؛ مما ينتج عنه اختفاء العديد من تفاصيل الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، حيث تؤثر دقة التفرقة المكانية، وكذلك الطيفية، للمرئية على دقة النتائج المستخرجة لمؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة SAVI؛ حيث إن الغطاء النباتي الطبيعي يوجد في صورة متناثر داخل منطقة الدراسة (صورة ١٧)، على عكس صورة انتشار الغطاء النباتي المنزوع (صورة ١٨).



صورة (١٧) نموذج لانتشار الغطاء النباتي الطبيعي، شرق محور ٣٠ يونيو



صورة (١٨) نموذج لانتشار الغطاء النباتي المنزوع، غرب محور ٣٠ يونيو

◀ أما الطريقة الثانية فقد تمّ تطبيق مؤشر جودة الغطاء النباتي **Vegetation Quality**

الذي يعتمد على ثلاثة دلائل مهمة، هي:

○ دليل حماية الغطاء النباتي للتربة من الإزالة (IEp) Index of Erosion protection

○ دليل مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr) Index of Drought resistance

○ دليل مساحة الغطاء النباتي (IVc) Index of Vegetation cover

وتتمثل معادلة مؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) **Vegetation Quality Index**، كالتالي:

$$VQI = IEp \times IDr \times IVc \quad (\text{Tavares et al., 2015, p.214})$$

وقد تم استخراج هذه الدلائل الثلاثة بالاعتماد على المرئيات الفضائية **Satellite Image** عالية الدقة المكانية، التي تصل إلى واحد متر، والتي تمّ تحميلها من برنامج **Google Earth pro**، بتاريخ (١٢ سبتمبر ٢٠٢٣)، بالإضافة إلى التحقق الميداني الدقيق، وكانت النتائج كما يتضح من استقراء شكل (١٦) وتحليل جدول (١٦)، كالتالي:

○ مؤشر حماية الغطاء النباتي للتربة من الإزالة والانجراف (IEp):

يتضح أن فئة الحماية المرتفعة جداً، التي ليس لديها قابلية الإزالة والانجراف، تغطي ٤٠,٧% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتبلغ قيمة المؤشر (١)، وتضم هذه الفئة الأشجار دائمة الخضرة والأراضي الرطبة، المتمثلة في البرك والسبخات الرطبة (صورة ١٩).



صورة (١٩) نموذج لفئة الأراضي ليس لديها قابلية الإزالة والانجراف (حماية مرتفعة جداً)، شرق محور ٣٠ يونيو

بينما تشغل فئة الحماية المرتفعة ٢٧ %، والتي تضم الشجيرات ومحاصيل الخضروات، وتبلغ قيمة المؤشر (١,٣٣). أما فئة الحماية المتوسطة فتصل إلى ٢٤,٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتبلغ قيمة المؤشر (١,٦٦)، وتضم النباتات الحولية (صورة ٢٠). في حين تشغل فئة الحماية الضعيفة مساحة صغيرة من مساحة منطقة الدراسة بنسبة ٧,٧ % وتشمل هذه الفئة التربة العارية الخالية من النباتات، وتحمل قيمة المؤشر (٢).



صورة (٢٠) نموذج لفئة الأراضي ذات حماية (متوسطة) من الإزالة والانجراف، شرق محور ٣٠ يونيو

o مؤشر مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr) Index of Drought resistance:

من القراءة التحليلية لشكل (١٦) يتبين شدة التوافق بين فئات مؤشر مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr)، وفئات مؤشر حماية الغطاء النباتي للتربة من الإزالة والانجراف (IEp)؛ حيث إن الفئة المرتفعة جداً، من حيث مقاومة الجفاف، تضم الأشجار دائمة الخضرة، والأراضي الرطبة، المتمثلة في البرك والسبخات الرطبة، التي تحافظ على رطوبة التربة، وتحميها من الجفاف وبالتالي الانجراف، وتتوزع على مساحة كبيرة بنسبة ٤٠,٧ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، يأخذ الوزن النسبي لمؤشر هذه الفئة (١)، فهي الأفضل من حيث تأثيرها لحماية التربة من الجفاف. تليها الأراضي ذات الحماية المرتفعة بنسبة ٢٧ %، وتضم الأراضي المنزرعة، المتمثلة في البساتين والمحاصيل (صورة ٢١)، وتأخذ الوزن النسبي (١,٣٣). ثم الأراضي متوسطة المقاومة للجفاف، التي تضم الشجيرات، وتبلغ مساحتها ٨,١ كم ٢ بنسبة ٢٤,٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتأخذ الوزن النسبي (١,٦٦). وتأتي الفئة منخفضة المقاومة للجفاف في المرتبة الأخيرة، من حيث المساحة فهي تغطي ٧,٧ %، وتضم النباتات الحولية، والغطاء النباتي محدود الانتشار، وكذلك الأراضي الجافة الخالية من النباتات، وتأخذ الوزن النسبي (٢).

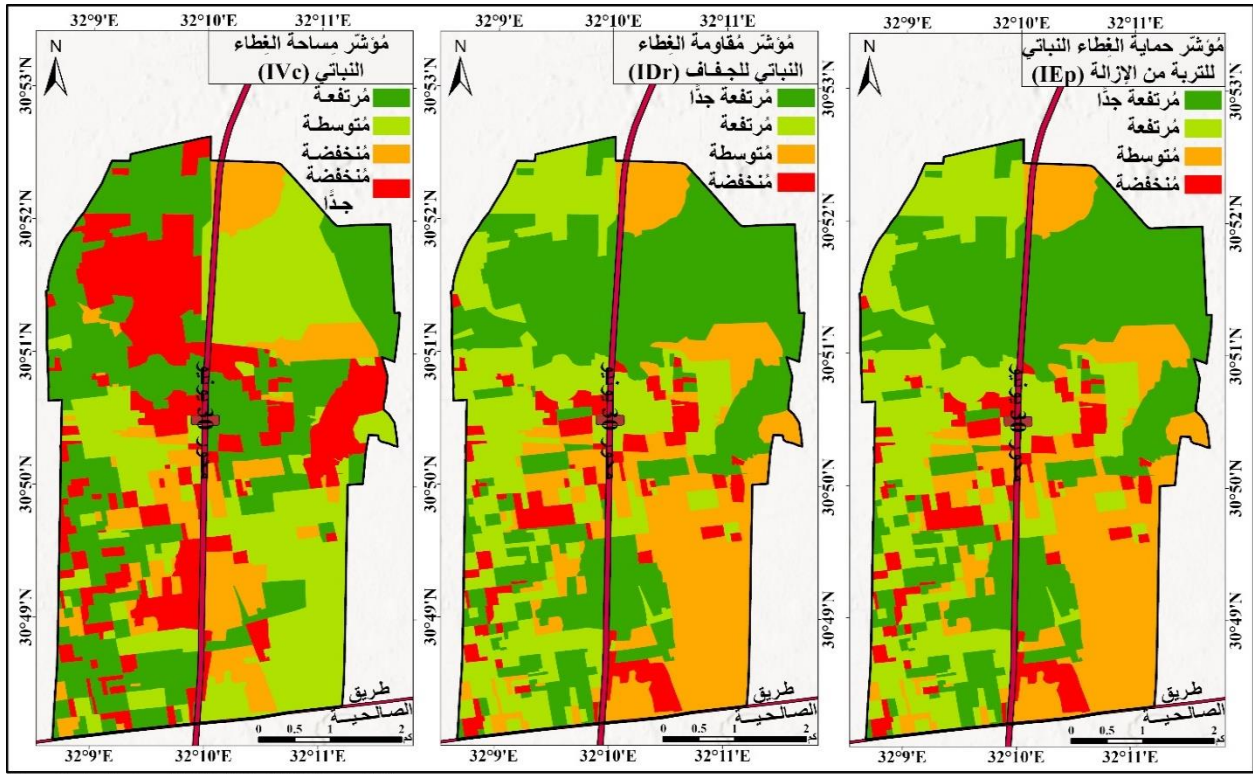


صورة (٢١) نموذج لفئة الأراضي ذات الحماية (المُرْتَفَعَة) من الجفاف غرب محور ٣٠ يونيو

