مجلة العلوم العربية والإنسانية
Journal of Arabic Sciences & Humanities
مجلة دورية علمية محكمة ربع سنوية

مركز النشر العلمي والترجمة
جامعة القصيم
Center of Scientific Publishing and Translation
Qassim University

E-ISSN: 1658-9602
www.jahs.qu.edu.sa

18، (1)، محرّم ، 1446
July, 2024

التحليل المكاني لملوحة الترب في الشقة في مدينة بريدة باستخدام المؤشرات الطيفية خلال مواسم المطر والجفاف

Spatial Analysis of the Soil Salinity in Ashiqah in the City of Buraidah using Spectral Indicators during the Rainy and Dry Seasons

وداد بنت حمدان الروقي

قسم الجغرافيا، كلية اللغات والعلوم الإنسانية، جامعة القصيم، بريدة، المملكة العربية السعودية

الملخص

تعد زيادة معدلات الملوحة من أخطر المشاكل المتعلقة بتدهور التربة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة؛ لذا كان من الضروري دراسة ملوحة التربة وتوزيعها المكاني من خلال ما توفره تقنيات الاستشعار عن بعد ممثلة بالمؤشرات الطيفية عالية الكفاءة، ومقارنتها مع المقاس حقليًا، تعتمد هذه الدراسة على ثلاثة مؤشرات طيفية **SI2** (**Salinity Index**) و **SI4**), **Normalized Difference Salinity Index NDSI**) خلال فترتين؛ الأولى في موسم الجفاف، والثانية في موسم المطر؛ لاستخلاص الملوحة في منخفض الشقة، وتشير النتائج إلى تباين قيم المؤشرات الطيفية مقرون بالمحتوى الرطوبي للتربة، وذلك خلال فترتي الجفاف والمطر، وكذلك ارتفاع معدلات الملوحة في ترب منخفض الشقة، وتقارب في القيم مع نتائج التحاليل المعملية؛ حيث يُلاحظ وجود علاقة ارتباط قوية بين كمية الأملاح المذابة المقاسة (**TDS**) من ثلاثة مواقع (قاع الملح، بر الرفيعي، طعوس السيف) وبين قرائن الملوحة (, **SI2** **SI4**)، بعلاقة مقبولة قدرت بحوالي (0,81 و 0,67) على التوالي. وتبين الدراسة أن الملوحة تتركز بمعدلات عالية قرب سبخة الشقة بالاتجاه نحو بر الرفيعي، في حين تنخفض تدريجيًا جنوب منطقة الدراسة حيث الكثبان الرملية.

الكلمات المفتاحية: الشقة، ملوحة التربة، مؤشر الملوحة، مؤشر اختلاف الملوحة الطبيعي، الأملاح المذابة

Abstract

This study analyzed soil salinity and its spatial distribution in Ashiqah through what is provided by remote sensing techniques represented by spectral indices and compare them with field measurements. This study relied on three spectral indices, Salinity Index (2.4) and Normalized Difference Salinity Index (NDSI) during the rainy and dry seasons, to extract salinity in the AShiqah Lowland. The results indicated a variation in the values of the indices associated with the soil moisture during the dry and rainy seasons. Also, there were high levels of salinity in the soil of Ashiqah, and similar values to the results of laboratory analyses, as there is a strong relationship between of dissolved salts measured (TDS) from (the salt bed, Al-Rufaei Barr, Saif dunes) and salinity indices (SI2, SI4), estimate at about (0.81 and 0.67). It also showed that salinity concentrated at high rates near Ashiqah salt flat towards Al-Rufaei Barr, while it decreased gradually towards the south where sand dunes.

Keywords: Ashiqah**,** Soil salinity, NDSI, SI2, SI4, TDS

الإحالة APA Citation:

الروقي، وداد. (2024). التحليل المكاني لملوحة الترب في الشقة في مدينة بريدة باستخدام المؤشرات الطيفية خلال مواسم المطر والجفاف. *مجلة العلوم العربية والإنسانية*، *18*، (1)، 177-205.

استلم في: 07-08-1445/ قُبل في 20-09-1445/نُشر في 21-01-1446

Received on: 20-01-2024/**Accepted on:** 30-03-2024/**Published on:** 28-07-2024

1. المقدمة

يشكل تملح التربة واحدًا من أهم وأخطر المشاكل المؤثرة على الموارد الأرضية في المناطق الجافة وشبه الجافة. والترب المالحة هي تلك الترب المتأثرة بأملاح قابلة للذوبان أو صوديوم قابل للتبادل أو كليهما وبكميات يمكن أن تؤثر على نمو النباتات، وربما انخفاض الوزن الجاف **للمحاصيل** (Munns and Tester, 2008)؛ وقد يعود تملح للتربة لأسباب جيولوجية كالانكسارات، أو جيومورفولوجية كالمنخفضات و بطون الوديان، أو من الممكن أن يكون ناتج عن ممارسات بشرية غير منضبطة كالري الدائم بالغمر، أو استخدام الطرق البدائية في الزراعة وكذلك حفر الآبار، وتمثل ملوحة التربة في منطقة القصيم ظاهرة ديناميكية تتطلب متابعة مستمرة لمعرفة توزيعها المكاني من خلال التكامل بين المسح الميداني والتحاليل المخبرية، بالإضافة إلى المسح التقني من خلال مرئيات الاستشعار عن بعد المعتمد على القرائن الطيفية، كدليل الملوحة **Salinity Index** (**SI2**) ، (**SI4**) و دليل الاختلاف الملحي (**NDSI**).

2. موضوع الدراسة وأهميته

تكمن أهمية هذه الدراسة في ضرورة تكامل المسوحات الميدانية بتحاليلها المخبرية مع بيانات الاستشعار عن بعد من خلال المؤشرات الطيفية التي تحدد التوزيع المكاني لملوحة التربة ومدى انتشارها خلال مواسم التساقط والجفاف، وبناءً على خرائط للترب المتأثرة بالملوحة، والتي من شأنها أن تفيد في توجيه واستصلاح الترب.

3. مشكلة الدراسة

تمثل ملوحة تربة الشقة واحدة من أهم المشاكل البيئية التي تؤثر على زراعة المنطقة، من خلال تأثيرها غير المباشر على نمو المحاصيل بزيادة تشكل القشرة السطحية، الأمر الذي يقلل من نفاذية المياه لمنطقة الجذر التي ستعاني أيضًا من خفض التهوية، ففي عام 2013 تدهورت الترب في منطقة القصيم بسبب ملوحتها العالية، فاتسم 47.1% من تربة المنطقة بالملوحة العالية (Alwabel et al., 2020)، وحتى نتمكن من تشخيص المشكلة جيدًا ووضع حلول ناجعة للتخفيف منها، جاءت هذه الدراسة لتحديد تراكم الأملاح في تربة الشقة مخبريًا وتقنيًا باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد.

4. التساؤلات

1- هل تعاني الشقة من ارتفاع مستويات الملوحة في تربتها؟

2- هل يمكن تصنيف ملوحة الترب في الشقة وفقًا لخصائصها الكيميائية والفزيائية؟

3- ما مدى قدرة المستشعرات الطيفية على استخلاص وتصنيف ملوحة ترب الشقة؟

4- هل توجد هناك علاقة بين قيم الملوحة المقاسة مخبريا والمستشعرة؟

5. الأهداف

1 – تحديد ملوحة التربة في الشقة وتصنيفها وفقًا لخصائصها الكيميائية والفيزيائية.

2 – استخلاص وتصنيف ملوحة الترب في الشقة باستخدام المؤشرات الطيفية.

3– تحديد العلاقة بين ملوحة التربة المقاسة والمستمدة من المؤشرات الطيفية.

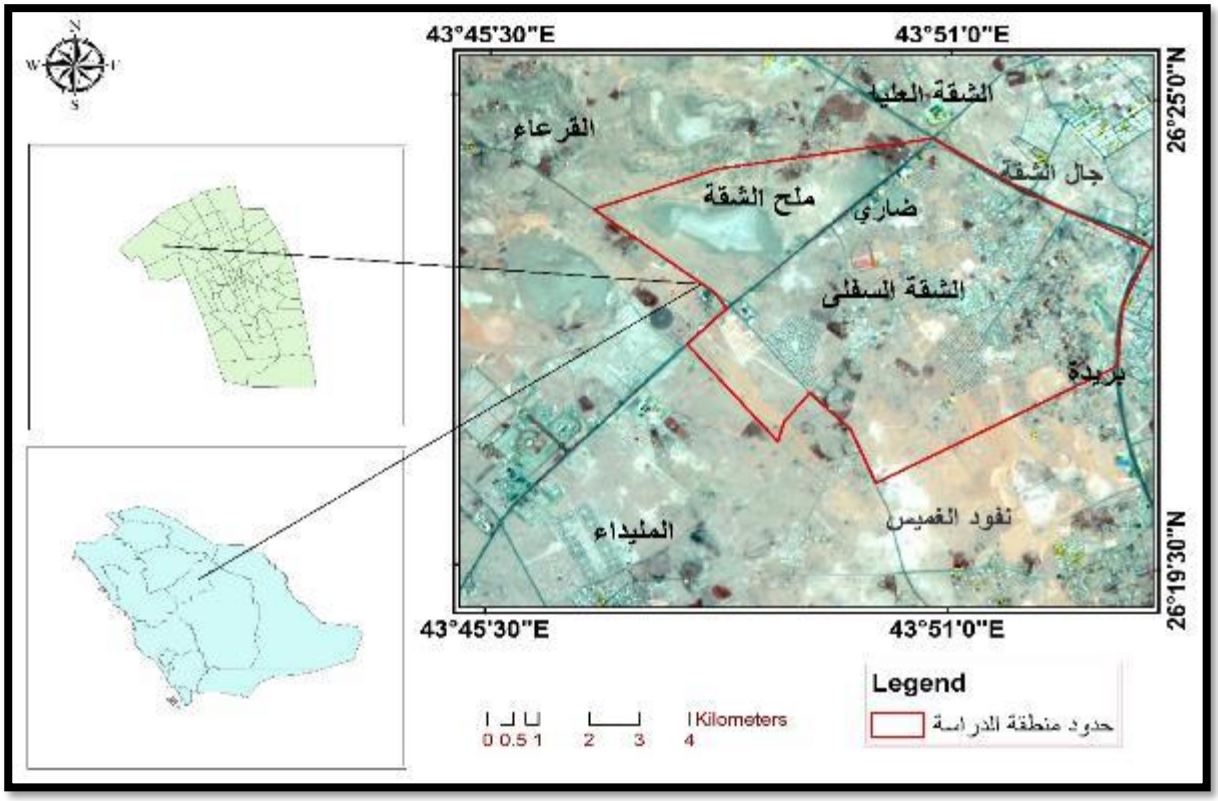
6. منطقة الدراسة

تقع الشقة إلى الشمال الغربي من مدينة بريدة، في منطقة القصيم، بين دائرتي عرض (26.408331 ،26.341055) شمالًا، وخطي طول (43.779852، 43.890437) شرقا، بمساحة تُقدر بحوالي (47.44كم2).

وهي تمثل منخفض عند أقدام جال الشقة، ويذكر (العبودي، 1979) أن الشقة عبارة عن بطن من الأرض يحيط به من الشرق جال، أما من الغرب والجنوب رمال نفود الغميس (شكل 1). وعمرانيًا يضم هذا المنخفض محلة عمرانية هي عبارة عن نطاقين، نطاق الشقة السفلى في الجنوب، ونطاق الشقة العليا في الشمال، وبطن ضاري في الوسط، وملح الشقة في الجزء الشمالي الغربي. جيولوجيا، ومن خلال تحليل الخريطة الجيولوجية (**GM-114C** بريدة بمقياس 1:250000) (شكل 2)، يتبين أن منخفض الشقة يحوي إرسابات العصر الأردوفيشي حيث تتكشف إرسابات متكون القصيم عند ملح ضاري شمال الشقة، ويعرف باسم عضو رانيا (**Oqr**) الذي يحوي حجر رملي أبيض اللون، ويضم حبيبات رملية من الناعمة إلى الخشنة، كما تظهر إرسابات العصر الأردوفيشي المتأخر، حيث تتكشف في متكون سارة (**Sos**) في جزء صغير شمال منطقة الدراسة شمالي ملح ضاري، ويغلب على إرساباته حجر طيني مخضر إلى رمادي باهت، بالإضافة إلى حجر رملي يتداخل معه حجر طيني ناعم بلون بني، كما يحوي على بقايا أحيائية، ويظهر متكون الزرقاء (**Soz**) في غرب الشقة، ويبدو على شكل جلاميد صخرية وكنجلوميرات مع خليط من الأطيان المتصلدة، كما يسود حجر رملي بلون بيج يتراوح بين ناعم الحبيبات إلى خشن التحبب، وتتكشف إرسابات العصر البرمي ممثلة بمتكون خف بعضويه عضو عنيزة (**Pku**) وحقيل (**Pkh**)، حيث يظهر عضو عنيزة في أقصى شرق الشقة، ويتكون من سافات من الدولومايت بلون بيج وحجر طيني رمادي يتداخل معه حجر رملي ناعم التحبب مخلوط مع بقايا نباتية، ويظهر عضو حقيل (**Pkh**) إلى الشرق منه، ويتكون من تطبقين من الدولومايت الأرجواني الذي يقع أسفله منه الانهدريت، وفي الأعلى يظهر دولومايت سلتي وجبس أبيض إلى أحمر مخلوط مع بقايا أحيائية، أما إرسابات الزمن الرابع المتمثلة برمال ريحية نشطة وكثبان (**Qdz**) فتتكشف في شرقه الأوسط، كذلك تتوزع أوشحة حصوية (**Qgy**) في وسطه متداخلة مع إرسابات ريحية نشطة تتكشف في أجزاء واسعة من غربي ووسط منخفض الشقة وأجزاء من شرقه

(**Qsz**)، كذلك تظهر الخبارى (**Qk**) في أجزاء من منخفض الشقة ولكن بمساحات صغيرة في أجزاءه الجنوبية والشمالية.

