

تقييم مستويات الجفاف باستخدام مؤشر الحالة النباتية VCI

في المناطق الجبلية الوسطى في الأردن

عبدالله محمد الربابعة^{*}، بشير مفلح المساعيد^{*}، علاء أحمد العمري^{*}، وحمزة محمد بني خالد^{*}

تاريخ القبول: 2025/02/16

DOI: <https://doi.org/10.47017/33.3.1>

تاريخ الاستلام: 2024/10/06

الملخص

هدفت الدراسة إلى قياس حالات الجفاف وتطور مساحة المناطق الخضراء باستخدام مؤشر الحالة النباتية The Vegetation Condition Index (VCI) باعتباره دالة لقياس حالات الجفاف في إقليم المرتفعات الوسطى في المملكة الأردنية الهاشمية، والتي تتضمن أجزاء من محافظات (البلقاء، وعمّان، ومأدبا) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، خلال الفترة 1985-2023 بالاعتماد على بيانات المرئيات الفضائية للقميرين الصناعيين (Landsat-5, Landsat-9) والمعدلات السنوية للهطول المطري من السجلات المناخية السنوية الصادرة عن دائرة الأرصاد الجوية. توصلت الدراسة إلى تراجع مساحة المناطق الخضراء في منطقة الدراسة من 246.9 كم² في عام 1985 إلى حوالي 9.3 كم² في عام 2023، وتباين حالات ومستويات الجفاف خلال الفترة 1985-2023 وقد أدى ذلك إلى نقص في المحتوى الرطوبي في التربة، حيث سجلت حالة عدم وجود الجفاف 2190.7 كم² وبنسبة 93.6% من منطقة الدراسة في عام 1985 في حين بلغت في عام 2023 في نهاية فترة الدراسة 150.4 كم² وبنسبة 6.4% من منطقة الدراسة، وبالتالي حل مكانها حالات الجفاف المتطرف والحاد والمتوسط والخفيف. وأوصت الدراسة بضرورة الاهتمام بالمناطق الخضراء والأراضي الزراعية وخاصة عند وضع السياسات المتعلقة برخص البناء، أو من خلال زيادة الوعي لدى المجتمع المحلي، والاهتمام بمشاريع الحصاد المائي.

الكلمات المفتاحية: المرتفعات الوسطى، مؤشر الحالة النباتية VCI، مؤشر النبات OSAVI، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد.

1. المقدمة:

يعتبر الجفاف ظاهرة شائعة تحدث في مناخات مختلفة تكون مرتبطة غالباً بموجات متكررة من ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض معدلات الرطوبة لعدة سنوات تؤدي إلى تغير المناخ، (UNESCO, 2014). حيث يشهد الأردن حالات من انخفاض معدلات هطول الأمطار وارتفاع درجات الحرارة وتأخر الموسم المطري ويعكس موقع الأردن الانتقالي ما بين المناخ المتوسطي في الغرب والمناخ الجاف في الشرق والجنوب صفات الوضع المناخي فيه، حيث ينتشر مناخ البحر الأبيض المتوسط في المناطق الجبلية بصيف حار وجاف، وشتاء بارد وممطر. ولا يتجاوز هطول الأمطار على 90% من مساحته عن 200 ملم/ سنة، (شحادة، 1990). وقد أثر التغير المناخي على عدة قطاعات من أهمها القطاع الزراعي والمائي في الأردن حيث تعرض الأردن إلى موجة جفاف حادة خلال الفترة (1998 - 2000) أثرت على الغطاء النباتي بشكل عام وعلى الغطاء الزراعي بشكل خاص، (وزارة الزراعة الأردنية، 2023). يعد الجفاف وخصائصه ومحاولة التخفيف من آثاره مصدر قلق لصانعي القرار والسياسات المتعلقة بإدارة الموارد المائية والأراضي، حيث يهدد الجفاف الزراعي الحياة الاجتماعية والاقتصادية من خلال التأثير على الأمن الغذائي والزيادة في التكلفة الإنتاجية للغذاء والتسبب في الخسائر الاقتصادية المباشرة (eg., Alito and Kerebih, 2024; Cullen, 2024).

تؤدي زيادة حالات الجفاف وتكرار حدوثه وطول فتراته وحدته إلى ضعف وظيفة الغطاء النباتي بسبب نقص المحتوى الرطوبي في التربة، والتي تؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل وتعرض الغطاء النباتي للجفاف وبالتالي اختفاء العديد من المساحات الخضراء (Xu et al., 2023). ينعكس انخفاض معدلات الرطوبة في التربة على العمليات الحيوية للنباتات الطبيعية وبالتالي صعوبة القيام بعمليات التمثيل الضوئي وإنتاج المادة الحية والذي ينعكس بدوره على الغطاء الخضري من حيث الوضع النباتي وامتداده المساحي (العواد وأخرون، 2019).

ولأهمية القطاع الزراعي في التنمية الاقتصادية والاجتماعية كان لا بد من استخدام أفضل الوسائل للتغلب على المشكلات التي تواجه الغطاء النباتي لما له من أهمية بالغة في الحفاظ على التوازن البيئي، ويجري استخدام نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد (GIS & RS) في دراسة حالات الجفاف واسع الانتشار في الدراسات العلمية الحديثة التي تسهم في توفير الوقت والتكلفة والجهد، حيث يمكن من رصد الجفاف والحصول على معلومات مستمرة ودورية عن سطح الأرض (Xiu- Ping et al., 2011)، وقد أدرك الباحثون أن استخدام (GIS & RS) يؤدي إلى دقة أعلى في الحصول على النتائج وسهولة تقييم حالة الغطاء النباتي، (Al-Hussein, 2000). ويمكن استخدام (GIS & RS) في رصد وتقييم حالات الجفاف والكشف المبكر عن الجفاف مما يمكن من اتخاذ القرارات بشأن منع حدوثه والحد من آثاره ومن ثم معرفة مدى تأثير الغطاء النباتي وبالتالي التقليل من الأثر الناتج عن الجفاف الزراعي، (United Nations General Assembly, 2013). لذا؛ جاءت هذه الدراسة لدراسة وتحليل حالات الجفاف في منطقة الدراسة لما له من أثر واضح على الغطاء النباتي والوضع الزراعي باستخدام مؤشر الحالة النباتية VCI كدالة على مستويات الجفاف، حيث يستخدم هذا المؤشر لرصد المناطق التي قد يتعرض فيها النبات لإجهاد رطوبي كطريقة للكشف عن الجفاف ويعتمد هذا المؤشر على القيمة الفعلية لمؤشرات الاختلاف الخضري الطبيعية لزمّن الدراسة وعلى أعلى وأدنى قيمة لمؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي المستخدم في زمن الدراسة، وتم الاعتماد في هذه الدراسة على مؤشر الغطاء النباتي المحسن (Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (OSAVI) حيث يتميز هذا المؤشر بفاعليته في تقليص تأثير سطوح التربة في المناطق ذات التغطية الجزئية للنباتات والتي تكون فيها التربة أكثر وضوحاً من النباتات من خلال قدرته على الكشف عن محتوى الكلوروفيل في النباتات بدقة كبيرة وتفاذي انعكاسات السطح (Xu, 2010). حيث إن المحتوى الرطوبي في النبات يرتبط ارتباطاً عكسياً بمستويات الجفاف.