جدول (١٦) نتائج مؤشرات/ دلائل (IEp & IDr & IVc) على منطقة الدراسة

مؤشر حماية الغطاء النباتي للتربة من الإزالة والانجراف (IEp)					
الفئة	النمط النباتي	الوصف	المؤشر	كم ٢	%
١	الأشجار دائمة الخضرة والأراضي الرطبة	مُرْتَفَعَة جَدًّا	١	١٣,٤	٤٠,٧
٢	الشجيرات	مُرْتَفَعَة	١,٣٣	٨,٩	٢٧
٣	النباتات الحَوْلِيَّة	مُتَوَسِّطَة	١,٦٦	٨,١	٢٤,٦
٤	تربة جرداء (عارية)	مُنْخَفِضَة	٢	٢,٥	٧,٧
الإجمالي			٣٢,٩	١٠٠	
مؤشر مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr)					
الفئة	النمط النباتي	الوصف	المؤشر	كم ٢	%
١	الأشجار دائمة الخضرة والأراضي الرطبة	مُرْتَفَعَة جَدًّا	١	١٣,٤	٤٠,٧
٢	البساتين	مُرْتَفَعَة	١,٣٣	٨,٩	٢٧
٣	الشجيرات	مُتَوَسِّطَة	١,٦٦	٨,١	٢٤,٦
٤	النباتات الحَوْلِيَّة والغطاء النباتي المحدود	مُنْخَفِضَة	٢	٢,٥	٧,٧
الإجمالي			٣٢,٩	١٠٠	
مؤشر مساحة الغطاء النباتي (IVc)					
الفئة	نسبة مساحة الغطاء النباتي (%)	الوصف	المؤشر	كم ٢	%
١	أكبر من ٤٠	مُرْتَفَعَة	١	١٠,٧	٣٢,٥
٢	من ٤٠ - أقل من ٣٠	مُتَوَسِّطَة	١,٣٣	٩,٨	٢٩,٨
٣	من ٣٠ - أقل من ١٠	مُنْخَفِضَة	١,٦٦	٤,٤	١٣,٤
٤	أقل من ١٠	مُنْخَفِضَة جَدًّا	٢	٨	٢٤,٣
الإجمالي			٣٢,٩	١٠٠	

المصدر: التفسير البصري Visual interpretation، وتحليل المرئيات الفضائية عالية الدقة المكانية (1 m)، التي تم تحميلها من برنامج Google Earth Pro، بتاريخ (١٢ سبتمبر ٢٠٢٣)، والتحقق الميداني الدقيق، بناءً على تطبيق مؤشر OSS (2004).



Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_36N

المصدر: - اعتماداً على مرئيات فضائية عالية الدقة المكانية (1 m)، تم تحميلها من برنامج Google Earth Pro في ١٢ سبتمبر ٢٠٢٣ - اعتماداً على جدول (١٦).

شكل (١٦) التوزيع المكاني لكثافة الغطاء النباتي، طبقاً لنتائج تطبيق وحساب مؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) Vegetation Quality Index بالدلائل الثلاثة (IEp & IDr & IVc) على منطقة الدراسة

○ مؤشر مساحة الغطاء النباتي (IVc) Index of Vegetation cover:

تأتي المناطق التي تغطيها النباتات من نوع نمط الغطاء النباتي المرتفع في المرتبة الأولى، من حيث المساحة (١٠,٧ كم^٢)، وتشمل الأراضي التي تزيد فيها مساحة الغطاء النباتي على ٤٠ % من إجمالي المساحة المدروسة، وتبلغ فيها قيمة المؤشر (١). وفي المرتبة الثانية تأتي فئة الغطاء النباتي متوسطة المساحة (٨,٩ كم^٢)، وتتراوح فيها نسبة الغطاء النباتي بين ٣٠ % إلى ٤٠ %، وهي تغطي ٢٩,٨ %، وتأخذ قيمة المؤشر (١,٣٣). وفي المرتبة الثالثة، من حيث التوزيع المكاني للغطاء النباتي، تأتي الأراضي المنخفضة جداً في مساحة الغطاء النباتي (٨ كم^٢)، وهي التي تقل فيها نسبة الغطاء النباتي عن ١٠ %، وتأخذ القيمة (١,٦٦) من حيث الوزن النسبي في تأثيرها على تقييم الغطاء النباتي. وفي المرتبة الرابعة والأخيرة تأتي الأراضي منخفضة الغطاء النباتي (٤,٤ كم^٢)،

وهي المناطق التي تتراوح فيها نسبة الغطاء النباتي بين ١٠ و ٣٠ %، وتأخذ القيمة (٢) من حيث الوزن النسبي في تأثيرها على تقييم الغطاء النباتي. وتوضح الصور (٢٢) نماذج لكثافة مساحة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة.



المصدر: اعتماداً على مرئيات فضائية عالية الدقة المكانية (1m)، تم تحميلها من برنامج Google Earth Pro في ١٢ سبتمبر ٢٠٢٣

صورة (٢٢) نماذج لكثافة الغطاء النباتي الطبيعي بمنطقة الدراسة

يُستخلص من نتائج مؤشرات/ دلائل (IEp & IDr & IVc)، أن قيم كل مؤشر تُصنّف إلى أربع فئات (في كل مؤشر)، كالتالي:

- **الفئة الأولى:** قيمة المؤشر تساوي (١)، تتصف هذه الفئة بأنها مرتفعة جداً في كل من: مؤشر حماية التربة من الإزالة والانجراف (IEp)، وكذلك مؤشر مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr)، أما في مؤشر التغطية المساحية (IVc) فتتصف بأنها مرتفعة.
- **الفئة الثانية:** قيمة المؤشر تساوي (١,٣٣)، تتصف هذه الفئة بأنها مرتفعة في كل من: مؤشر حماية التربة من الإزالة والانجراف (IEp)، وكذلك مؤشر مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr)، أما في مؤشر التغطية المساحية (IVc) فتتصف بأنها متوسطة.
- **الفئة الثالثة:** قيمة المؤشر تساوي (١,٦٦)، تتصف هذه الفئة بأنها متوسطة في كل من: مؤشر حماية التربة من الإزالة والانجراف (IEp)، وكذلك مؤشر مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr)، أما في مؤشر التغطية المساحية (IVc) فتتصف بأنها منخفضة.

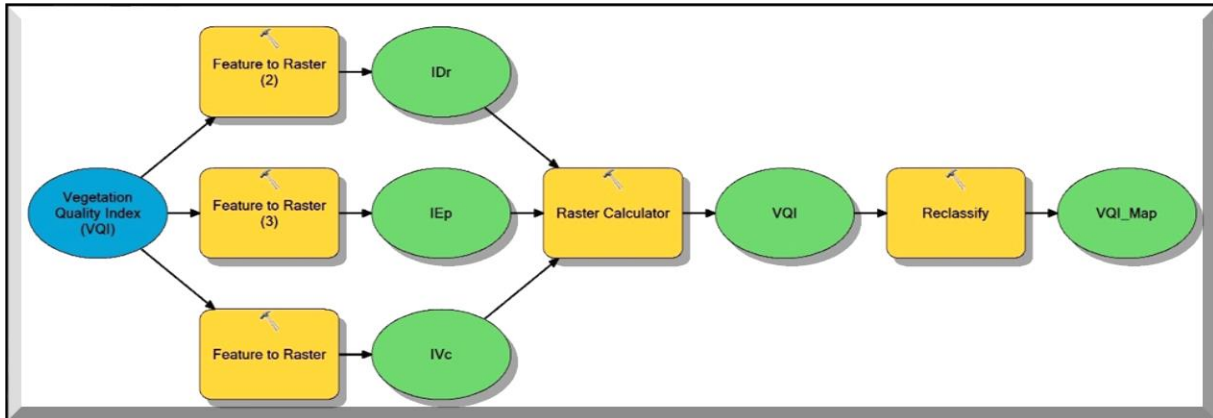
- **الفئة الرابعة:** قيمة المؤشر تساوي (٢)، تتصف هذه الفئة بأنها منخفضة في كلٍّ من: مؤشر حماية التربة من الإزالة والانجراف (IEp)، وكذلك مؤشر مقاومة الغطاء النباتي للجفاف (IDr)، أما في مؤشر التغطية المساحية (IVc) فتتصف بأنها منخفضة جدًا.