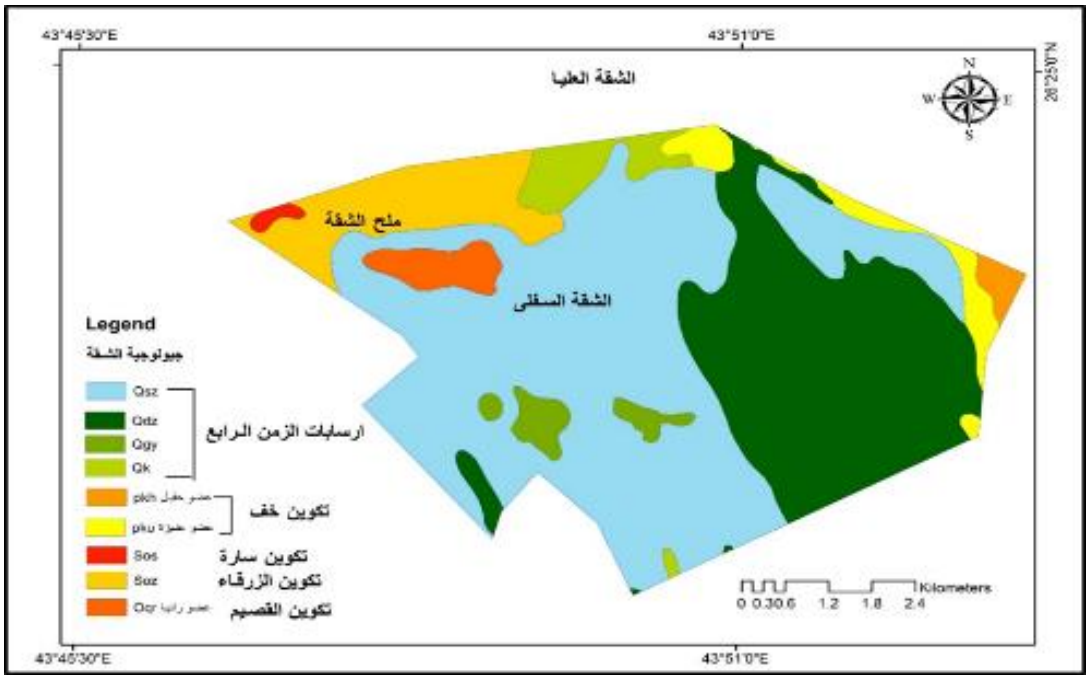
شكل 1: *مرئية فضائية من نوع* ***Landsat 8*** *توضح الحدود المجالية لمنطقة الدراسة، وفي الأركان موقع منطقة الدراسة بالنسبة لمدينة بريدة وبالنسبة للمملكة العربية السعودية.*



المصدر: من إنجاز الباحثة بناء على مرئية *Landsat 8 (OLI)*

يتضح مِمّا سبق تنوع للتكوينات الجيولوجية في منخفض الشقة، وسيادة الصخور الرملية والجيرية التي تتصف بمساميتها العالية وقدرتها على خزن المياه، التي يستفاد منها عند حفر الآبار ومن ثَمَّ استخدامها في الزراعة؛ مِمَّا يعني زيادة عدد فترات الري، وإمكانية تملح التربة بشكل أكبر، إضافة إلى رواسب السباخ والحجر الطيني ذو المسامية المنخفضة حيث الخاصية الشعرية فيه أعلى من التربة الرملية

شكل 2: *التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة*

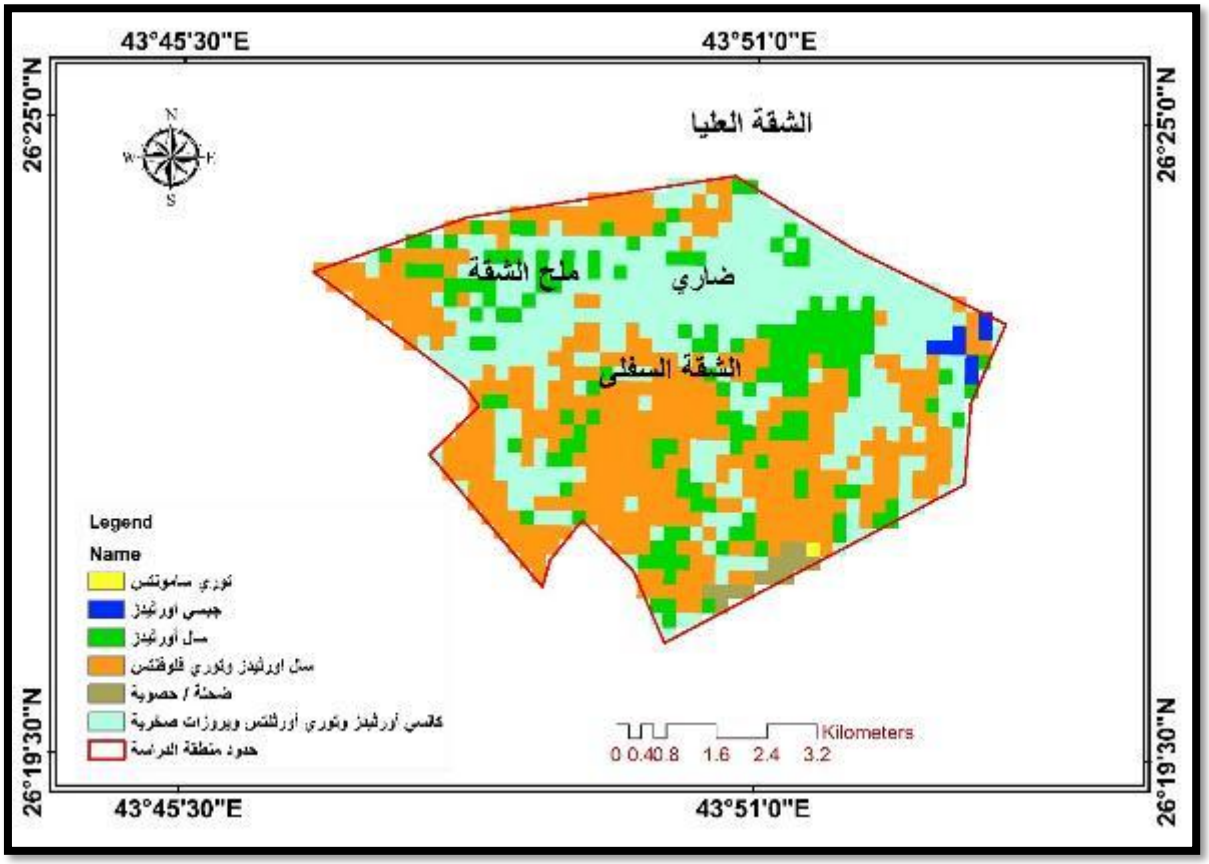


المصدر: من إنجاز الباحثة بناء على الخارطة الجيولوجية (GM-114C لمربع بريدة بمقياس 1:250000)

وبالاعتماد على أطلس الترب الصادر من موقع **https://soilgrids.org/** (شكل 3) نجد أن منخفض الشقة يتباين، فنجد تربة السبخات تسود في المنخفضات الملحية و في أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة (تربة سال أورثيدز **Salorthids**) في أجزاء متفرقة في الشقة، و عند ملح الشقة المتكون من كلوريد الصوديوم مختلط بكبريتات وطفلة وكوارتز يظهر في شكل بلورات كبيرة (القهيدان، 1999)، وتظهر التربة الطينية العميقة الصالحة للزراعة والمنكشفات الصخرية في مناطق واسعة من منطقة الدراسة، وتُعرف باسم (كالسي أورثيدز وتوري اورثنتس وبروزات صخرية **outcrop** (**Calciorthids–torriorthents–rock**)، بينما تسود تربة (سال اورثيدز وتوري فلوفنتس **Salorthids–torrifluvents**) في معظم أجزاء الشقة، بالإضافة لذلك تظهر تربة من نوع (جبسي أورثيدز) وهي ترب محدودة الصلاحية للزراعة، وتبدو في طرف المنطقة الجنوب الشرقي، أما التربة الرملية (توري سامونتس) فتظهر في أقصى الجنوب والجنوب الغربي، وهي تربة ضحلة و حصوية وتبدو على شكل مساحات صغيرة.

يتضح من خلال العرض السابق دور تصنيف التربة في ملوحة الشقة؛ حيث تظهر الترب الجبسية عالية الملوحة، كذلك ترب السباخ، التي ارتبطت طبوغرافيا بالمنخفضات التي تتجه إليها مياه السيول وتستقر بها، ومن ثَمَّ تتبخر وتبقى الأملاح على السطح، بالإضافة إلى سيادة التربة الطينية ذات المسامية المنخفضة والخاصية الشعرية النشطة؛ نظرًا لقرب مستوى الماء الباطني الذي تتميز به ترب السباخ، على العكس من التربة الرملية ذات النفاذية العالية.

شكل 3: *التربة في منطقة الدراسة*



المصدر: من إنجاز الباحثة استنادا على موقع https://soilgrids.org/

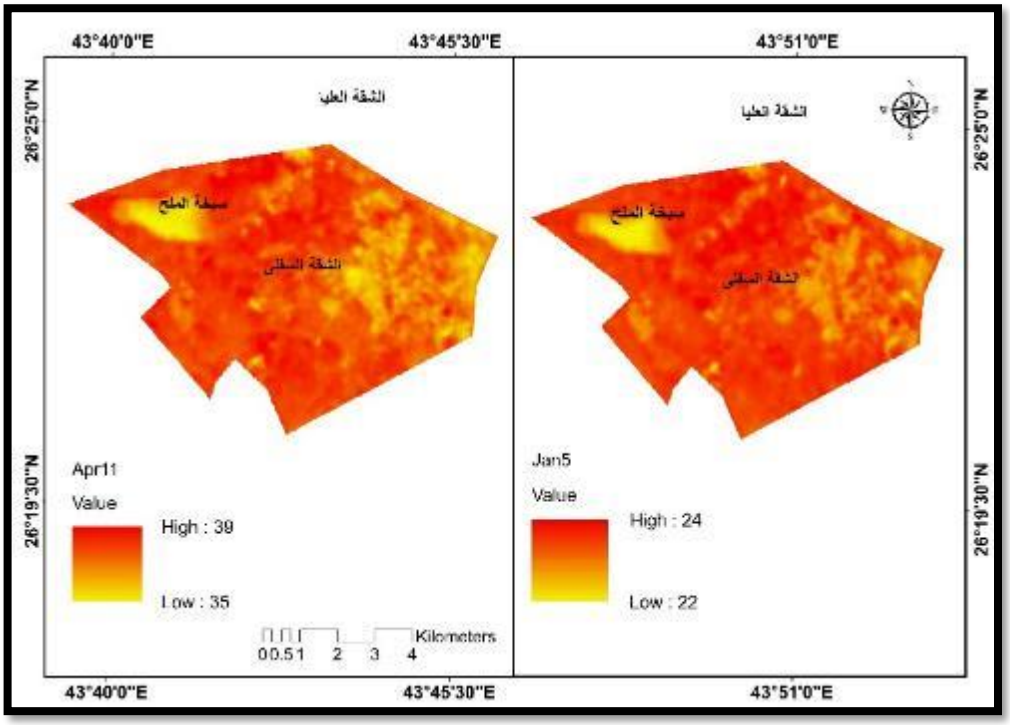
وللنبات الطبيعي دور كبير في زيادة الأملاح على سطح التربة من خلال نمو النباتات التي تمتص الماء بواسطة الجذور تاركة الأملاح عند الطبقة الجذرية، وتوجد نباتات تعمل على مد جذورها إلى أعماق مختلفة وتقوم بامتصاص الأملاح وتجميعه في جذورها وعند تفسخها تترك كميات لا باس بها من الأملاح على سطح التربة (عباس، 2020). والغطاء النباتي في منخفض الشقة فقير لكونها تقع في منطقة صحراوية شحيحة الأمطار، يقتصر غطاؤها النباتي على أشجار وشجيرات معمرة تتحمل فصول الجفاف الطويلة وشدة الحرارة كشجرة الغضى Haloxylon Persicum ، والعرفج Rhanterium epapposum، والعوشز Lycium shawii ، والأرطى Calligonum comosum ، والشنان Anabasis ، والأثل Tamarix ، والرمث Haloxylon Saliconicum ، والسدر Zizphus والعكرش Aeluropus ، إلى جانب النباتات الحولية ذات الدورة الحياتية القصيرة، والتي تنمو

عقب سقوط الأمطار مثل الأقحوان Anthemis Deserti Bois، والحمّيض Rumex Vesicrius، والخبّيز Malva Parviflora، والعنصل Dipcadi Erythrseum.