نظراً لقلّة الأراضي الزراعية في المملكة الأردنية الهاشمية وندرتها والزحف العمراني الكبير الذي حدث في العقدين الأخيرين والتراجع في حجم المساحات الخضراء وتدني نسب الهطول المطري في معظم مناطق المملكة (وزارة الزراعة الأردنية، 2023) تمت في هذه الدراسة دراسة وتقييم الجفاف في المرتفعات الجبلية الوسطى للوقوف على الوضع المناخي والزراعي في منطقة الدراسة، نظراً لتأثير الجفاف المناخي على الغطاء النباتي بشكل عام والتأثير على المحتوى الرطوبي للتربة.

2. الدراسات السابقة

تعد الدراسات السابقة ذات العلاقة بموضوع البحث مصدراً علمياً مهماً للدراسة الحالية، وذلك بعد الاطلاع على المنهجية العلمية واستعراض النتائج والتوصيات التي تبنتها كل دراسة، لمعالجة البيانات المستخدمة في هذه الدراسة ومحاولة الإضافة العلمية للحل العلمي الخاص بالدراسة. ويمكن استعراض الدراسات السابقة التي تم مناقشتها وفق الآتي:

دراسة (Sankey et al., 2020) إذ قام الباحثون بحساب مؤشر الغطاء النباتي الطبيعي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ومؤشر الرطوبة النسبي Normalized Difference Moisture Index (NDMI) ومؤشر المياه الطبيعي Normalized Difference Water Index (NDWI) لدراسة أثر استعادة النباتات عافيتها بعد الحرائق في ولاية أريزونا الأمريكية، وتوصلت الدراسة إلى أن الغابات تتحسن بعد الحصول على كميات رطوبة عالية. واستخدم (Jassim et al., 2017) طرائق التفسير البصري في تحليل مرئيات القمر الصناعي لاندسات والملقطة بأوقات مختلفة من

فصول السنة ويقنونات طيفية مختلفة حيث تمت دراسة معامل الخضرة (NDVI) وكثافة الغطاء النباتي وحالة التدهور للمراعي.

دراسة (Hazaymeh and Hassan, 2017) استخدم الباحثون تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة الجفاف الزراعي في المناطق شبه القاحلة في الأردن، حيث استخدمت الدراسة ستة متغيرات مرتبطة بالجفاف الزراعي لتوضيح فئات الجفاف وهي الجفاف النسبي، والجفاف المعتدل، والجفاف الشديد، وأظهرت الدراسة أن هذه الطريقة ستكون مفيدة لرصد الزراعة وظروف الجفاف في المنطقة شبه القاحلة عبر دقة مكانية 30m ووقت قصير 8 days.

دراسة (Salehi et al., 2017) استخدم الباحثون رطوبة التربة Soil Moisture كدليل للجفاف ودرجة حرارة سطح الأرض بحيث ترتبط بشكل مباشر وغير مباشر برطوبة التربة وبالتالي تؤثر على درجة الجفاف، واستخدمت الدراسة ثلاثة من المؤشرات لتقييم الجفاف وهي مؤشر درجة حرارة سطح الأرض *Land Surface Temperature (LST)*، ومعامل الخضرة (NDVI)، ومؤشر درجة حرارة النباتات ورطوبة التربة *Temperature-Vegetation-soil Moisture Dryness Index (TVMDI)*، وتوصلت الدراسة إلى أن قيم مؤشر (TVMDI) ترتبط ارتباطاً وثيقاً مع بيانات درجة حرارة التربة ومعامل الخضرة (NDVI) وأن (NDVI) له إمكانية عالية في رسم خريطة للجفاف على منطقة الدراسة وهو مؤشر جيد للتنبؤ المبكر بمخاطر الجفاف.

دراسة (haboudane et al., 2002) وهدفت إلى تقييم كفاءة المؤشرات النباتية في التنبؤ بمحتوى الكلوروفيل في مناطق أونتااريو وكويبيك في كندا، من خلال الاستشعار عن بعد، حيث توصلت الدراسة إلى أن مؤشر OSAVI من أكثر المؤشرات النباتية حساسية في دراسة محتوى الكلوروفيل في النباتات من خلال التقليل من تأثير التربة وانعكاس السطح.

دراسة (Sameen and Alkubaisy, 2014) وتوصل الباحثان في دراسته الى إنتاج خرائط لدرجات الحرارة لسطح الأرض لسطح بحيرة الحبانية في العراق باستخدام المرئيات الفضائية من القمر الصناعي لاندسات- 8 باستخدام الاستشعار عن بعد، وتوصلت الدراسة إلى قدرة نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد والمتمثلة في برنامجي ARC MAP and ENVI في إنتاج الخرائط المعقدة بدقة وسهولة.

تكمن الإضافة العلمية لهذه الدراسة في استخدام التقنيات الجغرافية الحديثة في دراسة مستويات الجفاف في منطقة الدراسة من خلال استخدام أفضل المعاملات النباتية بالاعتماد على بعض الإثباتات العلمية والبحثية، والتعديل على معامل الجفاف VCI باستخدام مؤشر OSAVI بدلاً من مؤشر NDVI للتقليل من سطوع التربة في المرئيات الفضائية المستخدمة وقدرته على تفادي انعكاس السطح وظروف الغلاف الجوي.