❖ **بناء نموذج مؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) Vegetation Quality Index بالدلائل الثلاثة (IEp & IDr & IVc) على منطقة الدراسة:**

تم تطبيق معادلة مؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) Vegetation Quality Index، على منطقة الدراسة، بالدلائل الثلاثة (IEp & IDr & IVc)، في بيئة برنامج ArcGIS Pro_V3.0.2 (شكل ١٧)، وتتمثل معادلة مؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) Vegetation Quality Index، كالتالي:

$$VQI = IEp \times IDr \times IVc \quad (\text{Tavares et al., 2015, p.214})$$

وقد أظهرت نتائج تطبيق المعادلة (جدول ١٧)، تمثيل منطقة الدراسة في أربع فئات لجودة الغطاء النباتي، وهي: جيد (أقل من ١,٢)، ومتوسط (١,٢ - أقل من ١,٤)، وضعيف (١,٤ - أقل من ١,٦)، وضعيف جدًا (١,٦ فأكثر).



المصدر: اعتماداً على بيئة برنامج ArcGIS Pro_V3.0.2

شكل (١٧) نموذج مؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) Vegetation Quality Index

❖ مُقارنة نتائج الطريقتين المُستخدمتين في تقييم درجة تدهور الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة:

تُعَدُّ المؤشرات Indices إحدى طرق تقنيات التحسين الطيفي Spectral Enhancement للمربّيات الفضائية، وهي أكثر شيوعاً لمراقبة كثافة النبات، وكذلك لتوضيح مدى التغير في الغطاء الأرضي، وبخاصة كثافة/صحة الغطاء النباتي، التي تعتمد بصورة كبيرة على الفرق بين الانعكاسات الطيفية عند الطول الموجي للحزمة/القناة الطيفية Band للأشعة تحت الحمراء NIR، والطول الموجي للحزمة/القناة الطيفية للأشعة الحمراء Red؛ وكذا التشتت الطيفي لمادة الكلوروفيل.

يذكر (عزيز، ٢٠٠٧): "أنَّ الفرق بين الانعكاس والتشتت يُساعد على تحديد مدى درجة صحة النبات، والمعروفة باسم درجة/مؤشر الخضرة **Index of Greenness**؛ إذ إنَّ النباتات عالية الكلوروفيل تُشتت نسبة (٨٠ - ٩٠ %) من النطاق الطيفي الأحمر المرئي Visible Red، وتعكس نسبة (٤٠ - ٥٠ %) من النطاق الطيفي تحت الأحمر NIR (نباتات سليمة صحياً)، أمَّا النباتات الجافة أو قليلة الخضرة فتعكس نسبة أكبر في النطاق الطيفي الأحمر المرئي، وتشتت نسبة أكبر من النطاق الطيفي تحت الأحمر".

بمُقارنة الخريبتين (VQI & SAVI) في شكل (١٨)، وتحليل جدول (١٧)، يتضح الآتي:

- في مؤشر جودة الغطاء النباتي **Vegetation Quality Index (VQI)** تستحوذ فئة الأراضي خفيفة التدهور، على مساحة كبيرة بنسبة ٧٦ % أي أكثر من ثلاثة أرباع مساحة منطقة الدراسة، وهي تضم الأراضي ذات الزراعات الكثيفة، إضافة إلى المناطق كثيفة الغطاء النباتي الطبيعي، أمَّا في مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة **Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)** فتحتل فئة الأراضي معتدلة التدهور، المرتبة الأولى من فئات تدهور الغطاء النباتي، والتي تبلغ مساحتها ٢٣,٥ كم ٢ بنسبة ٧١,٤ % من مساحة منطقة الدراسة (شكل ١٩)؛ يُفسر ذلك تأثير الدقة المكانية والطيفية للبيانات المستشعرة عن بُعد، المُستخدمة في عملية التقييم، إذ كلما كانت البيانات المدخلة كبيرة الدقة المكانية كلما زادت دقة النتائج، وهذا ما أكّده النتائج المُستخرجة من مرئيات **Google Earth Pro (١ متر)**؛ حيث إنها أعطت نتائج تفصيلية أكثر للغطاء النباتي، مُقارنةً بمرئية **Landsat8_OLI**، ذات الدقة المكانية (٣٠ متر).

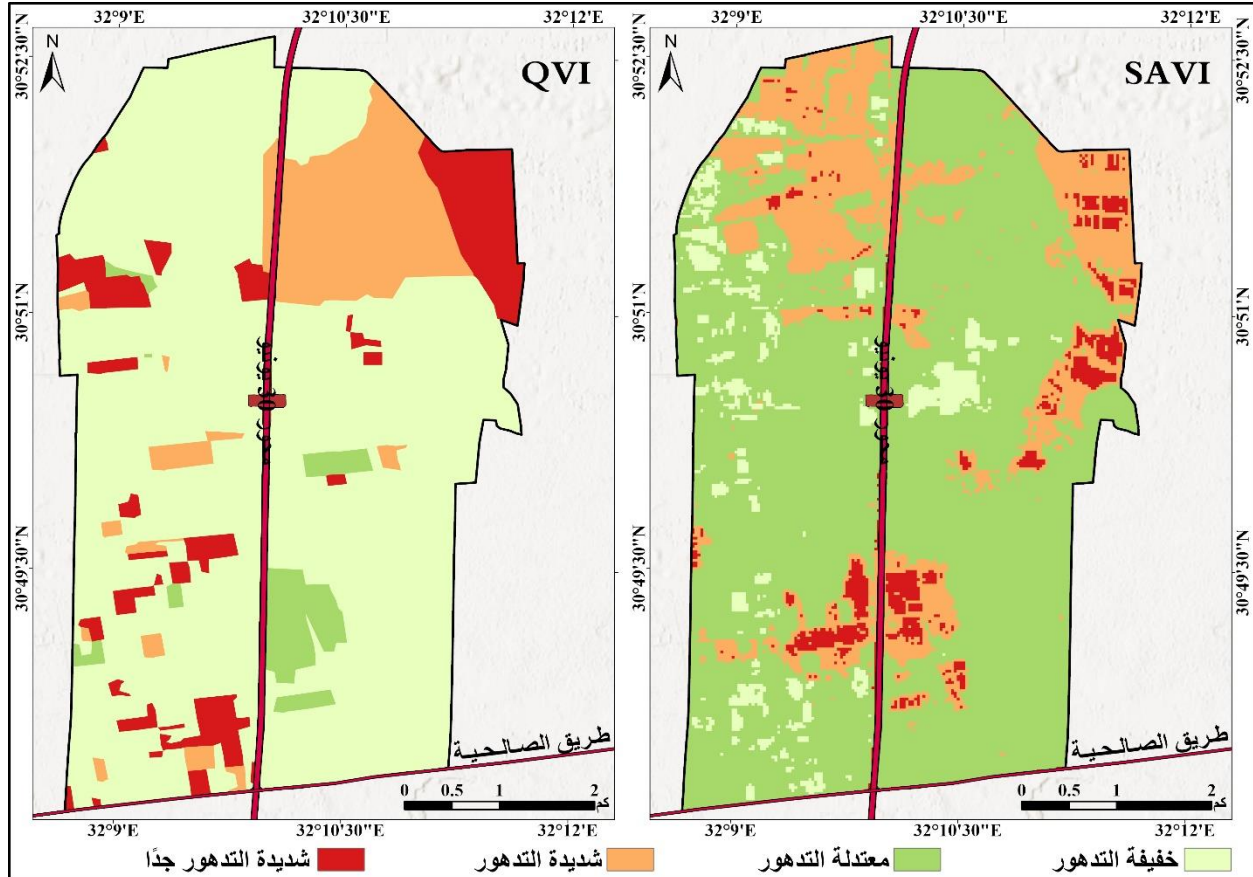
النمذجة المكانية للتقييم البيوجغرافي وتأثيره في جودة الغطاء النباتي على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام البيانات المستشعرة عن بُعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية..... د. محمود عنبر & د. شربات عطية