وبناءً على معطيات المرئيات الفضائية الميترولوجية الصادرة عن تحليل مرئية Landsat – 8 OLI والمنتجة من خلال http://rslab.gr/downloads_LandsatLST.html ، (جدول1) و (شكل4،5) ، نجد أن درجات الحرارة السطحية تتفاوت خلال أشهر السنة في منخفض الشقة، شملت أربعة أيام موزعة على فصول السنة لعام 2021؛ إذ تشهد المنطقة في أشهر الصيف ارتفاع شديد في درجات الحرارة، قدرت درجات الحرارة العظمى بما قدره (56 م°)، تقل تدريجيًا على سبخة الملح، إذ وصلت درجات الحرارة الصغرى نحو (53م°)، ومع قدوم أشهر الخريف تبدأ درجات الحرارة بالانخفاض بمعدل متوسط؛ حيث تراوحت ما بين (40 م° - 44م°)، وتُمثل أشهر الشتاء أقل شهور السنة حرارة، فقد تراوحت درجات الحرارة السطحية فيما بين (22م° – 24م°). ثم تبدأ درجات الحرارة خلال أشهر الربيع بالارتفاع التدريجي إذ تراوحت فيما بين (35 م°– 39 م°)، ويتضح من خلال التحليل السابق أن ارتفاع درجة الحرارة مناسب لزراعة المحاصيل لكنه في نفس الوقت يزيد من تبخر نتح النبات ومن ثَمَّ حاجة المحصول لزيادة فترات الري؛ مِمَّا يؤدي إلى ارتفاع منسوب الماء الأرضي، الذي مع ارتفاع درجات الحرارة يصعد إلى أعلى السطح نتيجة لزيادة نشاط الخاصية الشعرية؛ وبالتالي تتراكم الأملاح في الطبقة السطحية من التربة نتيجة لأن المياه محملة ببعض الأملاح المذابة؛ حيث أن لارتفاع درجات الحرارة دور في تفكيك وتحليل صخور القشرة الأرضية وإحلال وذوبان المركبات المعدنية والمساعدة على سرعة التفاعلات الكيميائية.

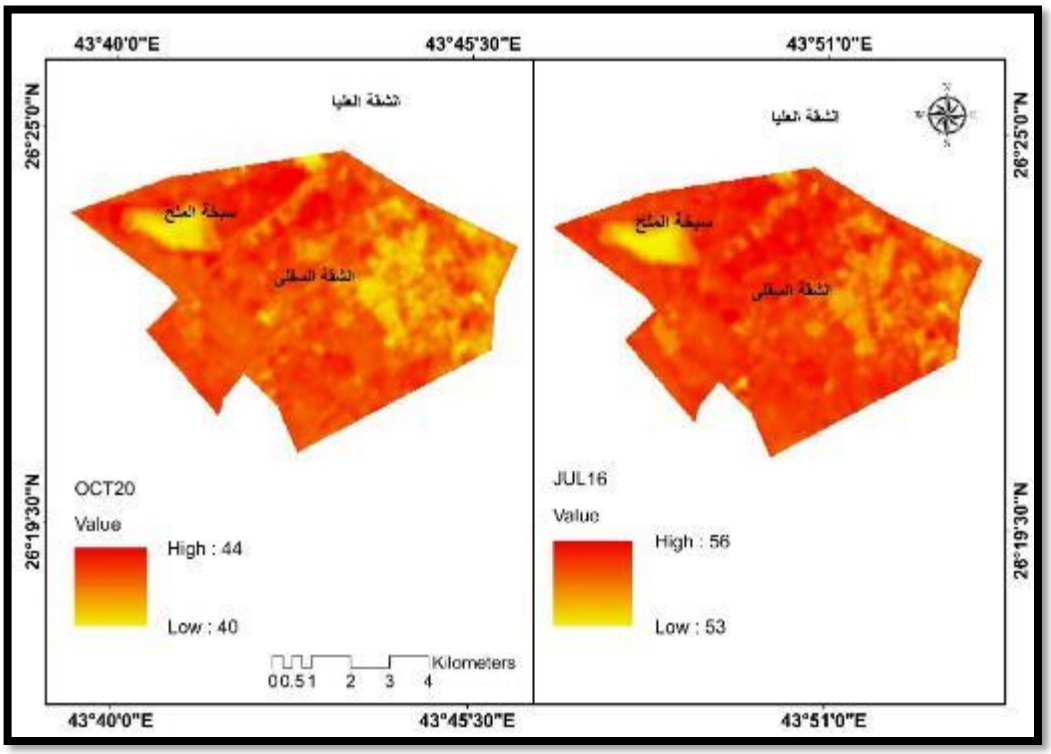
ويتصف التهطال المطري في الشقة بالندرة والتذبذب من سنة لأخرى، ومن فصل لأخر، ويبدأ موسم سقوطها من منتصف أكتوبر إلى أواخر شهر مايو؛ حيث تتسم بالفجائية والسيلية خلال فترة زمنية قصيرة محدثة معها السيول الجارفة، ويشير (جدول1) إلى أن أعلى كمية تساقط كانت خلال موسم الربيع بحوالي 55.21 ملم، بينما كانت أشهر الصيف أشهر جفاف على منطقة الدراسة، ويُشير الرسم البياني الصادر من موقع https://www.climateengine.org، للفترة ما بين 2000-2022 (شكل 6) إلى أن مجموع ما سقط خلال عام 2000 كان 225ملم، تزامن معها ارتفاع لرطوبة التربة إذ قُدرَّت بحوالي 15ملم عن بقية الأعوام (شكل 7).

شكل 4: *درجات الحرارة السطحية (م°) في شهري يناير وأبريل من عام 2021 في منطقة الدراسة*



المصدر: ***http://rslab.gr/downloads_LandsatLST.html***

شكل 5:*درجات الحرارة السطحية في شهري (يوليو وأكتوبر) من عام 2021 في منطقة الدراسة*



المصدر: ***http://rslab.gr/downloads_LandsatLST.html***

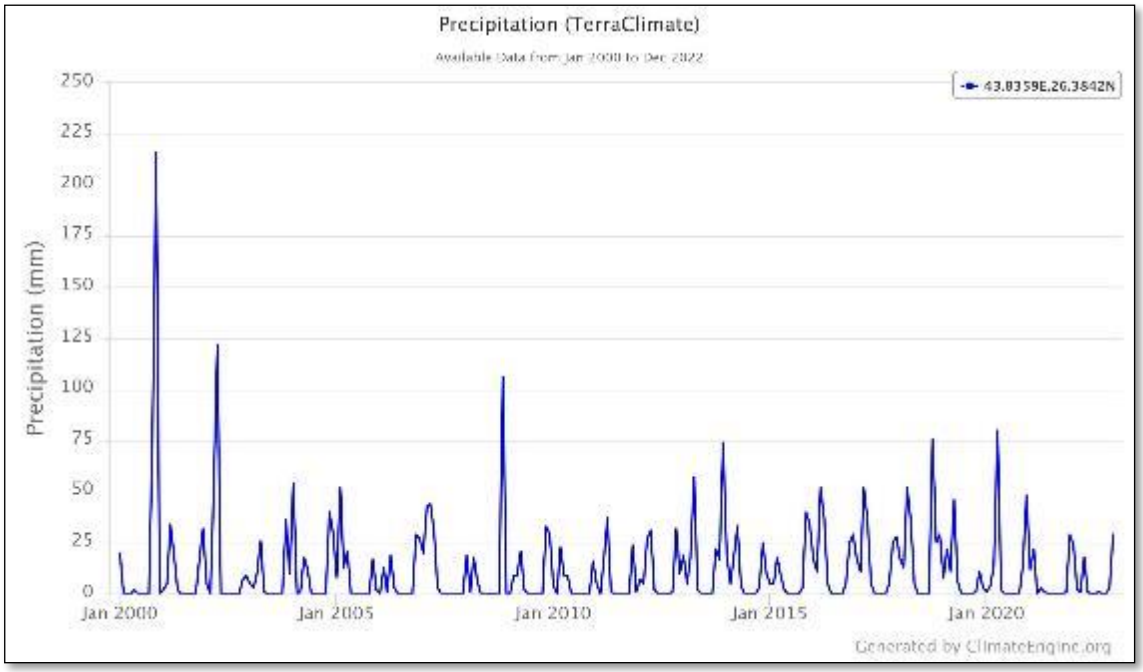
وبناءً على قيم الرطوبة النسبية الصادرة عن محطة مطار الأمير نايف تبين ارتفاعها خلال فصل الشتاء بما يقارب (49,6%)، بينما كانت منخفضة جدًا في أشهر الصيف الجافة بما قدره (13,6%)، في حين كانت في أشهر الخريف والربيع حوالي (29.7% و 33.4%) على التوالي (جدول2، شكل 8)، ومن الطبيعي أن قلة تساقط الأمطار وانخفاض الرطوبة النسبية له أكبر الأثر في زيادة نسبة ملوحة التربة؛ إذ أن مياه المطر غير كافية لغسيل التربة؛ مِمَّا يُعني جفاف التربة ونشاط الخاصية الشعرية، كما أن لارتفاع الرطوبة النسبية في أشهر الشتاء أثر واضح في خفض درجات الحرارة نتيجة لدور بخار الماء في امتصاص الإشعاع الشمسي؛ مِمَّا يُعني قلة تبخر المياه من التربة، ومن ثَمَّ إمكانية انخفاض نسب الملوحة.

جدول 1 : *معدلات التهطال الشهرية والموسمية في منطقة الدراسة للفترة مابين 2000-2022*

الشهر				معدل المطر الشهر (مم)
يناير				12.52
فبراير				10.04
مارس				21
أبريل				31.17
مايو				3.04
يونيو				0
يوليو				0
أغسطس				0
سبتمبر				0
أكتوبر				8.35
نوفمبر				32.30
ديسمبر				20.9
مجموع التهطال في كل موسم	موسم الشتاء	43,46	موسم الربيع	55,21
	موسم الصيف	0	موسم الخريف	40.65

