

مراقبة تغير الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلي جنوب محافظة تعز باستخدام الاستشعار عن بُعد

د. ابراهيم عبدالله قائد درويش

ibra.dr2000@gmail.com

كلية الآداب/جامعة إب/اليمن

الكلمات المفتاحية:

الجفاف الزراعي، المؤشرات الطيفية للنبات، وادي المصلي، محافظة تعز، الاستشعار عن بُعد.

الملخص

يهدف البحث لمراقبة تغير الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلي باستخدام تقنية الاستشعار عن بُعد، اعتماداً على مرئيات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات للأعوام (1990م - 2000م - 2019م) لاشتقاق وتصنيف مستويات الجفاف من خلال عدة مؤشرات منها: مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي، ومؤشر الحالة النباتية، ومؤشر الحالة الحرارية، ومؤشر تموين النبات بالماء، ومؤشر الحالة الصحية للنبات للاستدلال على الجفاف، والتغيرات التي طرأت على مناطق توزيعه في الحوض خلال المدة 1990م - 2019م.

وتوصلت نتائج البحث إلى أن عام 2019م كان أقل جفافاً، وعام 2000 أكثر جفافاً، ومما يؤكد ذلك بلغت نسبة مساحة المنطقة التي اتصفت بغطاء نباتي تراوح بين الفقير جداً إلى الفقير 31% عام 2019م، مقارنة بـ 41% عام 1990م، و50% عام 2000م، وبلغت مساحة المنطقة التي تعرضت لجفاف تراوح بين الشديد إلى الشديد جداً 12.8% عام 2019م، مقارنة بـ 46.7% عام 1990م، ونحو 79.4% من إجمالي مساحة الحوض عام 2000.

Monitoring Changes Agricultural Drought In Wadi Al-Musalla Basin, South of Taiz Governorate, Using Remote Sensing Technology

Dr. Ebrahim Abdullah Qaid Darwesh

College of Arts, Ibb University, Yemen

Abstract

The research aims to monitor changes of agricultural drought in Wadi Al-Musalla basin using remote sensing technology, depending on American satellite imagery Landsat for the years (1990 - 2000 - 2019, to derive and classification drought levels of through several indicators including, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Vegetation Condition Index (VCI), Temperature Condition Index (TCI), Water Supplying Vegetation Index (WSVI), and Vegetation Health Index (VHI), to deduce drought and changes that occurred in its distribution areas in basin during the period 1990-2019.

Results of research found that 2019 was less arid, and 2000 was more arid, it,s that confirmed reached area ratio of region that was characterized by a vegetation cover ranged between very poor to poor 31% in 2019, compared to 41% in 1990, 50% in 2000, and area of region that suffered from drought ranged from severe to very severe 12.8% in 2019, compared to 46.7% in 1990, and 79.4% of total basin area in 2000.

Keywords

Agricultural Drought, Spectral Indicators of Vegetation, Wadi Al-Musalla, Taiz Governorate, Remote Sensing

في هطول الأمطار، مع ذلك هناك أربعة أنواع من مظاهر الجفاف:

الجفاف الجوي الذي يعكس حالات الشذوذ في هطول الأمطار، والجفاف الزراعي الذي يوصف بأنه انخفاض رطوبة التربة في المنطقة الجذرية للنبات، والجفاف الهيدرولوجي الذي يحدده تراجع التدفق

المقدمة:

الجفاف نقص حاد في المياه، وينتج عن أحداث مناخية متكررة

تؤدي إلى نقص كبير في امدادات المياه، ويُعزى في الأساس إلى العجز

شهري إبريل وأكتوبر؛ لذا فإن أي تغير ولو محدود، يؤثر بشكل سلبي على المحاصيل الزراعية.