3. أهمية الدراسة

اهتمت الدراسة بدراسة حالات الجفاف التي تعرضت لها منطقة الدراسة في ظل المتغيرات المناخية التي باتت تلقي بظلالها الثقيلة على المنطقة، حيث إن الأردن يعد من أفقر دول العالم في المياه وفق المؤشرات العالمية. جاءت هذه الدراسة لدراسة مؤشر الحالة النباتية OSAVI ومؤشر الجفاف VCI في منطقة الدراسة لأهمية الغطاء النباتي في جميع نواحي الحياة ولما له من أثر في حياة الإنسان، باستخدام أهم الوسائل والتقنيات الحديثة المستخدمة -من خلال الأدبيات والدراسات السابقة- في دراسة سطح الأرض وتحليل حالات الجفاف في إقليم المرتفعات الوسطى في المملكة الأردنية الهاشمية، والتي تعد ضمن شريط المرتفعات الجبلية التي تتميز بظروف بيئية ومناخية ملائمة للعيش وممارسة النشاط الزراعي.

4. أهداف الدراسة

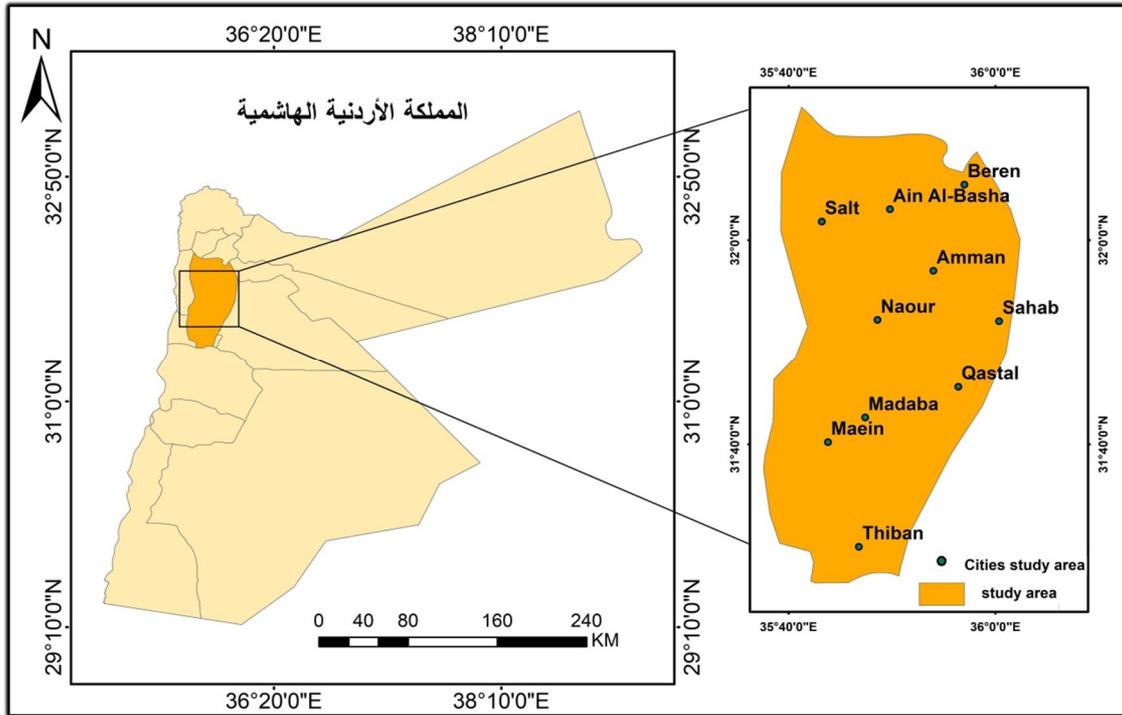
هدفت هذه الدراسة لتقييم حالات الجفاف في منطقة الدراسة باستخدام المؤشرات الطيفية وتطبيق التقنيات الحديثة في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ودراسة التوزيع المكاني والزمني لمؤشر الحالة النباتية VCI بالتوافق مع

البيانات المناخية، بالاعتماد على درجات الحرارة ومعدلات الهطول المطري، ودراسة نسب ومساحة مؤشر الحالة النباتية VCI في منطقة الدراسة خلال الفترة (1990-2024).

5. منطقة الدراسة

5.1 الموقع

تم تحديد منطقة الدراسة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model من خلال تحديد المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 700م فوق مستوى سطح البحر، حيث تقع منطقة الدراسة في إقليم الوسط من المملكة الأردنية الهاشمية ما بين خطي طول 35° 59' 62" و 36° 01' 71" ودائرتي عرض 31° 44' 37" و 32° 21' 32" وتبلغ مساحة منطقة الدراسة 2338.3 كم²، وهي جزء من إقليم المرتفعات الممتد من الشمال إلى الجنوب والذي يعد حدا طبيعيا ما بين وادي الأردن في الجهة الغربية والبادية الأردنية، وتشمل منطقة الدراسة أجزاء من محافظات عمان، البلقاء، الزرقاء ومأدبا. وتتوفر فيها الظروف الطبيعية المواتية من مناخ وتربة وبها نشاط اقتصادي مما يجعلها من مناطق التركيز السكاني في المملكة، والشكل (1) يوضح منطقة الدراسة.

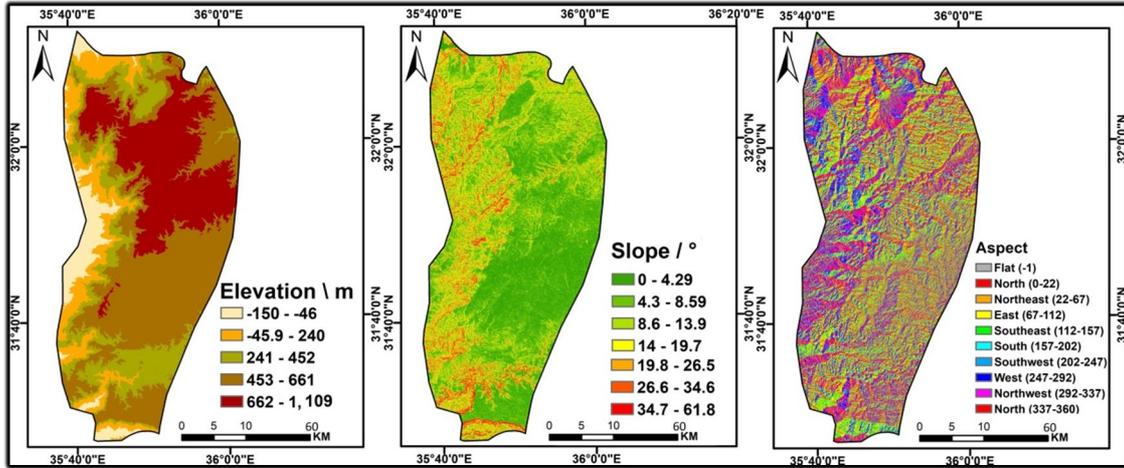


الشكل (1): منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين باستخدام برنامج ArcMap 10.8.