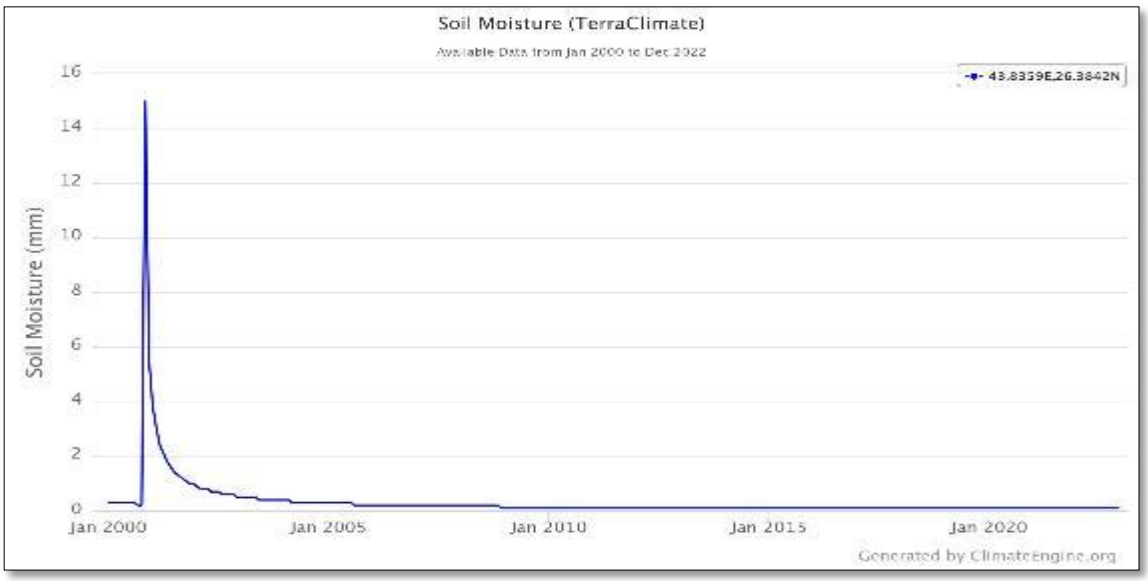
المصدر: https://www.climateengine.org

شكل 6: *كمية التساقط السنوي (ملم) للفترة ما بين 2000-2022 في الشقة.*



المصدر: ***https://www.climateengine.org***

شكل 7: *رطوبة التربة (ملم) للفترة ما بين 2000-2020 في الشقة.*



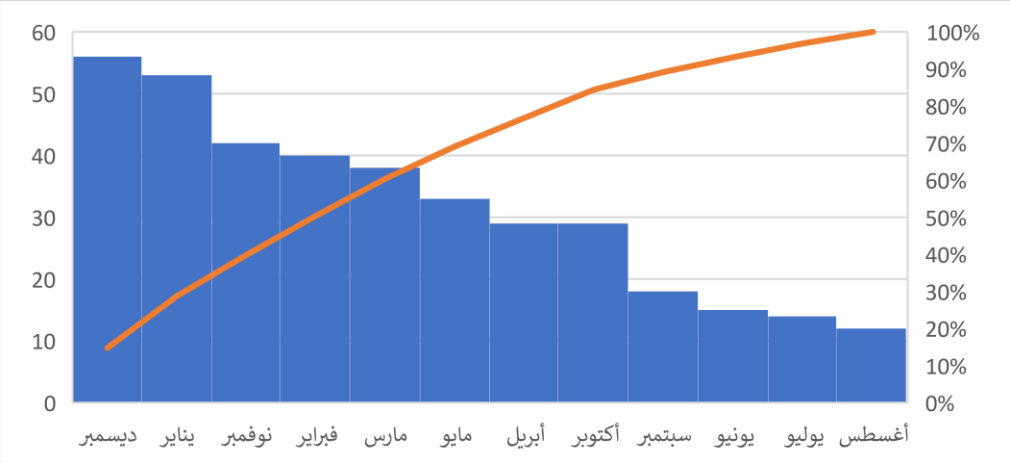
المصدر:***https://www.climateengine.org***

جدول 2: *الرطوبة النسبة (%) الشهرية والسنوية والموسمية في منطقة الدراسة*

الأشهر	الرطوبة النسبية %	
يناير	53	
فبراير	40	
مارس	38	
أبريل	29	
مايو	33	
يونيو	15	
يوليو	14	
أغسطس	12	
سبتمبر	18	
أكتوبر	29	
نوفمبر	42	
ديسمبر	56	
المعدل العام	31,5	
الرطوبة النسبية لكل فصل	الشتاء 49,6	الربيع 33.4
	الخريف 29.7	الصيف 13.6

المصدر: *البيانات المناخية لمحطة مطار الأمير نايف في القصيم للفترة بين 2000-2022*

شكل 8: *كمية الرطوبة النسبة (%) الشهرية في منطقة الدراسة.*

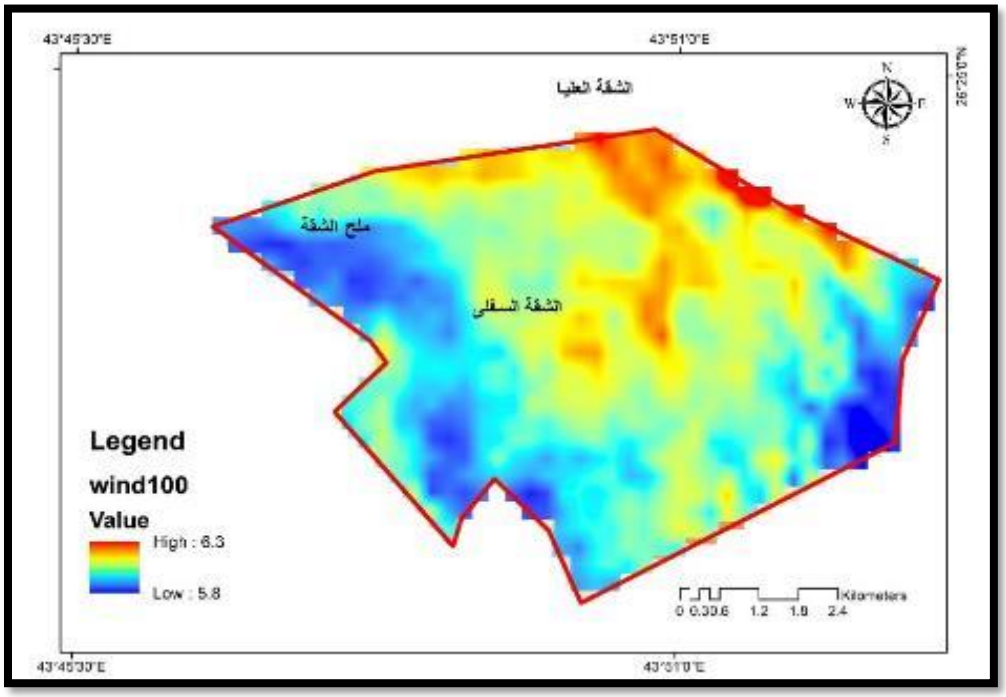


المصدر: *من إنجاز الباحثة بالاعتماد على بيانات محطة مطار الأمير نايف.*

وتتباين معدلات سرعات الرياح السطحية عند 100 م على منخفض الشقة فيما بين 5,8 م/ث و 6.3 م/ث، وذلك بناءً على القيم الصادرة عن Global Wind Atlas، (شكل9و10)، ومن خلال (الشكل 11) يتضح أن الرياح الشمالية تمثل 13% من إجمالي اتجاهات رياح الشقة، بينما تُمثل الرياح الشمالية الشرقية حوالي 15% من إجمالي الرياح، في حين تُمثل الرياح الشرقية 24%؛ أي أن الرياح السائدة على الشقة هي الرياح الشرقية، في حين النسب المتبقية كانت على سبيل المثال 8% للرياح الشمالية الغربية، و7% للرياح الجنوبية الشرقية، وللرياح الجنوبية الغربية كذلك.

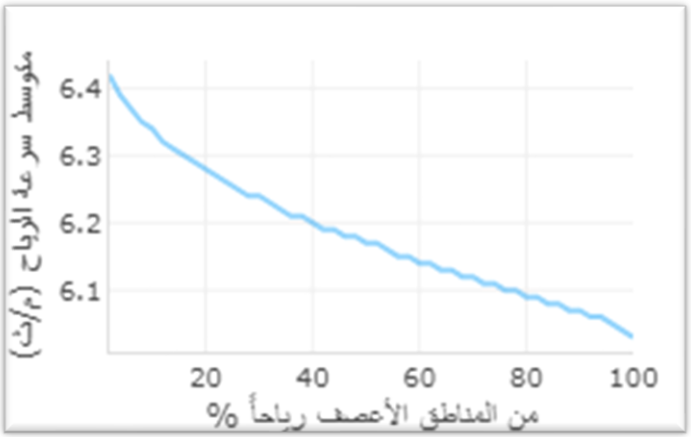
وبالنظر إلى تقلبات سرعة الرياح السنوية (شكل12) نجد أنها تتراوح بين 1,03 و 0,96، كان أكثرها تقلبًا في عام 2017 بسرعة 1,03 كم/ساعة، بينما أقلها تقلبًا في السرعة كان من نصيب عام 2016 بسرعة 0,96 كم/ساعة. وبالنسبة لتقلبات سرعة الرياح على مدار الساعة خلال اليوم (شكل 13) فأكثرها يكون من الساعة 16 إلى 24 بسرعة 1,5 كم/ساعة، وأقلها كان بسرعة 0,5 كم/ساعة خلال الفترة من الساعة 6 إلى 14. ويعد شهر مارس أكثر الشهور اختلافًا في سرعة الرياح. لاشك أن أي زيادة في سرعة الرياح تعمل على زيادة كميات التبخر من التربة؛ لأن لها دور في إزالة الطبقة المشبعة ببخار الماء لتحل محلها طبقة جافة وبالتالي تزداد معها الأملاح.

شكل 9: *سرعة الرياح السطحية عند 100 م على منطقة الدراسة.*

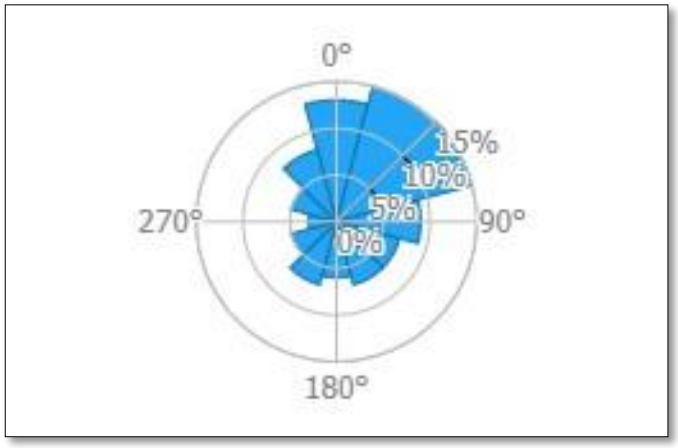


المصدر: *من إنجاز الباحثة بناء على بيانات Global Wind Atlas.*

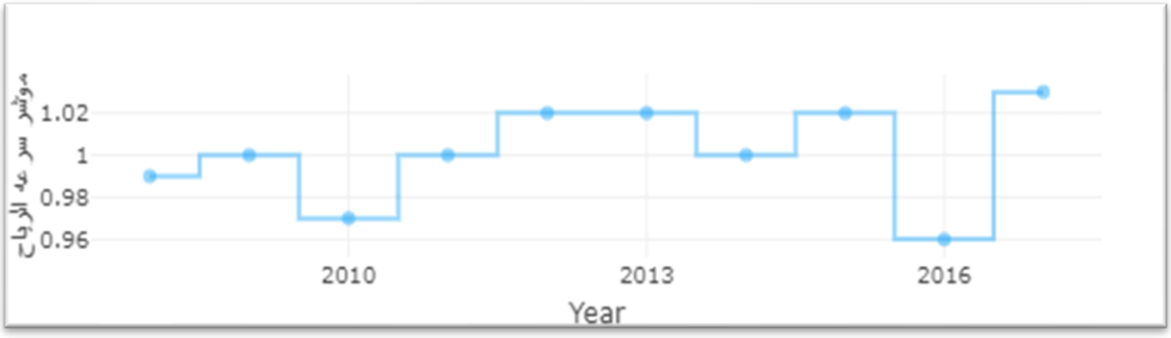
شكل 10:متوسط سرعة الرياح في الشقة (م/ث)



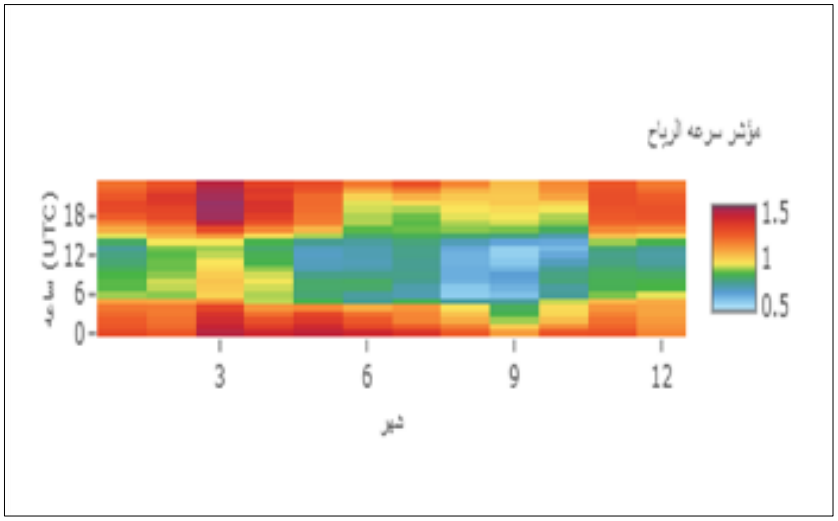
شكل 11:وردة سرعة الرياح في الشقة



شكل 12: تقلبات سرعة الرياح السنوي كم/ ساعة للفترة 2008 – 2017



شكل 13: تقلبات سرعة الرياح في منطقة الدراسة للفترة 2008 – 2017.



المصدر للأشكال السابقة: بيانات موقع Global Wind Atlas للفترة 2008–2017.