ولا يمكن رصد الجفاف الذي يُعزى إلى الأحوال الجوية من خلال البيانات المناخية وحدها، لأنَّ هذه البيانات من المرجح أن تكون غير مناسبة زمنيًا، وغير متكررة وغير كاملة، وبما أن الجفاف مرتبط بغطاء نباتي منخفض؛ لذا تؤخذ بيانات الجفاف من مؤشرات الغطاء النباتي. (Trisasongko, et al, 2015, p.26).

وتستخدم عدة مؤشرات طيفية لرصد الجفاف كمؤشر حالة النبات المشتق من بيانات الاستشعار عن بُعد (Jiao, et al, 2016, p.1) لذا لعبت نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في السنوات الأخيرة دور مهم في دراسة المخاطر الطبيعية كالجفاف (Abuzar, et al, 2017, p.2).

الدراسات سابقة:

رصد (Bhuiyan, et al, 2006) ديناميات الجفاف في منطقة أرافالي (الهند) باستخدام مؤشرات مختلفة تعتمد على البيانات الأرضية والاستشعار عن بُعد، وتم حساب مؤشرات حالة الغطاء النباتي، ومؤشر الحالة الحرارية، ومؤشر صحة النبات، ورصد (Rhee, et al, 2010) الجفاف الزراعي في المنطقة الجافة في أريزونا ونيو مكسيكو والمنطقة الرطبة في ولاية كارولينا الشمالية والجنوبية باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد، وأكد أن مؤشرات الجفاف القائمة على الاستشعار عن بُعد كانت ناجحة في المناطق الجافة، لكن استخدامها في المناطق الرطبة محدود، واقترح وضع مؤشر جديد للجفاف يستند إلى الاستشعار عن بُعد، وهو مؤشر يجمع بين بيانات درجة حرارة سطح الأرض، والغطاء النباتي، والأمطار.

وقيم (Kumar & Purushothaman, 2013) الجفاف الزراعي في اوثانغاري تالوك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، ونظم المعلومات الجغرافية، وصنف البحث الجفاف إلى خمسة أصناف مدقع، وشديد، ومعتدل وخفيف وليس هناك جفاف، وحدد البحث التوزيع المكاني لكل صنف في المنطقة. وقام (Zeng, et al, 2014)

السطحي، ونقص المياه الجوفية، وعجز مستويات الخزانات، والجفاف الاجتماعي والاقتصادي الذي يتسم بعدم القدرة على تلبية احتياجات المجتمع من المياه (Choi, et al, 2013, p.265).

ويحدث جفاف الأرصاد الجوية نتيجة تغيرات إقليمية في دورة المياه، وهي عملية مرتبطة بأنماط الدورة المناخية، ويصنف الجفاف على نطاق واسع إلى أربع مجموعات تشمل العجز في هطول الأمطار، والعجز في رطوبة التربة، والعجز في الجريان السطحي، والعجز في المياه الجوفية (AghaKouchak, 2015, p.452).

وظاهرة الجفاف خطر طبيعي ينتج عنها نقص حاد في المياه، وتعد من الظواهر التي يصعب اكتشافها؛ لأنها تنمو تدريجيًا، وتعتبر أكثر تعقيدًا، وأقل فهمًا مقارنة ببقية الأخطار الطبيعية، وتعد خطرًا معقدًا لها تأثير مدمر على النظم البيئية، وتتسبب في مخاوف كبيرة تتعلق بالمياه والأمن الغذائي، وتؤثر بشكل كبير على الزراعة والغطاء النباتي، مما ينتج عنها تحديات مالية خاصة بالدول الفقيرة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وتؤثر الزيادة في درجات الحرارة، وتغير أنماط هطول الأمطار، والظواهر الجوية المتطرفة بشكل كبير في الإنتاج الزراعي، والجفاف يقود إلى انخفاض إنتاج المحاصيل؛ بسبب عدم انتظام هطول الأمطار، فضلًا عن انخفاض رطوبة التربة، الأمر الذي يؤثر بدوره على الاقتصاد (Sruthi, 2015, p.1258).