5.2 طبوغرافية منطقة الدراسة

تراوحت مناسيب الارتفاع في منطقة الدراسة ما بين 150م تحت مستوى سطح البحر - انتشرت هذه القيم ما بين المناطق المرتفعة- في المناطق الشمالية والغربية منطقة إقليم من منطقة الدراسة في مناطق العدسية ومكاور، و1109م فوق مستوى سطح البحر في مرتفعات السلط وعمان، وبلغت درجات الانحدار في منطقة الدراسة ما بين 0-61.8° حيث تضم محافظة إربد المناطق المستوية والمتوسطة وشديدة الانحدار مع ارتفاع نسبة المناطق المستوية وشبه المستوية، وتنوعت اتجاهات السفوح في منطقة الدراسة أيضا ما بين الشمالية والشرقية والجنوبية والغربية، والشكل (2) يبين نطاق الارتفاع ودرجة الانحدار واتجاه السفوح.



الشكل (2): نطاق الارتفاع ودرجة الانحدار واتجاه السفوح في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM).

6. منهجية الدراسة

6.1 المرحلة الأولى: إعداد البيانات

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لوصف وتحليل الظواهر الطبيعية في منطقة الدراسة، وتحليل البيانات المناخية وبيانات الاستشعار عن بعد التي تم الحصول عليها من المرئيات الفضائية المستخدمة، ومعالجتها في بيئة برنامجي ArcMap 10.8 & ENVI 5.3، واعتمدت الدراسة على الأسلوب الكارتوجرافي لتمثيل ظواهر الدراسة من خلال الخرائط الناتجة عن تحليل ومعالجة بيانات الدراسة، حيث تم معالجة المرئيات الفضائية وتجهيزها للتحليل والاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model لتحديد منطقة الدراسة من خلال تحديد المناطق التي تقع في الارتفاعات التي تزيد عن 700م في إقليم الوسط في المملكة الأردنية الهاشمية بالاعتماد على خطوط الكنتور، ودراسة خصائص المنطقة الطبيعية من حيث الارتفاع والانحدار والاتجاه ودراسة المتوسط السنوي للهطول المطري في منطقة الدراسة في محطات السلط، وصويلح، ومكاور، ومادبا للفترة الممتدة ما بين 1900-2023 بالاعتماد على المجلات المناخية الصادرة عن دائرة الأرصاد الجوية للوقوف على الوضع المناخي في منطقة الدراسة.

6.2 المرحلة الثانية: معالجة المرئيات الفضائية

حيث تم الاعتماد على المرئيات الفضائية لدراسة المؤشرات النباتية الطيفية في منطقة الدراسة وتم اختيار المؤشرات بالاعتماد على نتائج الدراسات السابقة التي درست مواضيع مشابهة وموضوع الدراسة، حيث تم الاعتماد على المؤشرات الأكثر شيوعاً وقدرة على تفادي انعكاسات التربة وخصائص الغلاف الجوي وغيرها. ارتكزت هذه الدراسة على دراسة مؤشر الحالة النباتية VCI لدراسة حالة الجفاف في منطقة الدراسة ويعتمد مؤشر VCI على القيم العليا والدنيا لمعامل الغطاء النباتي NDVI من خلال المعادلة التالية:

معادلة رقم (1):

$$VCI = (NDVI_j - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min}) * 100 \quad (\text{Kogan, 1995})$$

حيث: $NDVI_j$ = قيم معامل NDVI للشهر الحالي.

$NDVI_{max}$ & $NDVI_{min}$ = القيم الدنيا والعليا لمعامل NDVI لجميع الفترات التي يتم دراستها.

وقام الباحثون بتعديل مؤشر الحالة النباتية VCI بالاعتماد على مؤشر OSVI بدلاً من مؤشر NDVI، ويمكن حساب مؤشر OSVI من خلال المعادلة التالية:

معادلة رقم (2):

$$\text{OSAVI (NIR - R) / (NIR + R + 0.16)} \quad (\text{Rondeaux et al., 1996})$$

حيث توصل (Wu, 2014) إلى أن مؤشر OSAVI هو أفضل مؤشر في دراسة الغطاء النباتي وخاصة في نهاية موسم النمو، وتوصل (Fern, 2018) إلى أن OSAVI لديه القدرة على استيعاب مستويات عالية من تقلبات خلفية التربة وتقليل تأثير سطوع التربة. كما أن لمؤشر OSAVI القدرة على الكشف عن محتوى الكلوروفيل بدقة كبيرة لقدرته على تفادي انعكاس السطح وظروف الغلاف الجوي (Xu, 2010).

وقد تم الاعتماد على المرئيات الفضائية التابعة لشهر أيار في كل فترة من فترات الدراسة لدراسة المساحات الخضراء في منطقة الدراسة، لاستثناء الحشائش والمناطق العشبية في منطقة الدراسة ككل. وقد تم الاعتماد على تصنيف (Kogan, 1995) في تصنيف حالة الإجهاد المائي بالاعتماد على قيم مؤشر VCI من خلال المعادلة الخاصة بمؤشر VCI التي تم استخدامها في هذه الدراسة على النحو التالي:

معادلة رقم (3)

$$\text{VCI} = (\text{OSAVIJ} - \text{OSAVI min}) / (\text{OSAVI max} - \text{OSAVI min}) \times 100$$

حيث: OSAVIJ = قيم معامل OSAVI للشهر الحالي.

OSAVI max & OSAVI min = القيم الدنيا والعليا لمعامل OSAVI لجميع الفترات التي يتم دراستها.