7. الدراسات السابقة

تناول (Khan et al., 2005) مراقبة التربة المروية المالحة في فيصل أباد، في باكستان بالاعتماد على بيانات الاستشعار المأخوذة من القمر (IRS-1B) وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)؛ حيث تم دراسة كيفية عمل مؤشرات الاستشعار عن بعد المختلفة لتصنيف وتقييم الأراضي المعرضة للملوحة في جزء من حوض السند في باكستان، فقام الباحثون بتحليل فعالية عدة مؤشرات لوجود الأملاح في المنطقة من حيث مؤشرات الملوحة (SI)، وبما أن التربة المتأثرة بالملوحة تتميز أيضًا بالغطاء النباتي المجهد، فقد تم أيضًا تحليل مؤشرات الغطاء النباتي كمؤشرات متزامنة، ولقد تبين أن احتمال الحصول على تصنيف صحيح لصور الأقمار الصناعية يعتمد بشكل كبير على الموسم لجميع المؤشرات التي تم تحليلها، كما يمكن تحقيق أفضل النتائج في موسم الجفاف (مارس–أبريل)، ولكن ليس في فترات الرطوبة أو درجات الحرارة المرتفعة.

استخدمت جبري (2012) القرائن الطيفية في دراسة سبخة الجبول وتغيراتها في سوريا، لتحديد أفضلها في تصنيف أراضي السبخة؛ حيث توصلت إلى أن قرينة التملّح (SI2) كانت الأكثر كفاءة من بين القرائن الخاصّة بالتملّح في إظهار أكبر عدد من الفئات التصنيفية لأراضي السبخة، وذلك في حال امتلاء السبخة بالمياه وأيضًا بعد جفاف جزء كبير منها، بينما أظهرت قرينة السطوع Brightness Index نتائج جيدة في تمييز الفئات التصنيفية للقشرة الملحية، في حين أفادت القرينة النباتية OSAVI في تمييز النباتات التي تنمو على أطراف السبخة.

قام Zewdu et al. (2017) بتقييم مستوى الملوحة في مزرعة سيجو المروية بإثيوبيا ورسم خريطة للتوزيع الزمني والمكاني للتربة المتأثرة بالملوحة، باستخدام صور Landsat TM للأعوام (1984 و1995)، وأشارت النتائج إلى أن حوالي 6 هكتارات من المنطقة تتملح بشكل معتدل إلى قوي سنويًا، وتم تطوير نموذج تجريبي من ECe مقابل مؤشر NDSI لعام 2010 باستخدام تحليل الانحدار، وكشفت أن معامل العلاقة هو 66٪. وتم توسيع النموذج ليشمل المنطقة بأكملها، وتبين أن 2% من منطقة الدراسة كانت شديدة الملوحة و54,7% من المساحة غير مالحة، في حين كشف نموذج التراكب الذي تم تطويره من منسوب المياه وشكل الأرض ونوع إدارة الأراضي والغطاء الأرضي أن 11,2% من منطقة الدراسة كانت غير مالحة، في حين أن 47,2% و3% كانت متوسطة الملوحة وقوية على التوالي، وكانت معظم المناطق المتضررة من الملوحة تقع على منسوب المياه الضحلة.

قام إبراهيم وهمال (2015) بإعداد خرائط تملح لترب الرقة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وتكامل ذلك مع البيانات الحقلية في حدود 200 عينة، جُمعت من 98 نقطة للتنبؤ بملوحة، كذلك بناء موديلات رياضية متعددة الانحدار الخطي باستخدام SPSS، وأشارت نتائجهما إلى أن عملية تطوير موديلات رياضية بناءً على مجموعة من موديلات تحليل الانحدار المتعدد الخطي وبيانات الاستشعار عن بعد في التنبؤ بملوحة التربة

وإعداد خرائطها هي طريقة جيدة وواعدة في دراسات تملح الترب وذلك لسرعتها في رصد ظاهرة التملح وإعداد خرائطها وبأقل التكاليف ما يتيح سرعة تنميتها.

و قام الوائلي (2018) ببناء مقياس هندسي لتصنيف التدهور الكيميائي في التربة باستعمال بيانات التحسس النائي جنوب محافظة بابل، والتنبؤ التدهور الكيميائي في بعض الترب من خلال مؤشرات التملح والصودية المسؤولة عنها، إذ تم التنبؤ بهذه المؤشرات بأسلوب الانحدار المتعدد مع الدلائل الطيفية مثل (NDSI) و (SI) و(EVI) و (*GDVI2*) (*OSAVI*)؛ حيث توصل إلى أن 53.73 % من مساحة منطقة الدراسة ترب غير متأثرة بالتدهور الكيميائي، في حين مثلت الترب الانتقالية 14.19 % من مساحة منطقة الدراسة، بينما الترب المتأثرة في التدهور الكيميائي مثلت 32.08 % من المساحة المدروسة.

دراسة العتابي وآخرون (2019) للتغير المكاني لملوحة التربة لترب مشروع شيخ سعد باستخدام تقنيات الاستشعار ونظم المعلومات الجغرافية في محافظة واسط، حيث اعتمدوا على طريقتي Kriging وCokriging لرسم خرائط ملوحة التربة من خلال القياسات المختبرية، و المؤشرات الطيفية، وكذلك استخدام برنامج GIS في التحليل الإحصائي Geostatistics لحساب المساحة المؤثرة والاعتمادية المكانية وعدد العينات الممثلة. وتوصلوا في نتائجهم إلى أن معظم أراضي منطقة الدراسة متأثرة بالملوحة وأن اقل واعلى قيماً دليل الملوحة (SI) تراوحت بين (0.002) و (0.334).

كما درس عباس (2020) بعض خصائص الترب المتأثرة بالأملاح وتدهورها في محافظة البصرة باستعمال التقنيات الجيومكانية، والتحاليل المعملية خلال فترات زمنية مختلفة (2000 و 2014 و2017)؛ حيث اعتمد على بعض المؤشرات الطيفية (الدليل الملحي ودليل الغطاء الخضري الطبيعي ودليل النسبة البسيطة ودليل الغطاء الخضري العام) . وتم فصل وحدات الترب اعتمادًا على أصناف الدليل الملحي (SI)، وتوصل إلى وجود ثلاثة أنواع من القشرة السطحية، وأن قيم NDVI و GDVI و SRI قد تغيرت قيمها زمانيًا وجاءت متوافقة مع معدلات التساقط المطري للسنوات التي سبقت التقدير وتأثرت مكانيًا بخصائص التربة ومحتواها الملحي المرتبط بمستوى الماء الأرضي، كما أظهرت نتائج تطبيق الموديلات علاقة ارتباط عالية المعنوية مع الملوحة المقاسة مختبريًا.

اعتمدت دراسة أبو حديد (2021) لخصائص تربة دلتا وادي سمهود وأثرها على الزراعة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد– على التحليل المعملي للخصائص الميكانيكية والكيميائية للتربة، بالإضافة إلى استخدامه للمرئيات الفضائية في تقدير حرارة التربة وملوحتها، من خلال المؤشرات الطيفية، وتحويل بيانات المرئيات من القيم الرقمية إلى القيم الإشعاعية، للوقوف على مدى صلاحيتها للزراعة. وقد توصل في نتائجه إلى أن الأراضي ذات الخصوبة المرتفعة والمتوسطة

تمثل 81,9% من مساحة الدلتا بينما تمثل التربة الفقيرة 18,15%، وأن الأراضي المتملحة لا تمثل سوى 4,3 % من مساحة الدلتا.

وستكمل هذه الدراسة العمل في توظيف التكامل بين التحاليل المعملية، وتقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية؛ لدراسة التوزيع المكاني لملوحة تربة الشقة، ومدى دقة تقنيات الاستشعار عن بعد في تحديد ملوحة التربة، ومقارنة نتائج المؤشرات الطيفية مع ما هو مقاس حقليًا، ومن ثم مقارنتها مع نتائج الدراسات السابقة.

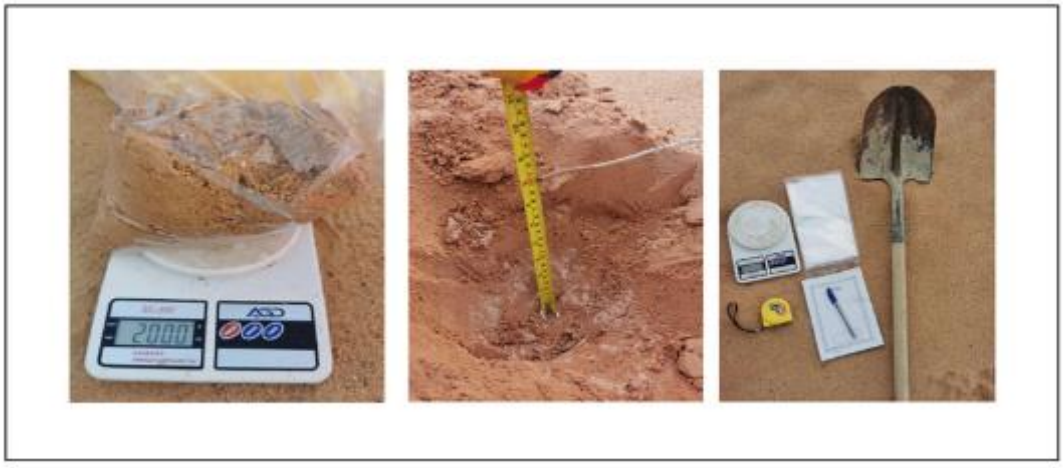
8. الإجراءات المنهجية

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي لوصف المنطقة وطبيعتها، كما اعتمدت على المنهج التحليلي بتحليل البيانات والعينات، وجاءت الدراسة على مرحلتين:

1.8. العمل الميداني

تم من خلاله تجميع وتجهيز عينات التربة بالاعتماد على مجموعة من الأدوات: أدوات حفر (كريك)، أكياس بلاستيك، ميزان حساس، دفتر، قلم، شريط مقياس متر (صورة 1)؛ حيث تم تحديد ثلاثة مواقع لأخذ العينات كانت في (قاع الملح – طعوس السيف – بر الرفيعي) (جدول 3 شكل 14).

صورة 1: *الأدوات و طريقة العمل*

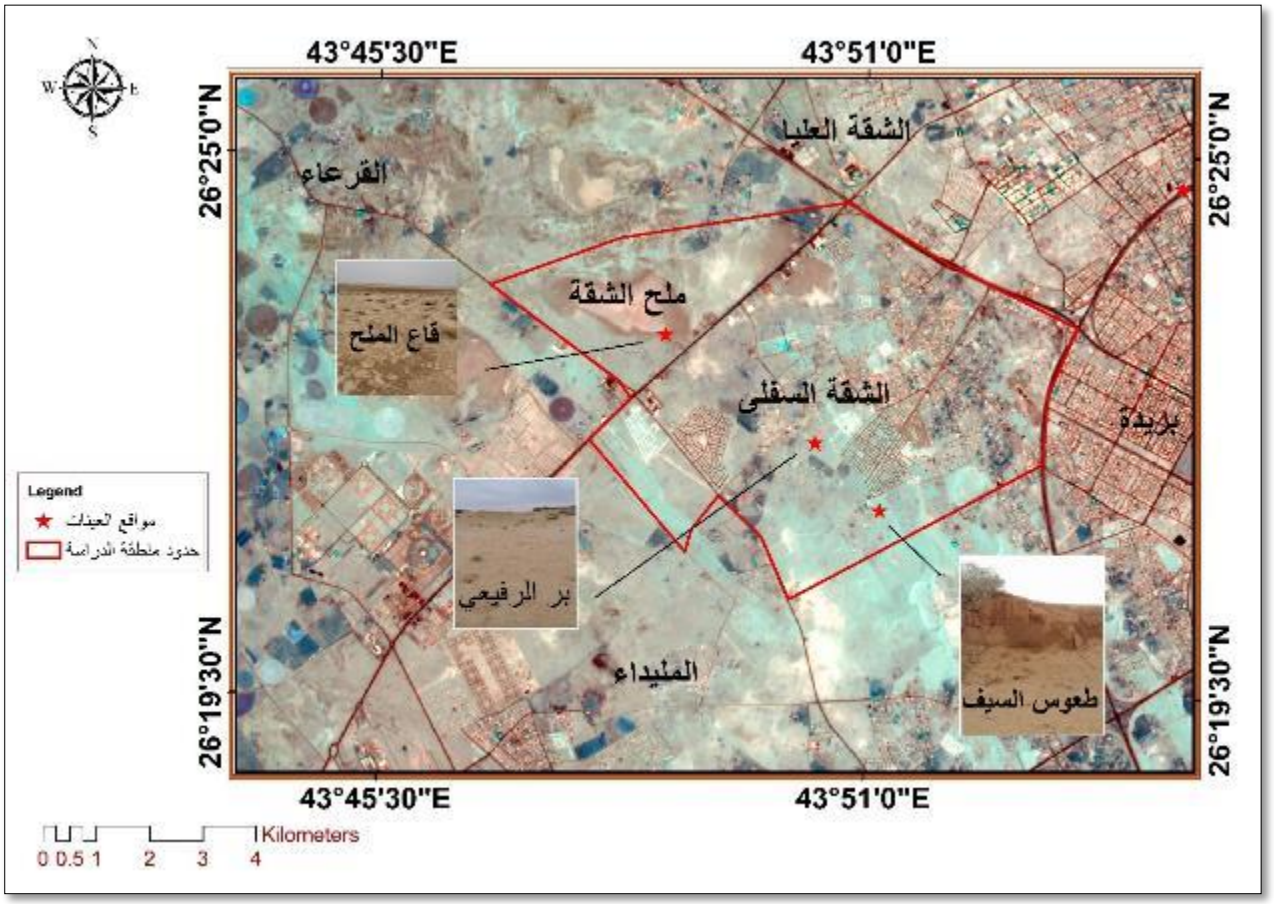


المصدر : تم التقاطها بتاريخ 2023/1/8

جدول 3: *مواقع عينات التربة*

موقع العينة	الإحداثيات
بر الرفيعي	43.840453 , 26.3681
طعوس السيف	43.852702 , 26.356691
قاع الملح	43.812164, 26.386279

شكل 14: *خريطة توضح مواقع العينات في (قاع الملح – طعوس السيف – بر الرفيعي)*



المصدر : من إنجاز الباحثة

1.1.8. طريقة العمل

- ننظف سطح التربة من البقايا النباتات أو أجسام غريبة.
- حفر التربة باستخدام أدوات خاصة بالحفر.
- أخذ العينة على عمق ٢٠ سنتيمتر.
- وضع كمية قدرها ٢-٣ كيلو في كيس بلاستيك حتى لا تفقد جزء من رطوبتها وتنقل إلى المعمل.