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - ديسمبر ٢٠٢٣

جدول (١٧) نتائج تطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI)،

ومؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) بمنطقة الدراسة

م	درجة التدهور	مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة SAVI				مؤشر جودة الغطاء النباتي VQI			
		الفئات	كثافة الغطاء النباتي	كم ^٢	%	الفئات	مؤشر الجودة	كم ^٢	%
١	شديدة جداً	القيم السالبة	تربة جرداء	١,٥	٤,٦	١,٦ فأكثر	ضعيف جداً	٢,٨	٨,٥
٢	شديدة	صفر-٠,١٩	قليلة	٦,١	١٨,٥	١,٤ - أقل من ١,٦	ضعيف	٣,٩	١١,٩
٣	معتدلة	٠,٢ - ٠,٤٩	متوسطة	٢٣,٥	٧١,٤	١,٢ - أقل من ١,٤	متوسط	١,٢	٣,٦
٤	خفيفة	٠,٥ - ٠,٧٩	عالية	١,٧	٥,٢	أقل من ١,٢	جيد	٢٥	٧٦
		الإجمالي		٣٢,٩	١٠٠	الإجمالي		٣٢,٩	١٠٠

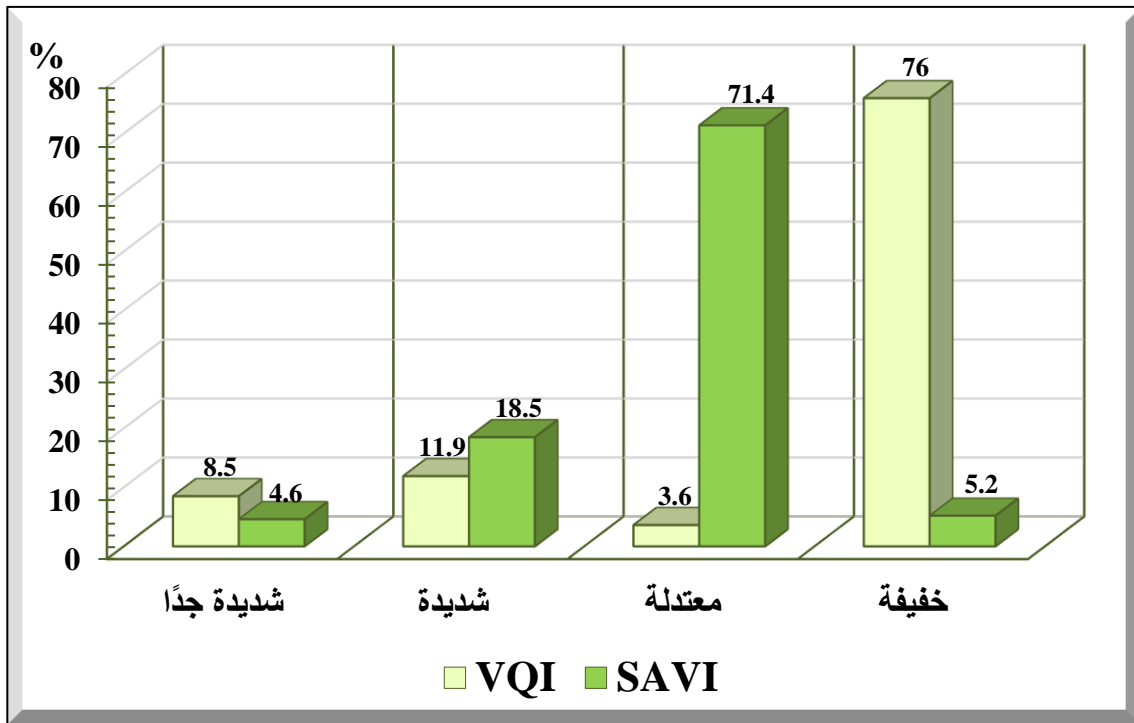


Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_36N

المصدر: - اعتماداً على مرئيات فضائية عالية الدقة المكانية (1 m)، تم تحميلها من برنامج Google Earth Pro في ١٢ سبتمبر ٢٠٢٣.
- اعتماداً على مرئية Landsat8-OLI, (P176_R039), (15 Oct, 2023).
- اعتماداً على جدول (١٧).

شكل (١٨) التوزيع المكاني لتدهور الغطاء النباتي، طبقاً لنتائج تطبيق وحساب مؤشر الغطاء النباتي

المعدل للتربة (SAVI)، ومؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) بمنطقة الدراسة



المصدر: اعتماداً على جدول (١٧).

شكل (١٩) مقارنة نتائج تطبيق مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI)، ومؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) بمنطقة الدراسة

تأتي فئة الأراضي شديدة التدهور، طبقاً لمؤشر جودة الغطاء النباتي VQI في المرتبة الثانية؛ إذ تشغل ١١,٩ %، والتي تتوزع في المناطق القليلة في غطائها النباتي، ويأتي كذلك ترتيبها في المرتبة الثانية، طبقاً لمؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة SAVI، حيث تبلغ مساحتها ٥,٣ كم^٢ بنسبة ١٨,٥ % من مساحة منطقة الدراسة (شكل ١٩)، مما يدل على تشابه نتائج الطريقتين في هذه الفئة.

وفي المرتبة الثالثة تأتي فئة الأراضي شديد التدهور جداً، طبقاً لمؤشر جودة الغطاء النباتي VQI، فهي تمثل ٨,٥ % وهي تشمل التربة الجرداء الخالية من الغطاء النباتي، في حين تحتل فئة الأراضي خفيفة التدهور المرتبة الثالثة، طبقاً لمؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة SAVI، وهنا تتراوح قيمة مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة بها ما بين ٠,٥ - ٠,٧٩، وتوجد بالأراضي الزراعية كثيفة الغطاء النباتي، المتمثلة في المحاصيل الزراعيّة، والأشجار دائمة الخضرة، والنباتات الطبيعية الكثيفة.

■ وفي المرتبة الرابعة والأخيرة تأتي فئة الأراضي متوسطة التدهور طبقاً لمؤشر جودة الغطاء النباتي **VQI** بنسبة ٣,٦ % من مساحة منطقة الدراسة، بينما جاءت فئة الأراضي شديدة التدهور جداً، طبقاً لمؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة **SAVI**، في المرتبة الرابعة، بنسبة ٤,٦ % من مساحة منطقة الدراسة، حيث إنها تضم الأراضي الجرداء، التي تحمل قيمة سالبة طبقاً لنتائج المؤشر الأخير.

■ اتضح من دراسة نتائج الطريقتين المستخدمتين في تقييم درجة تدهور الغطاء النباتي، أن نتائج مؤشر جودة الغطاء النباتي **Vegetation Quality Index (VQI)** هي أفضل وأدق النتائج التي تم التوصل إليها، باستخدام البيانات المستشعرة عن بُعد في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وذلك بعد التحقق الميداني من النتائج، نظراً لأن تطبيقها أفضل في المناطق الجغرافية صغيرة المساحة، كما الحال في منطقة الدراسة (٣٢,٩ كم^٢)، بينما مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة **Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)**، هو الأفضل تطبيقاً في المناطق الجغرافية كبيرة المساحة.

■ كما اتضح من خلال مقارنة نتائج الطريقتين، أن نتائج مؤشر جودة الغطاء النباتي **(VQI)** هي الأدق في البيانات المدخلة في تطبيقها، من جهة، وفي النتائج المستخرجة منها، من جهة أخرى؛ لأنه يأخذ في اعتباره أن طبيعة الأراضي الرطبة، مثل: البحيرات والبرك والسبخات الرطبة، وكذلك الصخور الصلبة العارية، غير قابلة للإزالة أو الانجراف، حتى وإذا كانت خالية من النبات، يضعهم جميعاً في فئة الأراضي خفيفة التدهور. بينما مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة **(SAVI)** يضع القيم السالبة في فئة الأراضي شديدة التدهور جداً؛ لأنها خالية من النبات، بغض النظر عن أي وجود أية ظاهرة جغرافية أخرى.