وتحدث ظاهرة الجفاف بسبب تغير نمط وتذبذب، وتراجع كمية الأمطار، وتعد من المخاطر الطبيعية التي يترتب عليه آثار بعيدة المدى على الموارد الطبيعية كالتربة، والغطاء الحيوي، والموائل البشرية، مما تتسبب في خسائر اقتصادية تعزز من عدم الاستقرار السياسي والحروب (Thenkabail, 2004, p.1). وينتج عنها عواقب اجتماعية تهدد سبل العيش (Gaikwad, et al, 2015, p.1195). وتترك معاناة بشرية، وخسائر في الأرواح (Himanshu, et al, 2015, p.66).

وأصبح الجفاف مصدر قلق رئيس في مختلف دول العالم، بسبب شدة تأثيره على إنتاج المحاصيل البعلية، وتأثيره غير المباشر على العمالة ودخل الفرد (Dutta, et al, 2015, p.53). وتعتمد الزراعة في اليمن عمومًا، وفي منطقة البحث على نحو خاص على الأمطار الموسمية بين

وحدد (Sholihah, et al, 2016) مدى الجفاف الزراعي بالاعتماد على مؤشر صحة الغطاء النباتي دراسة حالة سوبانغ وكاراوانغ واعتمد على مرئيات لاندسات للأعوام 2000م - 2005م - 2010م - 2015م لمعرفة مؤشر صحة النبات، وهو بدورة مؤشر مناسب لمعرفة مدى الجفاف، وتراوح مستويات الجفاف من المعتدل إلى الشديد، بسبب ارتفاع درجات الحرارة من 27° م إلى 40° م بين عامي 2005م - 2015م، وقيم (Abuzar et al, 2017) مخاطر الجفاف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد بمنطقة خوشاب باكستان؛ وتم إنتاج خرائط زمنية لمخاطر الجفاف بالمنطقة. كما قيم (Khosravi, et al, 2017) تأثير الجفاف على الغطاء النباتي في الصحراء باستخدام بيانات لاندسات دراسة سهل يزد ارداكان وسط إيران، وتم حساب مؤشري (SPI, NDVI)، وأظهرت دراسة الارتباط بين متوسط (SPI) والطبقات النباتية أن لدى المراعي حساسية عالية لتغير هذا المؤشر، مع ذلك أظهرت النتائج أن الأراضي الزراعية أقل حساسية على المدى القصير بسبب استخدام الآبار العميقة، وتطرق (Rimkus, et al, 2017) لتحديد الجفاف شرق بحر البلطيق باستخدام مؤشر (NDVI)، وتوصل إلى أن الغطاء النباتي أقل حساسية لعجز الرطوبة، وأن علاقة مؤشر الهطول بمؤشر الحالة النباتية ايجابية بين شهري 3-6، وعكسية في بقية الشهور. وقيم (Abuzar, et al, 2019) مخاطر الجفاف في منطقة خوشاب الباكستانية باستخدام الاستشعار عن بُعد والطرق الجغرافية المكانية، واستخدم مرئيات (Landsat ETM) في التحليل المكاني والزمني للجفاف، واعتمد على دمج نتائج طبقات مؤشر (NDVI)، ودليل هطول الأمطار القياسي (SPI)، وقيم (Amin, et al, 2019) مخاطر الجفاف في البنجاب (باكستان)، وأظهرت نتائج تحليل مؤشر الحالة النباتية (VCI) جفاف معتدل خلال شهر فبراير، وشديد في شهري مارس وأبريل، وتتطور ظروف الجفاف بشدة في شهر يونيو.

منطقة البحث:

يقع حوض وادي المصلى شكل (1) جنوب محافظة تعز ضمن مديريات (المواسط والصلو والشمائتين وحيفان)، شمال محافظة الحج

بمراقبة الجفاف باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد في مقاطعة غانسو بروينس؛ حيث تم تقدير الجفاف بالاعتماد على مؤشر بيانات الأمطار (CLS)، ومؤشر الاستشعار عن بُعد (NDVI)، وتم حساب الارتباط بينهما، وأظهرت الدراسة توافق نتائج الجفاف بين المؤشرات المناخية وبيانات الاستشعار عن بُعد.