2.8. تقنيات الاستشعار عن بعد

اعتمدت هذه الدراسة على بيانات الاستشعار عن بعد من المرئيات الفضائية للقمر LandSat8 لعام 2022 من موقع United States Geological Survey (USGS)، وذلك خلال أشهر التساقط والجفاف بتاريخ (2022/7/3 و 2022/12/10)؛ إذ تم الاعتماد على برنامج Arc Map10.8 في معالجة وتصحيح المرئيات هندسيا وضبطها على نظام الإسقاط (WGS1984 UTM ZONE 38) ، وتصحيحها إشعاعيًا، ومن ثَمَّ

العمل على تحسينها، و قص المرئية بحسب منطقة الدراسة عن طريق Extract by Mask ، وذلك قبل البدء في تطبيق المؤشرات الطيفية عليها، حيث تم عمل مؤشر الملوحة(2) Salinity Index للمرئيات الفضائية من خلال المعادلة التالية:

- $$SI(2) = \frac{Green+Red}{2}$$ *(Khan et al., 2005) (1)*

- Salinity Index (4) مؤشر الملوحة (4):

SI(4) = (Red×NIR)/Green (Khan et al., 2001) (2)

Green: قيم عنصر الصورة في المجال الطيفي الأخضر.

Red: قيمة عنصر الصورة في المجال الطيفي الأحمر.

NIR: الأشعة تحت الحمراء القريبة.

وتساعد الانعكاسية العالية للتربة المتملحة في النطاقين الطيفيين الأخضر والأحمر على تمييزها، إذ تمثل قيم الانعكاس المرتفعة ترب ذات ملوحة عالية.

- أيضًا تم تطبيق مؤشر اختلاف الملوحة الطبيعي(NDSI Normalized Difference Salinity Index ، بالاعتماد على نطاق الأشعة الخضراء وتحت الحمراء القصيرة، من خلال المعادلة التالية:

NDSI= (Green – SWIR)/ (Green + SWIR) (Oymatov et al., 2023).(3)

حيث تتراوح قيم هذه المؤشر من – 1 إلى + 1 ، إذ يعطي الغطاء النباتي قيمًا متدنية، بينما المسطحات المضيئة ذات قيم مرتفعة.

جدول 4: *المرئيات الفضائية المستخدمة في مؤشرات الملوحة*

تاريخ المرئية	القمر الصناعي	المؤشر	النطاقات الطيفية
10/12/2022	Landsat 8 Operational Land Imager (OLI)	SI2	Band3 / Band4
		SI4	Band3 / Band4/Band5
3/7/2022		NDSI	Band3 / Band 6

المصدر: *من إنجاز الباحثة*

9. التحليل والمناقشة

1.9. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الشقة

تم من خلال هذه الدراسة تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الشقة من خلال التحاليل المخبرية، والتي جاءت نتائجها متأثرة بموقع الشقة الجيومورفولوجي كونها عبارة عن منخفض، وذلك على النحو التالي: (صورة 2)

1.1.9. الخصائص الفيزيائية

1.1.1.9. نسيج التربة

يُبين جدول (5) تشابه نسيج التربة للعينة الثانية والثالثة المأخوذة من (طعوس السيف – بر الرفيعي)؛ فجاء تصنيفهما رملي رديء التصنيف، حيث بلغت نسبة الرمل (98,3 و 97,9 %) على التوالي، هذا النسيج الرملي من شأنه أن يُخفِض مستوى الماء الباطني، بينما في العينة المأخوذة من قاع الملح على الرغم من ارتفاع نسبة الرمل بها (72,8%) إلا أنه أقل بالمقارنة بالموقعين السابقين، في حين أن نسبة الطمي والطين في هذا الموقع جاءت أعلى بما قدره (20.8%). بينما في طعوس السيف وبر الرقيعي كانت ذات نسب متدنية حوالي (1,4% ، 4،1%) على التوالي.،كذلك كانت نسبة الحصى في قاع الملح أعلى من نسبته في الموقعين الأخرين إذ بلغت نسبة الحصى فيه حوالي 6,4%. يلعب نسيج التربة دورًا هامًا في نسب الملوحة بحيث تكون الخاصية الشعرية أعلى في الطينية الغرينية الناعمة أكثر من الرملية، حيث النفاذية أقل وبالتالي ارتفاع لمستوى الماء الأرضي، بالإضافة إلى تعرض المياه إلى التبخر وترك طبقة ملحية على سطح التربة .

جدول 5: *نسيج التربة في منطقة الدراسة*

رمز و العينة	حصى (Gravel)	رمل (Sand)	طمي و طين (Clay&Silt)	القوام
SH.22.1	٪6.4	٪72.8	٪20.8	رملية طمييه
SH.22.2	٪0.3	٪98.3	٪1.4	رملية
SH.22.3	٪0.0	٪95.9	٪4.1	رملية

***المصدر** : من إنجاز الباحثة بناء على نتائج التحليل المخبري*

صورة 2: *التحليل الفيزيائي والكيميائي للتربة في المعمل*

المصدر *: شركة سادن المتخصصة للاستشارة الجيولوجية*

2.1.9. الخصائص الكيميائية

1.2.1.9. درجة الحموضة (الهيدروجيني PH)

تعود أهمية حموضة التربة (الهيدروجيني) إلى دورها في تحديد خصوبة التربة وبالتالي قدرتها الإنتاجية، وهو يُمثل قياس نشاط أيونات الهدروجين في محلول التربة، وأشارت نتائج التحليل المخبري في جدول (6) إلى أن تربة الشقة حمضية، وربما يعود ذلك إلى أن أجزاء كبيرة منها تخلو من المادة العضوية، حيث تراوحت قيمة PH ما بين (6,1 – 6,3).

جدول 6: *الخصائص الكيميائية لتربة منطقة الدراسة*

رمز و العينة	PH	درجة الحموضه	TDS (ppm)	Cl (ppm)	SO4 (ppm)
SH.22.1	6.1	حمضية	ppm 4250	493	1810
SH.22.2	6.3	حمضية	4330ppm	1365	1890
SH.22.3	6.2	حمضية	ppm4190	415	1780

المصدر: *من إنجاز الباحثة بناء على التحليل المخبري.*

2.2.1.9. تحليل المواد الذائبة "الملوحة" TDS

يتضح من خلال الجدول (6) أن تحليل المواد الذائبة كان مرتفع في منطقة الدراسة، مع وجود تباين بين المواقع الثلاث، وهذا يُشير إلى وجود مواد صلبة ذائبة عالية، بلغت المواد الذائبة حوالي (4250 ppm) في تربة قاع الملح، أما بالنسبة للعينة الثانية في منطقة بر الرفيعي فقد بلغت (4330ppm)، بينما بلغ ما في العينة الثالثة في طعوس السيف من مواد ذائبة حوالي (ppm4190)، و هذا يُشير إلى أن تربة منخفض الشقة تربة عالية الملوحة الأمر الذي يستوجب تأهليها لتكون مناسبة للزراعة؛ ويعود ذلك لجيومورفولوجيتها كونها عبارة عن منخفض تتجمع فيه المياه السطحية، والتي عادة تحمل معها نواتج عمليات التجوية الكيميائية والأملاح المذابة مكونة فيما بعد صخور رسوبية ملحية.

3.2.1.9. الكلوريد Cl

يعد الكلوريد مع الكبريتات من أشهر الأنيونات التي تُشكِّل الأملاح المذابة في التربة، وجاءت نسبة الكلور كما هي مبينة في جدول (4) متراوحة فيما بين (415 – 1365) وكان أعلى تركيز للكلوريد في بر الرفيعي.

4.2.1.9 الكبريتات So4

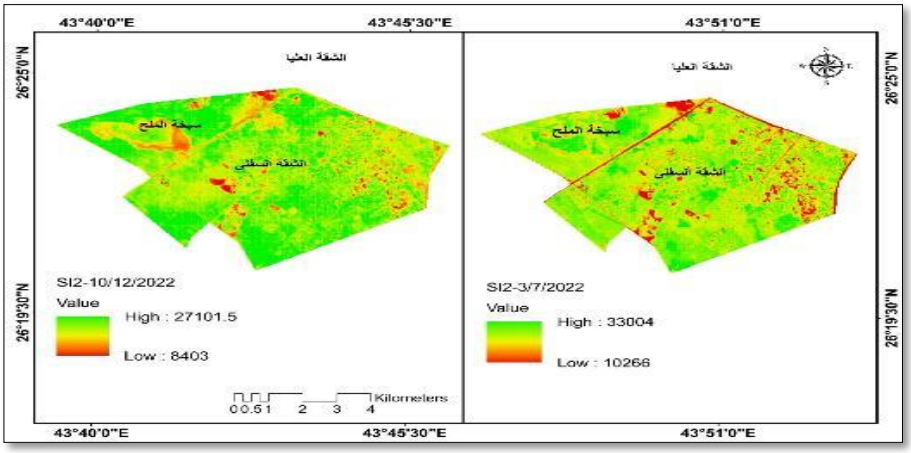
أظهرت نتائج الكبريتات في جدول (6) أنها تتفوق على الكلوريد من حيث تركيزها، حيث تراوحت قيمها فيما بين (1780 – 1890) ، وظهر أعلى تركيز لها متوافق مع ارتفاع الكلوريد في منطقة بر الرفيعي. ارتبط التركيز العالي للكلوريد والكبريت، بارتفاع درجة الحموضة والتي اتسمت بها تربة منطقة الدراسة، إضافة لارتباط الكبريت بالتجوية الكيميائية للمناطق المحيطة بالمنخفض؛ حيث يوجد الكبريت في الصخور الرسوبية نتيجة عمليات الإذابة للجبس في المياه السطحية والجوفية، كما ارتبطت زيادته بفعل الارتفاع الشديد في درجات الحرارة وما يصاحبها من ارتفاع للتبخر.