يُستخلص مما سبق تأثير الخصائص البيوجغرافية، سواءً أكانت الطبيعية أو الكيميائية على درجة القدرة الإنتاجية للأراضي الزراعية، وبالتالي على جودة وكثافة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة، فعلى الجانب الغربي من محور ٣٠ يونيو (حيثُ القرب من تربة دلتا نهر النيل) ترتفع القدرة الإنتاجية، في وحدة الأراضي شبه الرطبة، بين الدرجة الإنتاجية الأولى (S1)، والدرجة الإنتاجية الثانية (S2)، نظرًا لزيادة سمك قطاع التربة، الذي يسمح بتوغل وتثبيت جذور النباتات، وزيادة الحيز الذي تنتشر فيه جذور النباتات.

وعلى الجانب الشرقي من المحور، تنشر التربة ذات حبيبات كبيرة الحجم، مثل الحصى والرمل، التي تتميز بدرجة مسامية عالية، مما يسمح بتسرب مياه الري بسرعة، مما يؤدي إلى جفاف التربة، وبالتالي قلة جودة وكثافة الغطاء النباتي؛ حيث يرتبط بنسيج التربة القدرة على الاحتفاظ بالمياه والعناصر الغذائية، فالتربة خشنة النسيج هي الأقل في القدرة الإنتاجية (تربة من الدرجة الإنتاجية المنخفضة S3).

كما تزداد الملوحة في الوحدات الجيوبينية في الجانب الشرق من محور ٣٠ يونيو (حيثُ القرب من قناة السويس، وانخفاض سطح الأرض، وبالتالي الاقتراب من مستوى المياه تحت السطحية (Subsurface Water)، وبالتالي انخفاض كثافة الغطاء النباتي، وضعف القدرة الإنتاجية للتربة (N1)؛ إذ تُحدّد درجة الملوحة صلاحية (ملاءمة) التربة للزراعة.

فمع زيادة نسبة الطين في وحدة الأراضي شبه الرطبة، بالجانب الغربي من المحور، تزداد كذلك السعة التبادلية الكاتيونية، وتتراوح بين (٨- أقل من ١٣ ملليمكافىء/١٠٠ جرام)، ويتسم هذا النوع من التربة بالقدرة الإنتاجية من الدرجة الثانية أي ذات ملاءمة متوسطة (S2)، وبالتالي تكون التربة أفضل لنمو وكثافة الغطاء النباتي.

ترتفع نسبة الجبس في الأراضي شرق محور ٣٠ يونيو (١٥- أقل من ٦٠ %)؛ حيثُ يؤثر ارتفاع نسبة الجبس تأثيرًا سلبيًا على التربة؛ إذ يفقدها المياه، وتحدث أضرارًا بالتربة، وبالتالي ضعف جودة وكثافة الغطاء النباتي.

الخاتمة

أولاً: النتائج:

➤ خلصت الدراسة إلى النتائج الآتية:

١. تناقص مساحة الأرض الفضاء خلال فترة الدراسة (٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م) إلى (٦,٧ كم^٢، بنسبة ٢٠,٤ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وبنسبة تغير بلغت -٦٧,٣ %)؛ نظراً لتوجه الدولة إلى زيادة مساحة الأرض الزراعية، والتوسع في عمليات استصلاح الأراضي، وشق الطرق والمحاور المرورية، كمحور ٣٠ يونيو، وإقامة منشآت الخدمات العامة (محطات البنزين، وحدات الإسعاف، المراكز الشرطة، ... إلخ).
٢. زادت مساحة البرك والسبخات بمنطقة الدراسة، خلال عامي (٢٠٠٤ - ٢٠٢٣م) (٨,٥ - ١٢,١ كم^٢) بالترتيب؛ نظراً لسيادة نظام الري بالغمر، والتوسع في عمليات استصلاح الأراضي الزراعية، بالإضافة إلى قرب منطقة الدراسة من قناة السويس (لا تزيد المسافة بينهما على ١٠ كم)؛ حيث ارتفع مستوى المياه الباطنية، وبالتالي كثرة السباخ والبرك المالحة.
٣. ترتفع قدرة التربة وجدارتها الإنتاجية في غرب محور ٣٠ يونيو (تربة دلتا نهر النيل)، مقارنة بنظيرتها في شرق المحور (أغلبها تربة رملية طميية)؛ حيث نمت نحو ٨٦ % من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ذات تربة قدرتها الإنتاجية تقع بين القدرة الإنتاجية المتوسطة (S2) والعالية (S1)، من حيث معيار سُمك (عمق) قطاع التربة، حيث إن العلاقة طردية بين سُمك قطاع التربة، والقدرة الإنتاجية؛ إذ إنه كلما زاد سُمك قطاع التربة، كلما زادت وارتفعت الجدارة الإنتاجية للتربة.
٤. ترتفع جودة وكثافة الغطاء النباتي في أراضي الجانب الغربي من محور ٣٠ يونيو، مقارنةً بأراضي الجانب الشرقي؛ نظراً لملاءمة الخصائص البيدوجغرافية للوحدات الجيوبينية للزراعة.
٥. جودة المياه بمنطقة الدراسة ممتازة، وصالحة للري والزراعة، وشقياً جميع أنواع الحيوانات والطيور، كالماشية والماعز والدواجن؛ حيث إن جميع عينات المياه المأخوذة من منطقة الدراسة، محتوى الأملاح الذائبة فيها (الملوحة ECe) أقل من ٥٠٠٠ (جزء في المليون ppm)، كما أنها آمنة، طبقاً لمعيار كربونات الصوديوم المتبقية، ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR).

٦. بَلَغَ إجمالي العَلاقات، في مُعامل ارتباط بيرسون ١٧١ عَلاقة ارتباطية، وتوجد ٤٩ عَلاقة ارتباط تُسَجَلُ ارتباطًا أقل من $\pm 0,5$ ؛ مِمَّا يَدُلُّ على ضَعْف الارتباط بين مُتغيّرات خصائص قِطاعات التربة، بمنطقة الدراسة، التي سَجَلت هذه القيم، في حين بَلَغَ عَدَد عَلاقات الارتباط القويّة، التي تمّ تفسيرها ١٢٢ عَلاقة ارتباط.
٧. أظهرت نتائج مُؤشّر الغِطاء النباتي المُعدّل للتربة (SAVI)، أن فئة الغِطاء النباتي متوسطة الكثافة Moderate تأتي في المرتبة الأولى من حيث المساحة، إذ تَبْلُغُ مساحتها ٢٣,٥ كم^٢ بنسبة ٧١,٤% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وهي تضمُّ الأراضي المُنزوعة، بالإضافة إلى النباتات الطبيعيّة الكثيفة ومتوسطة الكثافة.
٨. أظهرت نتائج مُؤشّر جُودة الغِطاء النباتي (VQI) أن منطقة الدراسة تقع في فئة جُودة الغِطاء النباتي المتوسطة.
٩. أن نتائج مُؤشّر جُودة الغِطاء النباتي (VQI) هي الأدق في البيانات المُدخلة في تطبيقها، من جهة، وفي النتائج المُستخرجة منها، من جهة أخرى؛ لأنه يأخذ في اعتباره أن طبيعة الأراضي الرطبة، مثل: البحيرات والبرك والسبخات الرطبة، وكذلك الصخور الصلبة العارية، غير قابلة للإزالة أو الانجراف، حتى وإذا كانت خالية من النبات، يَضَعُها جميعًا في فئة الأراضي خفيفة التدهور. بينما مُؤشّر الغِطاء النباتي المُعدّل للتربة (SAVI) يَضَعُ القيم السالبة في فئة الأراضي شديدة التدهور جدًّا؛ لأنها خالية من النبات، بغضّ النظر عن أي وجود أيّة ظاهرة جُغرافيّة أخرى.
١٠. أن نتائج مُؤشّر جُودة الغِطاء النباتي (VQI) هي أفضل وأدق النتائج التي تمّ التوصل إليها، في تقييم درجة تدهور الغِطاء النباتي، باستخدام البيانات المُستشعرة عن بُعد في بيئة نُظَم المعلومات الجُغرافيّة، وذلك بعد التحقّق الميداني من النتائج؛ نظرًا لأن تطبيقها أفضل في المناطق الجُغرافيّة صغيرة المساحة، كما الحال في منطقة الدراسة (٣٢,٩ كم^٢)، بينما مُؤشّر الغِطاء النباتي المُعدّل للتربة (SAVI)، هو الأفضل تطبيقًا في المناطق الجُغرافيّة كبيرة المساحة.