حيث صنف حالات الجفاف إلى خمس فئات حيث اعتبر حالة الجفاف المتطرف للقيم التي أقل من 10%، وحالة الجفاف الحاد أقل من 20%، وحالة الجفاف المتوسط تحمل القيم الأقل من 30%، وحالة الجفاف الخفيف أقل من 40%، واعتبر الفاصل بين الجفاف والرطوبة هو قيمة 40%، حيث تمثل حالة عدم وجود الجفاف القيمة الأكبر من 40%، انظر الجدول (1).

الجدول (1): تفسير قيم مؤشر الحالة النباتية VCI

حالة الجفاف	قيمة مؤشر VCI
جفاف متطرف	<10
جفاف حاد	<20
جفاف متوسط	<30
جفاف خفيف	<40
لا يوجد جفاف	≥40

(kogan, 1995)

وقد تم الاعتماد على القمرين الصناعيين Landsat-5 & Landsat-9 من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، USGS للحصول على المرئيات الخاصة بمنطقة الدراسة، وفيما يلي بيانات المرئيات المستخدمة في هذه الدراسة، انظر الجدول (2).

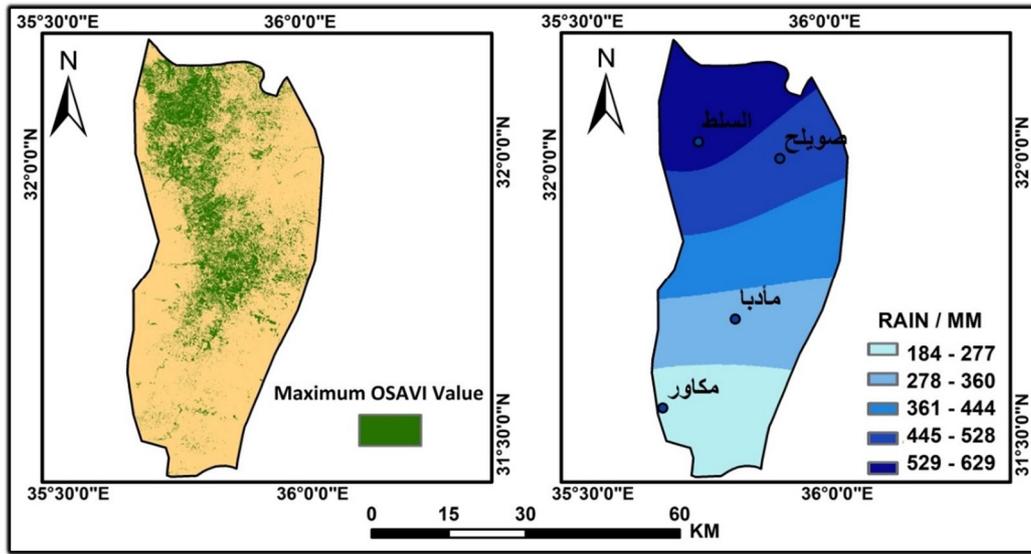
الجدول (2): خصائص المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة

Satellite & Sensor	PATH	ROW	Plate Number	Date
LANDSAT_5 TM	174	38	LT05_L1TP_174038_1985_0520_20200918_02_T1	1985/05/20
LANDSAT_5 TM	174	38	LT05_L1TP_174038_2000_0529_20200907_02_T1	2000/05/29
LANDSAT_9 OLI_TIRS	174	38	LC09_L1TP_174038_20230606_20230606_02_T1	2023/06/06

المصدر: عمل الباحثين باستخدام برنامج ArcMap 10.8 وبالاعتماد على معامل NDBI

7. المناقشة والتحليل

تم الاعتماد على مؤشر OSAVI في دراسة وتحليل التوزيع المكاني والزمني للغطاء النباتي في منطقة الدراسة، حيث يتبين من خلال القيم العليا لمعامل OSAVI أن الغطاء النباتي في منطقة الدراسة يتوافق توافقاً كبيراً مع المعدلات السنوية للهطول المطري في منطقة الدراسة من حيث التوزيع المكاني، حيث توزعت القيم العليا لمؤشر OSAVI في النصف الشمالي من منطقة الدراسة، ويعود السبب في ذلك لارتفاع المعدلات السنوية للهطولات المطرية في هذه المنطقة خلال الفترة ما بين 1985-2023 في محطتي السلط وصويلح فسجلت (559، 490.5) ملم على التوالي، ويبدأ انتشار الغطاء النباتي بالتراجع في النصف الجنوبي من منطقة الدراسة حيث سجلت المعدلات السنوية للهطول المطري في محطتي مادبا ومكاور (325.4، 235.6) ملم على التوالي للفترة ما بين 1985-2023، انظر: (الشكل (3)).