2.9. المؤشرات الطيفية لتحديد التوزيع المكاني لملوحة تربة منطقة الدراسة

أظهرت خرائط التوزيع المكاني لملوحة التربة في منطقة الدراسة تماشيًا مع تحاليل الملوحة المخبرية، كما تغيرت قيم المؤشرات بتغير محتوى الرطوبة من الماء خلال فترات الجفاف والمطر؛ إذ أشارت نتائج تطبيق قرينة الملوحة SI2 قدرته على تمييز القشر الملحية الظاهرة ذات القيم المرتفعة حيث قُدِرت قيمته بحوالي (27101,5)، بينما كانت القيم منخفضة على المسطحات المائية بما قدره (8403)، وذلك في شهر ديسمبر الذي شهد أمطار على منطقة الدراسة في عام 2022. فنجد أنه من الأفضل أن يتم تطبيق قرائن الملوحة الطيفية في أشهر الجفاف لان المياه تمتص معظم الأشعة أو تسمح بنفاذها، حيث جرى تطبيقها على مرئية Landsat 8 في شهر يوليو وأشارت نتائج مؤشر SI2 إلى ارتفاع نسب الملوحة بما قدره (33004) أي بزيادة تبلغ (5903) عن الموسم الممطر (شكل 15)، كما أشارت قيم قرينة الملوحة SI4 إلى أن أعلى قيمة للملوحة بلغت (46464,8) في شهر يوليو، وانخفضت في شهر ديسمبر لتصل إلى (32514,2)، بمعدل انخفاض بلغ (13950,6) (شكل 16)، وتدعم هذه النتائج ما توصل إليه من أن انعكاس

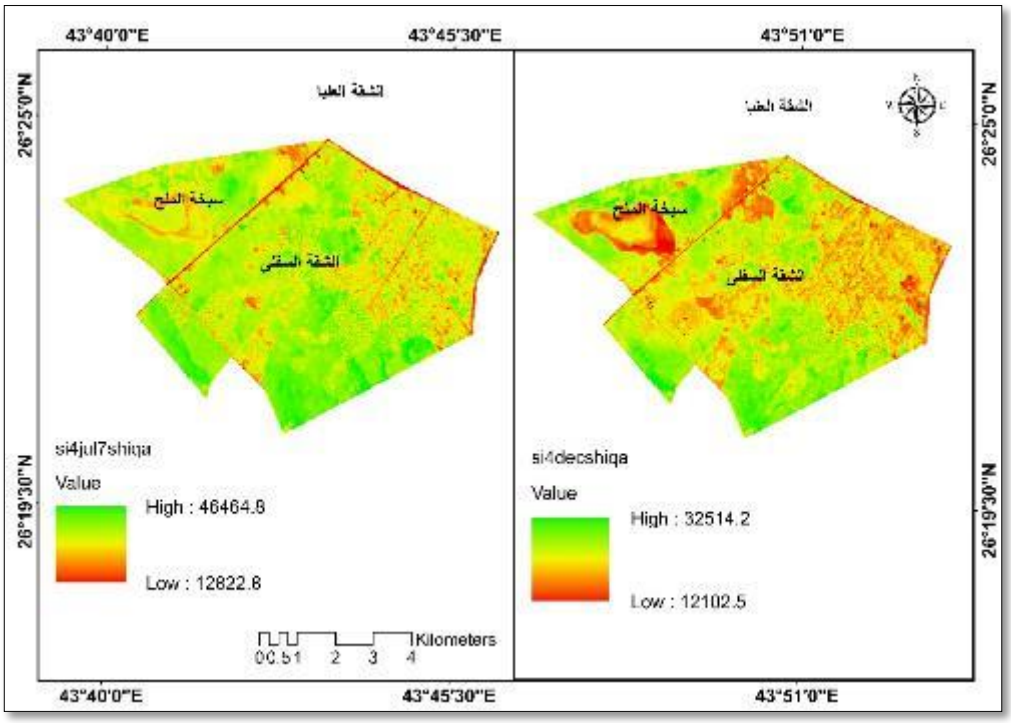
التربة يرتبط بتغير خصائص التربة من حيث محتواها من الرطوبة، وما بها من أملاح وكذلك لونها. واتضح من خلال قيم مؤشر (NDSI) إلى أن أراضي الشقة متأثرة بالملوحة (شكل 17)، حيث تراوحت قيم الملوحة فيما بين (-0,27 _ 0,21)، في شهر يوليو من عام 2022، و حتى يتم تصور التوزيع المكاني لملوحة التربة بشكل أفضل داخل منطقة الدراسة، تم تصنيف أراضي الشقة حسب ملوحتها إلى أربعة تصنيفات (جدول 7) (شكل 18)، أشارت هذه التصنيفات إلى مدى تطابق الخريطة المستمدة من تطبيق مؤشر NDSI مع التحليلات المخبرية، فشغلت الأراضي متوسطة الملوحة ما قدره 26.14% من مساحة الشقة، بينما الأراضي شديدة الملوحة شغلت 13.15% من مساحة منطقة الدراسة على مناطق قاع الملح وبر الرفيعي وكذلك شرق الشقة، في حين كان جنوبها بما فيه طعوس السيف أقل ملوحة، بينما تراوحت القيم في شهر ديسمبر – الذي شهد في عام 2022 تساقط غزير للأمطار- بين (-0,37 _ 0,11)، يُلاحظ انخفاض مؤشر الملوحة خلال مواسم المطر، حيث انخفضت مساحة الأراضي متوسطة الملوحة وشديدة الملوحة فبلغت (22.34%، 9,15%) على التوالي من مساحة الشقة، وعند حساب الفرق بين الفترتين نجد أن مساحة الأراضي متوسطة الملوحة وشديدة الملوحة في شهر الجفاف تفوق شهر المطر بما قدره 3.7كم^2، ويتضح من التوزيع المكاني لملوحة التربة أنها مرتفعة بالقرب من السبخة وتتناقص باتجاه الجنوب حيث الكثبان الرملية.

شكل 15: *قيم مؤشر الملوحة SI2 خلال أشهر المطر والجفاف في الشقة.*

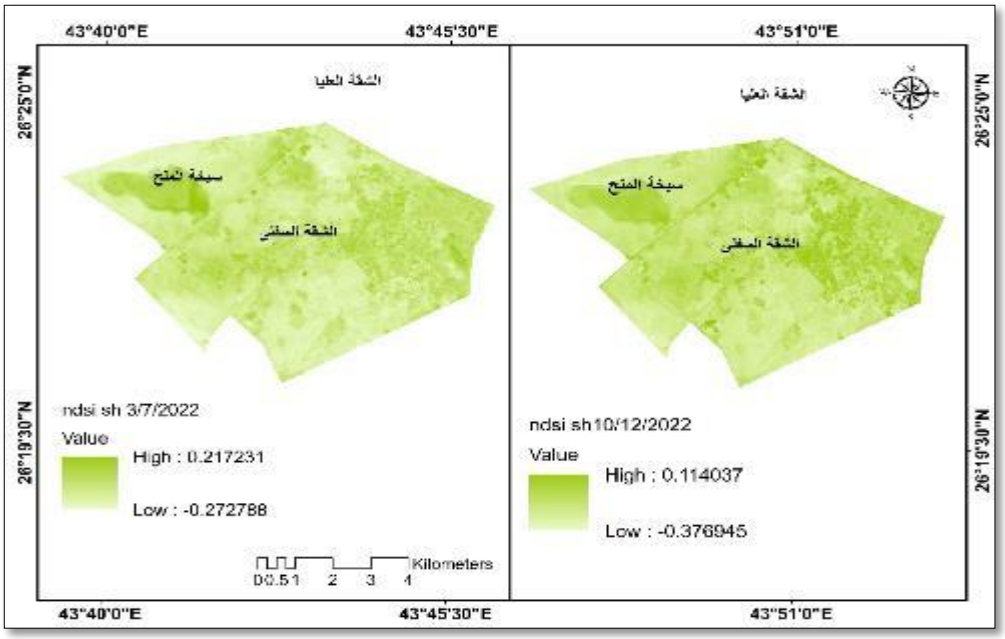


المصدر: *من إنجاز الباحثة بناء على مرئية لاندسات 8 بتاريخ (2022/7/3 ، 2022/12/10)*

شكل 16: *قيم مؤشر الملوحة SI4 خلال أشهر المطر والجفاف في الشقة.*



شكل17: *قيم مؤشر الملوحة ndsi خلال أشهر المطر والجفاف في الشقة*



المصدر: *من إنجاز الباحثة بناء على مرئية لاندسات 8 بتاريخ (2022/7/3 ، 2022/12/10)*

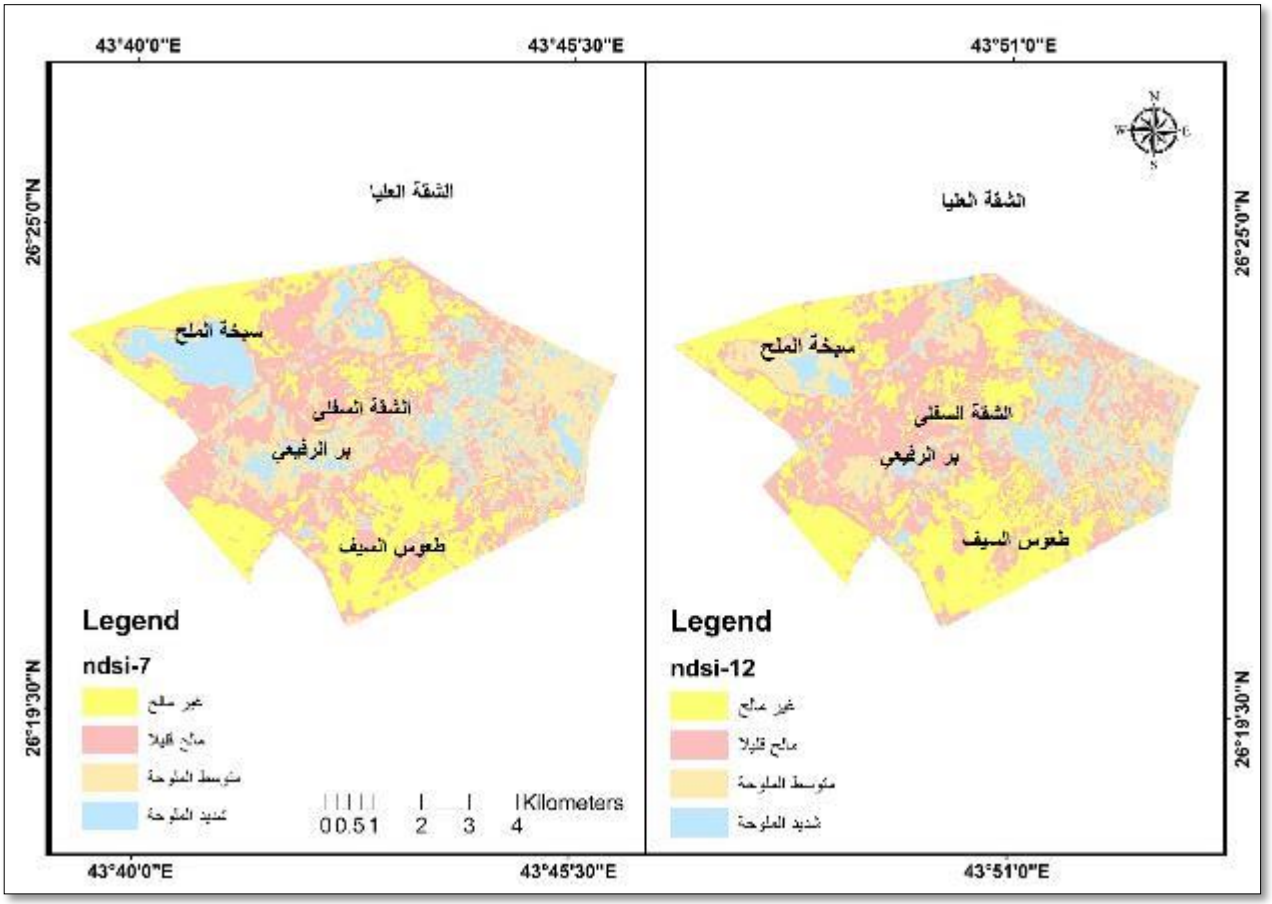
جدول 7: *تصنيف درجات الملوحة ونسب التغطية خلال فترتي الجفاف والمطر من عام 2022 في منطقة الدراسة طبقاً لمؤشر NDSI*

درجة الملوحة	مساحة التغطية 2022/7/3م (كم²)	نسبة التغطية من المساحة الكلية للشقة	مساحة التغطية 2022/12/10م (كم²)	نسبة التغطية من المساحة الكلية للشقة	الفرق بين فترتي الجفاف والمطر (كم²)
غير مالح	13,6	%28.75	16	%33.73	2.4
مالح قليلا	15.1	%31.83	16.4	%34.65	1.3
متوسط الملوحة	12,4	%26.14	10.6	%22.34	1.8
شديد الملوحة	6,2	%13.15	4.3	%9.15	1.9