ثانياً: التوصيات:

➤ **توصي الدراسة، وفقاً لما توصلت إليه من نتائج، بما يلي:**

١. يحسُن استخدام أنظمة الري ذكّية Smart Irrigation System في مشروعات استصلاح الأراضي الجديدة، واستبدالها بأنظمة الري الحالية (الري بالغمر)؛ لتوفير المياه والحفاظ على إنتاجية التربة.
٢. يُفضّل زراعة المحاصيل التي تحتاج تربة خصبة وجذارة إنتاجية عالية، في غرب المحور (تربة دلتا نهر النيل)، أمّا المحاصيل التي تحتاج تربة ذات جدارة إنتاجية متوسطة إلى منخفضة الخصوبة فنترع في شرق المحور، وكذلك المحاصيل التي تتحمل الملوحة.
٣. يحسُن استخدام الأساليب الإحصائية والكمية، وبخاصة في اختبار البيانات Data Validation، من أجل الوقوف على مدى تأثير المتغيرات المختلفة على بعضها البعض من جهة، والتعرف على نوعية واتجاه العلاقة التي تربط بين هذه المتغيرات من جهة أخرى، وتفسير ديناميكية التغير المميزة للمتغيرات، أو الحالات من جهة ثالثة.
٤. يجب عدم الاعتماد المطلق على نتائج الدلائل (المؤشرات) النباتية **Vegetation Indices**، في الدراسات البحثية، بل يجب أن يكون هناك تحقّق ميداني دقيق؛ للتأكد من صحة هذه النتائج.
٥. يحسُن استخدام مؤشر (دليل) الغطاء النباتي المعدّل للتربة (SAVI) في المناطق قليلة أو متوسطة الغطاء النباتي، كما الحال في منطقة الدراسة؛ حيث إنه يتأثر بكلّ من: (لون التربة، ورطوبة التربة، وكثافة الغطاء النباتي بالمنطقة المدروسة).
٦. يُفضّل عند تقييم درجة تدهور الغطاء النباتي، استخدام مؤشر جودة الغطاء النباتي (VQI) مع المناطق الجغرافية صغيرة المساحة؛ لأنه يُعطي نتائجاً عالية الدقة، وذلك بعد التحقّق الميداني من النتائج. في حين أن مؤشر الغطاء النباتي المعدّل للتربة (SAVI)، هو الأفضل تطبيقاً في المناطق الجغرافية كبيرة المساحة.
٧. الاعتماد على الأسمدة العضوية؛ فهي تُساعد على تحسين احتفاظ التربة بالماء، وتعزيز الدورة الغذائية للنباتات. كما أن السماد الأخضر له فوائد في التخلص من بقايا النباتات، وزيادة محتوى النيتروجين في التربة، وذلك من أجل زيادة خصوبة التربة، وتحسين خواصها الطبيعية والكيميائية والحيوية، وبخاصة في الأراضي شرق محور ٣٠ يونيو.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - العدد الثامن عشر (الجزء الثاني)

ملحق (١) الخصائص الطبيعية والكيميائية المستخدمة في التقييم البيدوجغرافي

لوحات الجيوبينية بمنطقة الدراسة عام ٢٠٢٣ م

رقم القطع	سُمك القطع (سم)	الخصائص الطبيعية للتربة											درجة الأس الهيدروجيني PH	درجة التوصيل الكهربائي ds/m	الخصائص الكيميائية للتربة			
		الرمل Sand %	الصلت Silt %	الطين Clay %	نسبة تشبع التربة بالمياه %	Om المادة العضوية %	الأيونات ملليمكافى/لتر (mEq/L)											
							كربونات Ca ⁺⁺	ماغنسيوم Mg ⁺⁺	صوديوم Na ⁺	كربونات Co ₃	بيكربونات Hco ₃	كلوريد Cl			كبريتات So ₄			
الكربونات الكالسيوم Caco ₃ %	الجبس %	CEC السعة التبادلية الكاتيونية	الصوديوم المدمص SAR	الصوديوم المتبادل ESP														
١	١٠٠	٨١,٥	١٣	٥,٦	٤٤,٣	٠,٢	٢,٨١	٩,٦	٤,٣	١٣,٣	٠,٥٢	٢,٨	١٨,٤	٦,٥	٧,٥	٣,٧	٥	٦,٣
٢	٥٠	٤٤,٤	٥٢,٤	٣,٢	٤٢,٥	٠,٥	٧,٦٣	٨٨,٦	٩٩	١٩٨,٩	٠,٧٦	٢,٦	٢٩٣,٤	٩١,٢	٢٠,١	٣,١	٢٠,٩	٢٥,٢
٣	٨٠	٤٧,٢	٥٠,٤	٢,٤	٤٩,٧	٠,٣	٨,٠٥	٢,٨	٢,٤	٤,٢	٠,٣٥	٣	٤,٣	٢,٥	٢٢,٦	٢,١	٢,٧	٣,٧
٤	٥٠	٤٧,١	٥٠,٨	٢,١	٤٣,٥	٠,٦	٨,٢	١٢,٥	٦,٣	٩,٤	٠,٤٣	٢,٦	١١,٤	١٤,٦	١٤,٥	٢,٧	٢,٩	٤
٥	١٢٠	٤٠,٩	٥٢	٧,١	٦١	٠,٥	٧,٩٥	١٦,٧	٧,٦	٢٩,٣	٠,١٣	٣	٤٢,١	٨,٦	٢٢,٤	٥,٣	٧,٩	٩,٨
٦	٥٠	٤٧	٥٠,٤	٢,٦	٤٣,٥	٠,٤	٨,٠٨	٨,٣	٥	١٢,٣	٠,٢٦	٤,٣	١٤,٤	٧,٣	١٦,٢	٢,٥	٤,٨	٦,٣
٧	١٠٠	٤٠,٢	٥٢,٦	٧,٢	٥١	٠,٣	٧,٨٧	١٢,٦	٦,٦	١٥,٨	٠,٣٨	٢,٨	٢٢,٥	٨,٧	١١,٢	٤,٨	٤,٥	٥,٨
٨	٦٠	٤٧,٦	٥٠,٩	١,٥	٤٠,٥	٠,٢	٨,١	٣,٤	٢,١	٣,٩	٠,٢	٣,١	٤,٧	٩,١	١٠,٤	١,٤	٢,٣	٣,٣
٩	١٥٠	٣٨	٥٢,٧	٩,٣	٥٥	٠,٢٣	٨,١٩	٧,٩	٤,٧	١٢,٦	٠,٧	٤,٨	١٨,٣	٢,٨	٢,٤	٥,٩	٤,٨	٥,٥
١٠	١٥٠	٧,٥	٣٠,٥	٦٢	٥٠	١,٧٦	٨,٢٣	٩,٦	١٥,٨	١٨,٤	١,١	٢,٣	٢٧,٧	١,٤	١٤,٩	٣٩,٧	٤,٩	٥,٦
١١	١٠٠	٣٧,٨	٤٧	١٥,٢	٥٧	٠,٩٩	٨,٢٦	٤,٤	١١	٦	٠,٤	١,٦	١٢	١١,٢	٠,٥	١١,٢	١,٩	١٣,٢
١٢	١٠٠	٣٤,٤	٥٤,٧	١٠,٩	٤٨	٠,٨	٧,٦٢	٣٨٨,٩	٧٤٣	١٧٣٠,٧	٥٥,٢	١,٧	٢٤٧١,٧	١٨,٤	٩,٣	٨,٢	٧٢,٩	٨٦,٤
١٣	١٥٠	٤٨,٧	٤٩,٤	١,٨٥	٤٢	٠,٢٥	٨,٥٥	٤,١	٣,٢	٥,٣	٠,٧	٥,٣	٧,٣	٠,٦	٢,٨	١,٧	٣,١	٣,٢
١٤	٥٠	٤٥,٥	٥٢,١	٢,٤	٦٠	٠,٤	٧,٩	٢٢,٧	٩,٧	٢٥,٦	٠,٥	٢,٤	٤١,٦	١٤,٣	٠,٣	٢,٣٧	٦,٥	٨,٢
١٥	١٥٠	٤٦	٥٠,٢	٣,٨	٥٩	٠,٩٣	٨,٧	٦,٨	٦,٧	٤,٤	٠,٥	٣,٥	٤,٨	١٠,٣	٨,٥	٤,٥	١,٨	١,٤
١٦	٩٠	٤٣,٢	٦٠,٨	٥	٤٠	٠,٤٨	٨,٠٦	٧,٦	١,١	٨,٢	٠,٥١	٣	١١	٣,٤	٤	٤	٤	٤,٤
١٧	٥٠	٣٨	٤٩,٥	١٢,٥	٤٥	٠,٨	٧,٤٢	١٢٣,٩١	١٤٣,٤	٢٥١,٨	٦٥٤	٣,٦	٧٤٣,٥	١٠	٧,٤	٩,١	٣٩,٢	٥,٢
١٨	١١٠	٤٨,٥	٥٠,٦٤	٠,٨٦	٥٤	٠,٤٢	٨,١٧	١	٦,٢	٥	٠,٧	٣,٤	٤,٥	٧,١	١,٨	١,٥	١,٢	٠,٦
١٩	١٠٠	٤٨,٣	٤٩,١	٢,٦	٤٥	١,٢	٨,٠٤	٦,٢٧	٢٥,٨	١٣,٨	٠,٨	٣,٣	٤٧,٩	٢٣,٧	٦,٢	٤,٥	٧,٦	٩,٥