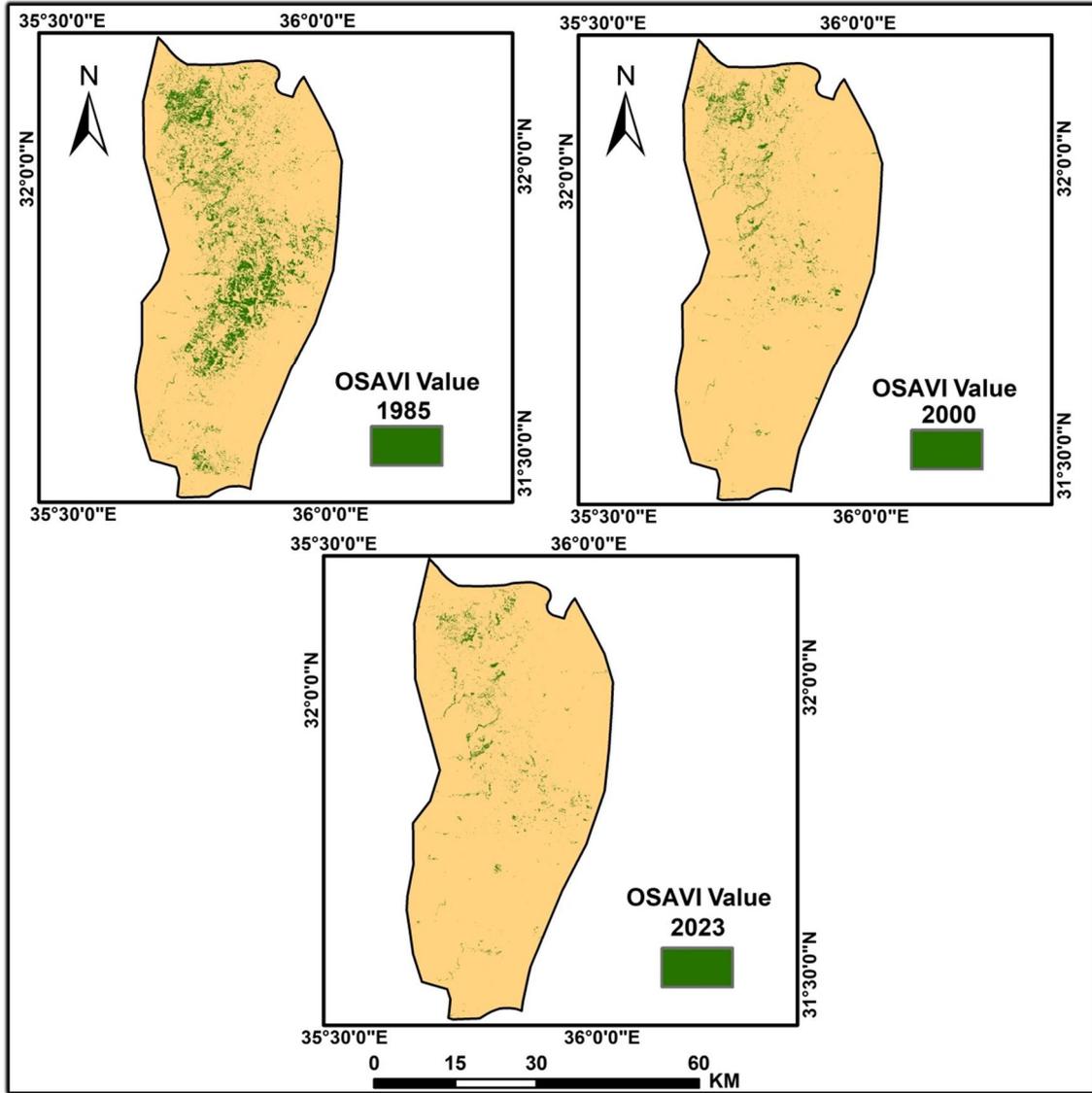


الشكل (3): القيم العليا لمؤشر OSAVI في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين باستخدام معامل OSAVI ومعدل الهطول المطري.

شهدت مساحة المناطق الخضراء تراجعاً كبيراً في منطقة الدراسة خلال الفترة ما بين 1985-2023، حيث تبين بعد تحليل مؤشر OSAVI أن المناطق الخضراء في منطقة الدراسة كانت 246.9 كم² في عام 1985 وبنسبة 10.5% من منطقة الدراسة لتشهد تراجعاً كبيراً في الفترة الثانية من الدراسة في عام 2000 سجلت فيها 70.8 كم² وبنسبة 3% من منطقة الدراسة، وفي الفترة الأخيرة من فترات الدراسة في عام 2023 سجلت حوالي 9.3 كم² وبنسبة 0.4% من منطقة الدراسة، حيث تبين النتائج التي تم التوصل إليها التراجع الكبير في حجم الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، وتوافقت النتائج مع بيانات وزارة الزراعة الأردنية التي أكدت تدني القدرة الإنتاجية للأراضي والمراعي في المملكة، وزحف المناطق العمرانية على حساب الأراضي الزراعية. (وزارة الزراعة الأردنية، 2023) ويبين الشكل (4) تراجع الغطاء النباتي في منطقة الدراسة بالاعتماد على مؤشر النبات OSAVI.

يلاحظ من الجدول (3) التباين في التوزيع المكاني والزمني لحالات الجفاف في منطقة الدراسة وفق مؤشر VCI، إذ إن المرحلة الأولى من الدراسة (1985) لم تشهد نسباً عالية من الجفاف بجميع حالاته، حيث سيطرت حالة عدم وجود الجفاف على معظم أجزاء منطقة الدراسة بمساحة 2190.7 كم² وبنسبة 93.6% من منطقة الدراسة، في حين سجلت حالة الجفاف المتطرف مساحة 90.7 كم² وبنسبة 3.8% من منطقة الدراسة، أما المناطق التي سجل فيها حالة الجفاف الحاد فبلغت 11.2 كم² وبنسبة 0.4%، وسجلت حالات الجفاف المتوسط والخفيف 20.7 كم²، 24.8 كم²، على التوالي وبنسبة 0.8%، 1% من مساحة منطقة الدراسة على التوالي، وبلغت المناطق التي سجلت حالة عدم وجود الجفاف 2190.7 كم² وبنسبة 93.6% من منطقة الدراسة.



الشكل (4): المناطق الخضراء في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين باستخدام معامل OSAVI.