المصدر: *من إنجاز الباحثة بناء على نتائج NDSI.*

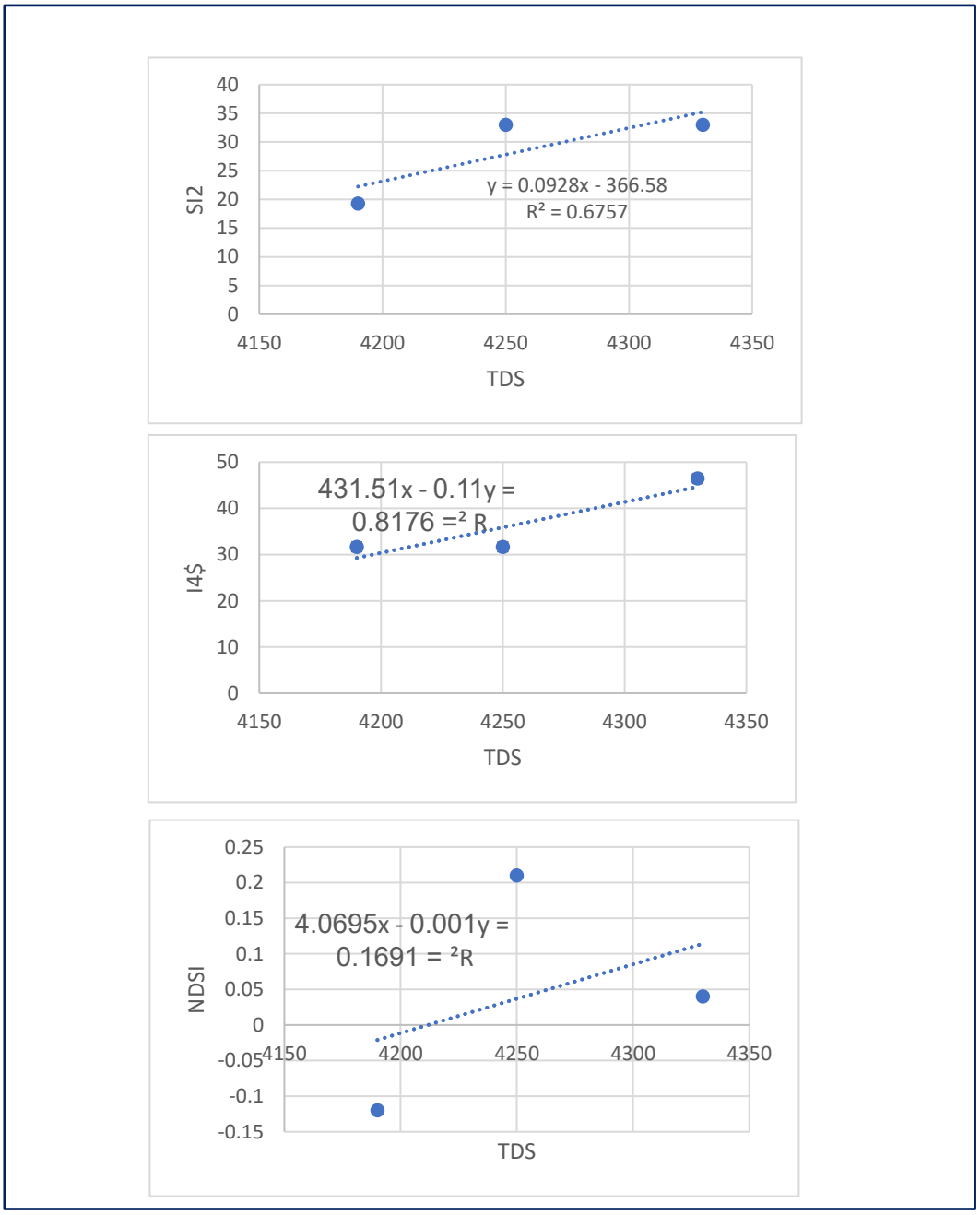
وأدت النتائج التي تم الحصول عليها من تحليل الانحدار البسيط إلى أن العلاقة الارتباطية عالية بين المؤشرات الطيفية (SI2 , SI4) وTDS المقاسة (شكل 19)، فكانت العلاقة قوية بين TDS و SI4 بعلاقة بلغت 0,81 يليها مع SI2 بما قدره 0,67 ، في حين كان أداء NDSI هو الأقل في تصور قوة العلاقة بلغ 0,16، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Abuelqasim and Ammad, 2019) ، (جبري، 2012) و (Salcedo et al., 2022)، ويؤكد أن التربة المغطاة بالقشرة الملحية تعطي انعكاسًا طيفيًا عاليًا في النطاق الأحمر ونطاق NIR والنطاق الأخضر من نطاقات المستشعر landsat 8 OLI.

شكل18: *تصنيف درجات الملوحة باستخدام مؤشر ndsi خلال أشهر المطر والجفاف في الشقة*



المصدر: من إنجاز الباحثة بناء على مرئية Landsat8 بتاريخ (2022/7/3 ، 2022/12/10)

شكل 19: *العلاقة الخطية بين المؤشرات الطيفية و قيمة TDS المقاسة.*



المصدر: *من انجاز الباحثة بناء على برنامج Ecxel.*

10. الخاتمة

أثبت تقنيات الاستشعار عن بعد ممثلة في المؤشرات الطيفية فعاليتها في تحديد ملوحة الترب، وإمكانية الحصول على نتائج علمية دقيقة تُسهِم في حل المشكلات البيئية من خلال مقارنة نتائجها مع المقاس فعليًا؛ إذ توصلت هذه الدراسة إلى أن التربة المغطاة بالقشرة الملحية تُظهر انعكاسًا طيفيًا عاليًا في النطاق الأحمر ونطاق NIR والنطاق الأخضر من نطاقات landsat OLI 8.

كما تغيرت قيم المؤشرات الطيفية بتغير محتوى الرطوبة من الماء خلال فترات الجفاف والمطر، وهذا يؤكد حقيقة أن انعكاس التربة المالحة ناتج عن الخصائص الطيفية كالقشرة الملحية، ومحتوى الرطوبة ولون التربة.

ويُشير التصنيف إلى مدى تطابق الخريطة المستمدة من المؤشرات الطيفية مع التحليلات الحقلية، وكانت العلاقة الارتباطية عالية بين المؤشرات الطيفية (SI2 , SI4) وTDS المقاس ، في حين كان أداء NDSI هو الأقل في تصور قوة العلاقة، حيث بلغ 0,16.

مَكنّت هذه الدراسة من قياس ملوحة التربة في وقت قصير وبدون تكلفة وجهد من خلال بيانات التحسس النائي.

لذلك توصي هذه الدراسة بما يلي:

- يُمكن أن نعد استخدام تقنيات RS وGIS لمراقبة تدهور التربة أداة قيّمة وفعالة في تحليل التربة وإدارتها، ووضع حلول ناجحة لمواجهة زيادة ملوحة التربة مستقبلاً.
- من الممكن إجراء تجارب لمؤشرات طيفية لمراقبة تدهور الترب في مناطق أخرى.

شكر وتقدير

أود أن أتقدم بخالص الشكر للطالبة أمجاد العنزي، من قسم الجغرافيا بجامعة القصيم، على دورها في جمع وتحليل العينات في معمل سدن. وأسأل الله لها التوفيق والعون والسداد.

مراجع البحث

إبراهيم، هاني؛ همال، محمد. (2015) . *إعداد خرائط التملح باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في منطقة مختارة من الرقة. جامعة الفرات، سوريا.*

أبو حديد، أحمد. (2012). تقييم خصائص تربة دلتا وادي سمهود وأثرها على الزراعة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. *مجلة كلية الآداب بقنا جامعة جنوب الوادي، 30*، (53)، 79-152.

جبري، آلاء. (2012). *استخدام القرائن الطيفية في دراسة سبخة الجبول وتغيراتها* [رسالة ماجستير، جامعة دمشق]، دمشق، سوريا.

عباس، سعدية. (2020). *دراسة بعض خصائص الترب المتأثرة بالأملاح وتدهورها في محافظة البصرة باستعمال التقانات الجيومكانية* [رسالة دكتوراه، جامعة البصرة]، البصرة، العراق.

العبودي، محمد بن ناصر. (1979). *معجم بلاد القصيم* (ط1). منشورات دار اليمامة، دمشق.

العتابي، جاسم، وسليمان، عبد الحليم، والفلاحي، أحمد. (2019). دراسة التغاير المكاني لملوحة التربة لترب مشروع شيخ سعد باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية. *مجلة الزراعة العراقية البحثية*، *24*، (1)، 108–124.

القهيدان، تركي. (1999). *أرض القصيم* (ط2). مكتبة الرشد، بريدة.

الوائلي، أوراس. (2018). بناء مقياس هندسي لتصنيف التدهور الكيميائي في التربة باستعمال بيانات التحسس النائي. *مجلة الزراعة العراقية البحثية*، *32*، (2)، 44–54.

Abū Ḥadīd, Aḥmad. (2012). Taqyīm Khaṣā'iṣ Turbah Diltā Wādī smhwd wa-atharuhā ʻalá al-zirāʻah bi-istikhdām Tiqniyāt al-Istishʻār ʻan baʻda wa-nuẓum al-maʻlūmāt al-jughrāfīyah. *Majallat Kullīyat al-Ādāb bqnā Jāmiʻat Janūb al-Wādī*, 30 (53), 79-152

Abbās, Saʻdīyah. (2020). *dirāsah baʻḍ Khaṣā'iṣ al-Turab al-muta'aththirah bāl'mlāḥ wtdhwrhā fī Muḥāfaẓat al-Baṣrah bi-istiʻmāl al-Tiqānāt aljywmkānyh* [Risālat duktūrāh, Jāmiʻat al-Baṣrah], al-Baṣrah, al-ʻIrāq.

Al-ʻAbbūdī, Muḥammad ibn Nāṣir. (1979). *Muʻjam bilād al-Qaṣīm* (Ṭ1). Manshūrāt Dār al-Yamāmah, Dimashq.

Al-ʻItābī, Jāsim, wa-Sulaymān, ʻAbd al-Ḥalīm, wālflāḥy, Aḥmad. (2019). dirāsah altghāyr al-makānī lmlwḥh al-turbah ltrb Mashrūʻ Shaykh Saʻd bi-istikhdām Tiqniyāt al-Istishʻār ʻan baʻda RS wa-nuẓum al-maʻlūmāt al-jughrāfīyah. *Majallat al-zirāʻah al-ʻIrāqīyah al-baḥthīyah mujallad*, 24 (1), 108-124.

Al-Quhaydān, Turkī. (1999). *arḍ al-Qaṣīm* (ṭ2). Maktabat al-Rushd, Buraydah.

Al-Wā'ilī, awrās. (2018). binā' miqyās hándsy ltṣnyf al-Tadahwur al-kīmiyā'ī fī al-turbah bi-istiʻmāl bayānāt altḥss al-nā'ī. *Majallat al-zirāʻah al-ʻIrāqīyah al-baḥthīyah mujallad* 32 (2), 44-54.

Jabrī, alā'. (2012). *istikhdām al-qarā'in alṭyfyh fī dirāsah sbkhh aljbwl wtghyrāthā* [Risālat mājistīr, Jāmiʻat Dimashq], Dimashq, Sūriyā.

Ibrāhīm, Hānī, wa-Muḥammad, hmāl. (2015). iʻdād *kharā'iṭ altmlḥ bi-istikhdām Tiqniyāt al-Istishʻār ʻan baʻda wa-nuẓum al-maʻlūmāt al-jughrāfīyah fī minṭaqat mukhtārah min al-Raqqah*. Jāmiʻat al-Furāt, Sūriyā.

Khan, M. A., & Duke, N. C. (2001). Halophytes–A resource for the future. *Wetlands Ecology and Management*, 9, 455-456. http://dx.doi.org/10.1023/A:1012211726748

Khan, M., Rastoskuev, V., Sato, Y., & Shiozawa, S. (2005). Assesssment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators. *Agric. Water Manag*, 77 (1), 96–109. http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.038

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59 (1), 651-81 http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911 .

Oymatov,R., Teshaev, N., Makhsudov,R., & Safarov, F. (2023). Analysis of soil salinity in irrigated agricultural land using remote sensing data: case study of Chinoz district in

Uzbekistan. *E3S Web of Conferences*, (401), 02004. EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340102004.

Salcedo, F., Cutillas, P., & Aziz , F., Escabias, M., Boesveld, H., Bartholomeus, H., & Tallou, A., (2022). Soil Salinity Prediction Using Remotely Piloted Aircraft Systems under Semi-Arid Environments Irrigated with Salty Non-Conventional Water Resources. *Agronomy MDPI*, 12(9), 2022. https://doi.org/10.3390/agronomy12092022 .

Zewdu, S., Suryabhagavan, K., & Balakrishnan, M. (2017). Geo-spatial approach for soil salinity mapping in Sego Irrigation Farm, South Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1), 16-24. http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2014.12.003

معلومات عن الباحثة

د. وداد بنت حمدان الروقي، أستاذ مساعد في (تطبيقات الاستشعار عن بعد في البيئة) في (قسم الجغرافيا) (بكلية اللغات والعلوم الإنسانية) في جامعة القصيم (المملكة العربية السعودية). حاصلة على درجة الدكتوراه في تطبيقات الاستشعار عن بعد في البيئة من جامعة القصيم عام 1442، تدور اهتماماتها البحثية حول المشكلات البيئية والسيول والأودية والاستشعار عن بعد والجيمورفولوجيا.

Biographical Statement

Dr. Wedad Hammdan al-Ruqi is an Assistant Professor of Applications of remote sensing in the environment in the Department of Geography, College of Languages and Humanities, Qassim University. Dr. al-Ruqi received her PhD degree in Applications of remote sensing in the environment in 2021 from Qassim University. Her research interests include environmental problems, floods, valleys, remote sensing and geomorphology.

Email: rokie@qu.edu.sa