المصدر: (الدراسة الميدانية)، تمّ التحليل بمعامل معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الجيزة.

المصادر والمراجع

أولاً: المصادر والمراجع باللغة العربية:

١. أبو عياش، عبد الإله (١٩٨٤). الإحصاء والكمبيوتر في معالجة البيانات مع تطبيقات جغرافية. الكويت: وكالة المطبوعات.
٢. الأحيدب، إبراهيم سليمان (٢٠٠٣). المناخ والحياة: دراسة في المناخ التطبيقي. الرياض.
٣. البياتي، علي حسين إبراهيم & العاني، محمد عبد المنعم حسن (٢٠١٦). استخدام الأدلة البيدوجيومورفولوجية لتوصيف وتصنيف الحساسية البيئية للتصحر للمناطق المحيطة لبعض المصانع الإنشائية في محافظة الأنبار. المجلة العراقية لدراسات الصحراء. جامعة الأنبار. مركز دراسات الصحراء. مج (٦). العدد (١). ص ص (٢٤-٣٠). **مُسترجع من** <http://search.mandumah.com/Record/922393>
٤. التركماني، جودة فتحي (٢٠٠٤). أصول البحث الجغرافي: النظرية والتطبيق. (ط: ١). المملكة العربية السعودية. الرياض: مكتبة العبيكان.
٥. التركماني، جودة فتحي & عطية، شربات بشندي (٢٠١٩). جغرافية التربة وتطبيقاتها: دراسة معاصرة. القاهرة: دار الثقافة العربية.
٦. الجميلي، محمود فاضل & أحمد، سلوى هادي (٢٠١٨). تلوث التربة والمياه. بغداد.
٧. الشرباصي، أسماء نعمت الله عبد الشافي (٢٠١٩). إدارة الأراضي الزراعية وعلاقتها بالجدارة الإنتاجية للتربة في مراكز محافظة الدقهلية غرب فرع دمياط: دراسة في الجغرافية الاقتصادية باستخدام الجيومعلوماتية. (أطروحة دكتوراة غير منشورة). جامعة المنصورة. كلية الآداب. قسم الجغرافيا.
٨. الصالح، ناصر عبد الله & السرياني، محمد محمود (٢٠٠٠). الجغرافيا الكمية والإحصائية: أسس وتطبيقات بالأساليب الحاسوبية الحديثة. المملكة العربية السعودية: مكتبة العبيكان.
٩. الموصلي، عماد الدين (١٩٧٤). جغرافية الثرب. دمشق: مكتبة أطلس.
١٠. بدوي، هشام داود صدقي (٢٠١٢). أثر المناخ على التصحر في شرق وغرب الدلتا المصرية: دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. (أطروحة دكتوراة غير منشورة). جامعة المنصورة. كلية الآداب. قسم الجغرافيا.
١١. بغدادي، محمود إبراهيم دسوقي (٢٠١٢). تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد في التقييم الجيوبئي لدعم التنمية المستدامة بمنخفض الواحات البحرية. (أطروحة دكتوراة غير منشورة). جامعة المنصورة. كلية الآداب. قسم الجغرافيا.

١٢. بوران، علياء حاتوغ & أبو دية، محمد حمدان (١٩٩٤). *علم البيئة*. (ط: ١). الأردن. عمان: دار الشروق للنشر والتوزيع.
١٣. جودة، حسنين جودة (٢٠٠٤). *الجغرافيا المناخية والنباتية: مع التطبيق على مناخ ونبات قارات أوروبا وأسيا وأفريقيا ومناخ العالم العربي*. (ط: ٦). الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية.
١٤. حسن، هويدا توفيق أحمد & عطية، شربات بشندي (يناير ٢٠٢٢). *التقييم الجيومورفولوجي والهيدروبيدولوجي لتربة مُنخفض وادي الفارغ: باستخدام تقنيات الجيوماتكس*. *مجلة كلية الآداب بقنا*. جامعة جنوب الوادي. العدد (٥٤). الجزء الأول. ص ص (٨٧٦ - ٩٧٧).
١٥. عبد العزيز، متولي عبد الصمد (٢٠٠١). *حوض وادي وتير شرق سيناء: دراسة جيومورفولوجية*. (أطروحة دكتوراة غير منشورة). جامعة القاهرة. كلية الآداب. قسم الجغرافيا.
١٦. عبيد، محمود عبد العزيز أبو العينين (٢٠٠٤). *مدخل إلى جغرافية التربة*. (ط: ١). المملكة العربية السعودية. الرياض: مكتبة الرشد.
١٧. عزيز، محمد الخزامي (٢٠٠٧). *أثر الاختلاف المكاني على قدرة التمييز بين النباتات والتربة على مرتبة لاندسات: دراسة كارتوجرافية تطبيقية لخمس نماذج من الكويت*. ضمن دراسات تطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية. (ط. ١). الكويت: دار العلم. ص ص ١٢٧ - ٢٠٢.
١٨. عطية، شربات بشندي (٢٠١٨). *مشكلات التربة في منخفض الخارجة: دراسة جغرافية باستخدام الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية*. (أطروحة دكتوراة غير منشورة). جامعة القاهرة. كلية الآداب. قسم الجغرافيا.
١٩. عماشة، صلاح معروف عبده (٢٠١٩). *علم البيوجغرافية "جغرافية التربة": الماهية ومناهج وأساليب الدراسة ومراحل التطور*. القاهرة: مكتبة جزيرة الورد.
٢٠. عنبر، محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف & عطية، شربات بشندي (٢٠٢٣). *التحليل المكاني للتغيرات الجيبيئية على جانبي القطاع الأوسط من محور ٣٠ يونيو باستخدام الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية*. *مجلة كلية الآداب بقنا*. جامعة جنوب الوادي. العدد (٦١). ص ص (٤٧٨-٤٠٥).
٢١. عنبر، محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف (٢٠١٠). *مناخ شرقي دلتا النيل وآثاره البيئية: باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد*. (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة القاهرة. كلية الآداب. قسم الجغرافيا.
٢٢. محسوب، محمد صبري (٢٠٠٢). *البيئة الطبيعية: خصائصها وتفاعل الإنسان معها*. القاهرة: دار الفكر العربي.