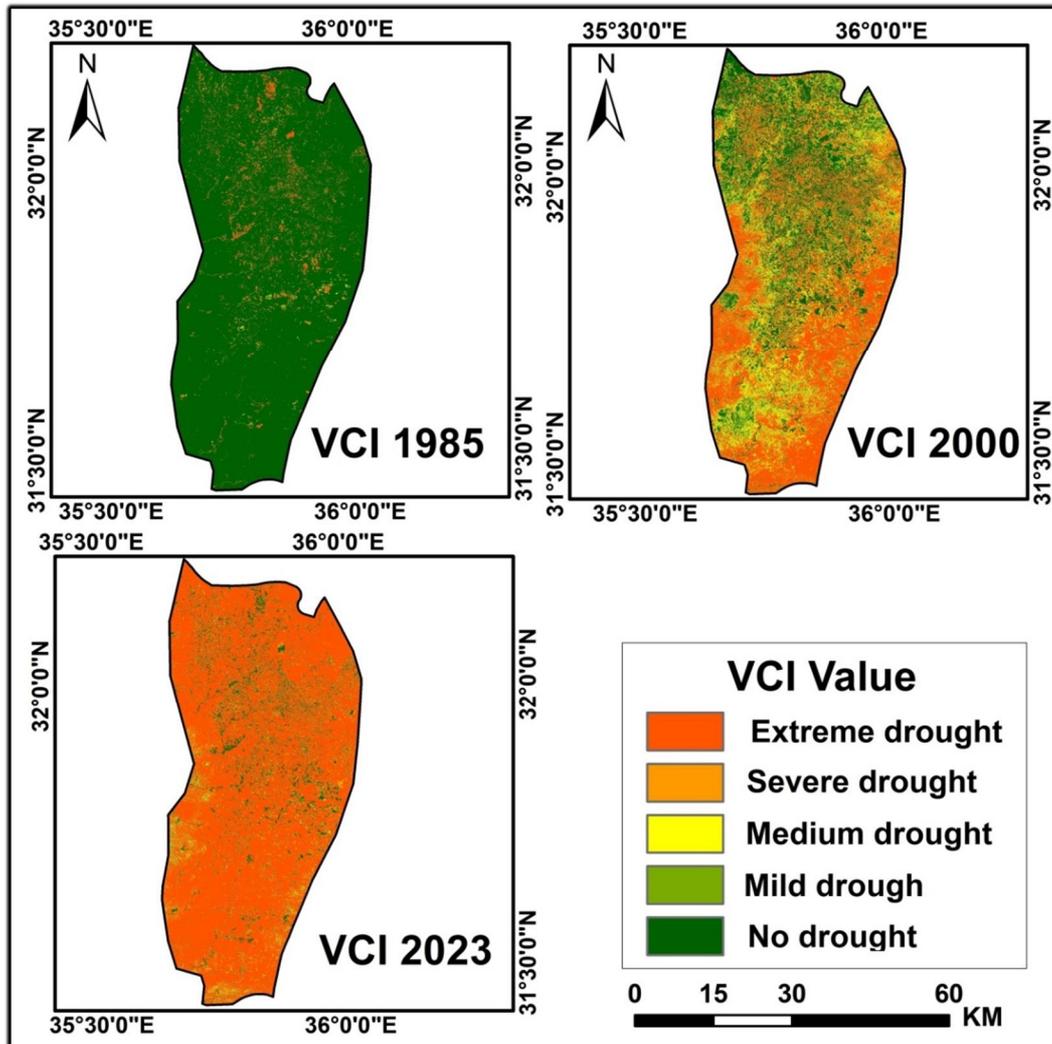
الجدول (3): مساحة ونسبة حالات الجفاف في منطقة الدراسة.

2023		2000		1985		حالة الجفاف
النسبة %	المساحة/كم ²	النسبة %	المساحة/كم ²	النسبة %	المساحة/كم ²	
82.8	1936.3	36.4	852.2	3.8	90.7	جفاف متطرف
4.9	116.4	12.4	291.6	0.4	11.2	جفاف حاد
3.8	88.9	16.1	377.9	0.8	20.7	جفاف متوسط
1.9	46.1	12.1	283.4	1.0	24.8	جفاف خفيف
6.4	150.4	22.7	533	93.6	2190.7	لا يوجد جفاف

المصدر: عمل الباحثين باستخدام برنامج ArcMap 10.8 وبيانات على معامل VCI.

وفي الفترة الثانية من الدراسة 2000 شهدت حالات الجفاف ارتفاعاً كبيراً في منطقة الدراسة، حيث بلغت مساحة المناطق التي سجلت حالة الجفاف المتطرف 852.2 كم² وبنسبة 36.4% من منطقة الدراسة، أي تضاعفت بحوالي 9 مرات عما كانت عليه في عام 1985، في حين بلغت مساحة المناطق التي تحمل حالة الجفاف الحاد 291.6 كم² وبنسبة 12.4% من منطقة الدراسة، وسجلت مساحة حالة الجفاف المتوسط والخفيف 377.9، 283.4 كم² على التوالي وبنسبة 16.1%، 12.1% على التوالي من منطقة الدراسة، وتراجعت حالة الرطوبة وعدم وجود الجفاف إلى 533 كم² وبنسبة 22.7% من منطقة الدراسة.

وفي الفترة الثالثة من الدراسة 2023 حدثت نقلة كبيرة في حالات الجفاف حيث تضاعفت حالة الجفاف المتطرف 21 مرة عن الفترة الأولى 1985 ومرتين عن الفترة الثانية 2000 حيث سجلت 1936.3 كم² وبنسبة 82.8% من منطقة الدراسة، ويعود السبب في ذلك إلى التوسع الكبير في المناطق العمرانية وزحفها على حساب الأراضي الزراعية، وعزوف السكان عن النشاط الزراعي، (وزارة الزراعة الأردنية، 2024) وبلغت مساحة فئة الجفاف الحاد 116.4 كم² وبنسبة 4.9% من منطقة الدراسة، وبلغت نسبة الأراضي التي حملت فئة الجفاف المتوسط والخفيف 88.9 كم²، 46.1 كم²، وبنسبة 3.8%، 1.9% على التوالي من منطقة الدراسة. في حين تراجعت نسبة المناطق التي تحمل فئة الرطوبة وعدم وجود الجفاف 150.4 كم² وبنسبة 6.4% من منطقة الدراسة، (الشكل (5)) يوضح حالات الجفاف في منطقة الدراسة.



الشكل (5): حالات الجفاف في منطقة الدراسة.

المصدر: عمل الباحثين باستخدام مؤشر VCI.

8. النتائج

1. توافق الغطاء النباتي من حيث التوزيع المكاني والزمني مع المعدلات السنوية للهطول المطري في منطقة الدراسة.
2. توزعت القيم العليا لمؤشر OSAVI في النصف الشمالي من منطقة الدراسة بسبب ارتفاع معدلات الهطول المطري فيها حيث سجلت في محطتي السلط وصويلح (559، 490.5) ملم على التوالي.
3. تراجع مساحة المناطق الخضراء تراجعاً كبيراً في منطقة الدراسة من 246.9 كم² في عام 1985 إلى 9.3 كم² في عام 2023.
4. تضاعف حالة الجفاف المتطرف 21 مرة عن الفترة الأولى 1985 ومرتين عن الفترة الثانية 2000 حيث سجلت 1936.3 كم².
5. تراجع نسبة المناطق التي تحمل فئة الرطوبة وعدم وجود الجفاف 150.4 كم² في الفترة الثالثة 2023 عما كانت عليه في الفترة الأولى 2190.7 كم².