٢٣. مصيلحي، محمد فتحي (٢٠٠٣). *مناهج البحث الجغرافي*. مصر: مطابع جامعة المنوفية.
٢٤. موسى، على حسن (١٩٨٣). *الوجيز في المناخ التطبيقي*. دمشق: دار الفكر.
٢٥. نادي، هاني ربيع (مارس ٢٠٢٢). *الحساسية البيئية للتصحّر شمال غرب محافظة بني سويف: باستخدام نموذج MEDALUS*. *المجلة الجغرافية العربية*. سلسلة بحوث جغرافية. العدد (١٧١). مصر: الجمعية الجغرافية المصرية. (٦٣ ص).
٢٦. هاوسنبيلر (٢٠٠٠). *علم التربة أساسيات وتطبيقات*. ترجمة: الدومي، فوزي محمد، ليبيا: منشورات جامعة عمر المختار. طرابلس: دار الكتب الوطنية.

ثانياً: المصادر والمراجع باللغة الإنجليزية:

1. Abdul-Qader, A.M., & Benni, T.J., (2010). *Monitoring and Evaluation of Soil Salinity in Term of Spectral Response using Landsat Images and GIS in Mesopot Amlan Plain, Iraq*. *Journal of Iraqi Desert Studies*, Special Issue of 1st Scientific Conference, Vol.2, Pp.1-38.
2. Ali, R.R., & El-Baroudy, A.A., (2008). *Use of GIS in Mapping the Environmental Sensitivity to Desertification in Wadi El Natrun Depression, Egypt*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. No.(1). Pp.157-164.
3. Allaby, M; (2002). *Basics of Environmental Science*. 2nd Edition. London and New York: Routledge.
4. Ayers, S., & Westcot, W., (1989). *Water Quality for Agriculture*, FAO Irrigation and Drainage, Paper 29 Rev.(1), Rome.
5. El-Tahlawi, M.R., Mohamed, M.A., Boghdadi, G.Y., Rabeiy, R.E., & Saleem, H.A. (2014). *Groundwater quality assessment to estimate its suitability for different uses in Assiut Governorate. Egypt*. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, Vol.3, No.(5). Pp.53-61.
6. Epiphano, J.C., Gleriani, J.M. & Rudoroff, B.F., (1996). *Vegetation Indices for Remote Sensing of Beans (Phaseolus Valgansi)*. *Pesquisa Agropecu Aria Barasileira*, Vol.31, No.(6). Pp.445-454.
7. Folk, R.L. & Ward, W.C., (1957). *Brazos River Bar: A study in the Significance of Grain Size Parameters*, *Journal of Sedimentary Prarology*, V.21, No.(1). University of Texas, Austin, Texas, Pp.3-36.
8. Follett, R.H., & Soltanpour P.N., (2002). *Irrigation Water Quality Criteria*. Colorado State University Publication, No.(506).
9. Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO (2006). *Guidelines for soil description*, United Nation, Rome, 4th Edition.

10. **Gad, A.A., & Lotfey, I., (2006).** *Combined GIS and Remote Sensing Techniques in Mapping Desertification Sensitivity in the North of the Western Desert, Egypt.* National Authority for Remote Sensing and Space Sciences, Egypt.
11. **Gad, A.A., (2008).** *Assessment and Mapping of Desertification Sensitivity in Some of the Western Desert Oases, Egypt, Based on Remote Sensing and GIS.* The 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments and the 1st Arab Water Forum.
12. **Hegazi, A. M., (2009).** *Assessment and Mapping of Desertification Sensitivity in the Northwestern Coastal Zone, Egypt.* Egyptian J. Desert Res. Vol.59, Special Edition.
13. **Huete, A.R., (1988).** *A soil-adjusted vegetation index (SAVI).* Remote Sensing of Environment. Vol.25, Pp. 295-309.
14. **Ismail, E., Zaki, R. & Kamel, A. (2015, March).** *Hydrochemistry and evaluation of groundwater suitability for irrigation and drinking purposes in West El-Minia District, North Upper Egypt.* Eighteenth International Water Technology Conference, Sharm El-Sheikh, Egypt.
15. **Jensen, P.L., & Huete, A.R., (2001).** *Assessment of Spectral Vegetation Indices for Riparian Vegetation in the Colorado River Delta.* Mexico, J. of Arid Environment, Vol.49, No.(1). Pp. 91-110.
16. **OSS., (2004).** *Map of Sensitivity to Desertification in the Mediterranean Basin-Proposal for the methodology for the final map,* Rome: Observatory of the Sahara and Sahel, Rome.
17. **Penuelas, J. & Araus, A., (1997).** *Visible and Near Infrared Reflectance Assessment of Salinity Effect on Barley.* Crop Science, (USA). Vol.371, No.(1). Pp.198-202.
18. **Richards, L., (Editor), (1954).** *Diagnosis and improvement of saline and alkali soil,* United States Department Agriculture Handbook, Vol.60, Print office, Washington. USA.
19. **Rondeaux, G. & Steven, M. & Baret, F. (1996).** *Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices.* Remote Sensing Environ, Elsevier Science Inc., New York, Pp. 95-107.
20. **Saber, A.I.M., (2022).** *Wetland Quality for Sustainable Development Northwest of the Suez Canal: Components and Constraints,* Journal of Sustainable Development in Socia and Environmental Sciences, JSDSES. Vol.1, No.(1), pp.45 - 61.

21. Schaetzl, R., & Anderson, S., (2005). *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press. UK.
22. Sherif, M.M., (2005). *Assessment Modeling and Management of Seawater Intrusion in the Nile Delta Aquifer*. Pp. 255-260.
23. Shrestha, D.P. & Zink, J.A., (2001). *Land Use Classification in Mountainous Area: Integration of Image Processing, Digital Elevation Data and Field Knowledge an Application in Nepal*. ITC. Enscheda. Netherlands, Pp.1-14.
24. Storie (2008). *Storie index soil rating*, Special Publication (3203), Division of Agricultural Science, University of California, Berkeley.
25. Tavares, J.P., & Baptista, I., & Ferreira, A.J.D., & Amiotte S.Ph., & Coelho, C., & Gomes, S., & Amoros, R., & Reis, E.A.D., & Mendes, A.F., & Costa, L., & Bentub, J., & Varela, L., (2015). *Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region Case study of the Ribera Seca Watershed, Santiago Island*. Cabo Verde. Catena. Vol.128. Pp. 214-223.
26. Thompson, R.D., & Perry, A.H., (1997). *Applied Climatology: Principles and Practice*. 1st Edition. London and New York: Routledge.
27. USDA (2017). *Soil survey manual*, United State, Department of Agriculture, Handbook (18), Gov. Print Off, Washington, DC., USA.

ثالثاً: المواقع الإلكترونية:

١. هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) United States Geological Survey، تم الاسترجاع في: ٥ يناير ٢٠٢٣
 ٢. موقع جوجل إيرث برو Google Earth Pro، تم الاسترجاع في: ١٥ مايو ٢٠٢٣
 ٣. القاموس الموسوعي للمفردات البيئية General Multilingual Environmental Thesaurus (GEMET)، تم الاسترجاع في: ١٥ يونيو ٢٠٢٣
 ٤. موقع Space4water PORTAL، تم الاسترجاع في: ٢١ يوليو ٢٠٢٣
 ٥. موقع عالم الزراعة_شبكة الزراعة المصرية، تم الاسترجاع في: ٢٣ يوليو ٢٠٢٣
- <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- <https://earth.google.com/web/>
- <https://www.eionet.europa.eu/gemet/ar/concept/4612>
- <https://space4water.org/taxonomy/term/1242>
- <https://agricultureegypt.com/News/40241>