9. التوصيات

1. الاعتماد على الري في بعض المناطق التي تكون فيها كمية التساقط عالية من خلال استغلال مياه الأمطار استغلالاً أمثل وذلك من خلال إقامة السدود والبرك لتغطية حاجات الري في أوقات الإجهاد الرطوبي.
2. ضرورة الاهتمام بالمناطق الخضراء والأراضي الزراعية عند التخطيط للمشاريع من خلال استخدام المناطق التي لا تضم غطاء نباتياً بإقامة العمران والمشاريع.
3. عمل المزيد من الدراسات المختصة بحالات وظروف الجفاف، والوقوف على مخاطر الجفاف وأثره على مناحي الحياة عامة.
4. زيادة الوعي لدى المجتمع المحلي بضرورة الحفاظ على الغطاء النباتي وخاصة الغابات.

Assessing Drought Levels Using the Vegetation Condition Index (VCI) in the Central Highlands of Jordan

**Abdullah Mohammed Al-Rababa'a, Bashir Mufleh Al-Masaeed, Alaa Ahmed Al-Omari and
Hamza Mohammed Bani Khalid**

Department of Geography, University of Jordan, Jordan.

Abstract

Using satellite image data from Landsat-5 and Landsat-9 satellites and annual rainfall rates from the Meteorological Department's annual climate records, the study sought to assess and analyze the Vegetation Condition Index (VCI) as a function for measuring drought conditions in the central highlands region of the Hashemite Kingdom of Jordan, which includes portions of the governorates of Balqa, Amman, and Madaba. The study was conducted between 1985 and 2023. According to the study, the area of green space in the study area shrank from 246.9 km² in 1985 to roughly 9.3 km² in 2023. Extreme, severe, moderate, and light drought conditions replaced the absence of drought, which in 1985 had drastically decreased to 2190.7 km² and 93.6% of the study area, while in 2023 it had reached 150.4 km² and 6.4% of the study area at the end of the study period. According to the report, green spaces and agricultural lands should be given special consideration when establishing building permit regulations or raising community awareness. Water harvesting initiatives should also be taken into consideration.

Keywords: Central Highlands, Vegetation Condition Index VCI, Vegetation Index OSAVI, Geographic Information Systems, Remote Sensing.

المراجع العربية

- شحادة، نعمان. (1990). مناخ الأردن، (الطبعة الأولى)، دار البشير، عمان، الأردن.
- العرو، إبراهيم البليسي، حسام الغنيم، طارق. (2019). التغيرات المناخية الحديثة وأثرها على الغطاء النباتي في حوض وادي عربة الشمالي، *المجلة الأردنية للعلوم الاجتماعية*، المجلد 12 العدد 3.
- وزارة الزراعة الأردنية. (2023). *التقرير الإحصائي السنوي*، عمان، الأردن.
- وزارة الزراعة الأردنية. (2024). *مشروع الأمن الغذائي للحد من الفقر والجوع / دراسة الجدوى المالية والاقتصادية لمشروع التسمين*، عمان، الأردن.

المراجع الأجنبية

- Alhoussein, S. (2000). *GIS Modeling of land degradation in northern Jordan using satellite imagery*, university of Leicester.
- Alito, K. and Kerebih, M. (2024). Spatio-temporal assessment of agricultural drought using remote sensing and ground-based data indices in the Northern Ethiopian Highland, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 52, 101700.
- Cullen, K. (2023). A review of applications of remote sensing for drought studies in the Andes region, Energy & Resources Group, University of California, Berkeley, USA, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Volume 49, October 2023, 101483.
- Fern, R., Foxley, E. Bruno, A., and Morrison, M. (2018). Suitability of NDVI and OSAVI as estimators of green biomass and coverage in a semi-arid rangeland, *Ecological Indicators*, Volume 94, Part 1, Pages 16-21.
- Haboudane, D., Miller, J., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P., and Dextraze, L. (2002). Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture, *Remote Sensing of Environment*, Volume 81, pp.416- 426.
- Hazaymeh, K. and Hassan, Q. (2017). A remote sensing-based agricultural drought indicator and its implementation over semi-arid region Jordan, *Journal of Arid Land*.
- Jassim, Shalal, Al-Hassan, Abbas and Jassim, Abdul Karim. (2007). Using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Identify and Assess the Deterioration Status of Vegetation Cover in the Sinjar Mountain Area / Nineveh Governorate, *Iraqi Journal of Earth Sciences*, Volume 7, Issue 2.
- Kogan, F. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, Volume 15, Issue 11, 1995, Pages 91-100.
- Rondeaux, G., Steven M., and Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices, *Remote Sensing of Environment*, 55 (2), pp 95-107.
- Salehi, B. (2017). Temperature-vegetation-soil moisture dryness index (TVMDI), *Remote Sensing of Environment*.
- Sameen, M. and Alkubaisy, M. (2014). Automatic Surface Temperature Mapping in ArcGIS using Landsat-8 TIRS and ENVI Tools Case Study: Al Habbaniyah Lake, *Journal of Environment and Earth Science*, Volume 4, No.12.
- Sankey, T., Belmonte, A., Massey, R., and Leonard, J. (2020). Regional-scale Forest restoration effects on ecosystem resiliency to drought: a synthesis of vegetation and moisture trends on Google Earth Engine, *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, Volume 7, Issue 2, p259-274.

- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2014). *National Framework for Integrated Drought Risk Management*, Iraq.
- United Nations General Assembly. (2013). *Harnessing Space for Agricultural Development and Water Security*, Special Report of the Inter-Agency Meeting on Outer Space Activities, Committee on the Peaceful Uses of Outer Space.
- Wu, C., Gonsamo, A., Gough, M., Chen, J., and Xu, S. (2014). Modeling growing season phenology in North American forests using seasonal mean vegetation indices from MODIS, *Remote Sensing of Environment*, Volume 147, Pages 79-88.
- Xiu-Pinga, Z., Rong-Fang, L., Sheng, L., Qun, F., and Xiao-Xiao, W. (2011). The Study of Dynamic Monitor of Rice Drought in Jiangxi Province with Remote Sensing, *Procedia Environmental Sciences*, 10 1847–1853.
- Xu, X., Gu, X., Song, X., Li, C., and Huang, W. (2010). *Assessing rice chlorophyll content with vegetation indices from hyperspectral data*, in: D. Li, Y. Chen (Eds.), *Computer and Computing Technologies in Agriculture, Advances in Information and Communication Technology*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp.296–303.
- Xu, Z., Sun, H., Zhang, T., Xu, H., Wu, D., and Gao, J. (2023). Evaluating established deep learning methods in constructing integrated remote sensing drought index: A case study in China, *Agricultural Water Management*, Volume 286, 108405.