وقامت (Alshaikh, 2015) بتقييم ورصد الجفاف في وادي داما (غرب تبوك) المملكة العربية السعودية بين عامي 1990م - 2013م بالاعتماد على مؤشر الغطاء النباتي، وأكدت نتائج البحث أهمية بيانات الاستشعار عن بُعد في توفير معلومات مفيدة لتقييم ورصد ظروف الجفاف، وقيم (Gaikwad et al, 2015) شدة الجفاف الزراعي باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد، وحدد البحث شدة الجفاف الزراعي والمناطق المعرضة لمخاطره، وقام (Sruthi & Aslam, 2015) بتحليل الجفاف الزراعي بمؤشر (NDVI) وبيانات حرارة سطح الأرض في ولاية كارناتاكا الهند بهدف تحليل جفاف النبات بمنطقة رايتشور، وأظهرت نتائج البحث عكسية العلاقات بين الحرارة، ومؤشر (NDVI) في عامي 2002م - 2012م.

وقيم (Dutta, et al, 2015) الجفاف الزراعي في راجستان (الهند) باستخدام الاستشعار عن بُعد المعتمد على مؤشر حالة الغطاء النباتي (VCI)، ومؤشر الهطول القياسي (SPI)، وحاول البحث تقييم كفاءة الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية لرصد المدى المكاني والزمني للجفاف الزراعي، وتوصلت النتائج إلى اتفاق نتائج بيانات الاستشعار عن بُعد والبيانات المناخية، وبلغ معامل الارتباط بين مؤشر الحالة النباتية، والمحاصيل البعلية الرئيسية 0.75؛ مما يؤكد كفاءة هذا المؤشر المستمد من الاستشعار عن بُعد لتقييم الجفاف الزراعي.

ورصد (Himanshu, et al, 2015) الجفاف باستخدام بيانات الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مخاطر الجفاف في منطقة جامناجار بالهند، واعتمد البحث مؤشر (NDVI) في تحديد المناطق المعرضة لخطر الجفاف الزراعي والأرصاد الجوية، ووجد ارتباط هذا المؤشر مع مؤشر الأمطار في المنطقة.

ويلاحظ تكرار هذه المشكلة بالذات في الجزء الأدنى من الحوض، الأمر الذي أدى إلى هجر هذه الأراضي، والعزوف عن زراعتها، وما يتبع ذلك من تعرض التربة لمشكلة التدهور والتعرية، فضلاً عن نقص الغذاء اللازم للإنسان والحيوان على حدٍ سواء، ومن هنا يحاول البحث الاجابة على التساؤلات الآتية:

- ما تأثير نمط توزيع متغيرات المناخ في الجفاف الزراعي بحوض وادي المصلى؟

- ما هي التغيرات التي طرأت على درجات الاخضرار وكثافة الغطاء الزراعي في منطقة الدراسة؟

- ما مدى التغير في مستويات الجفاف بحوض وادي المصلى خلال مدة الدراسة؟

أهداف البحث:

- الكشف عن نمط توزيع المتغيرات المناخية المؤثرة في الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى.

- تصنيف الغطاء الزراعي وتغيراته بين مدة وأخرى في الحوض باستخدام مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي.

- مراقبة التغير في توزيع مستويات الجفاف الزراعي في الحوض زمنياً ومكانياً باستخدام مؤشرات الحالة النباتية، والحالة الحرارية، وتكوين النبات بالماء، والحالة الصحية للنبات.

منهجية البحث:

بما أنه لا تتوفر بيانات مناخية متصلة لمنطقة البحث، لجأ الباحث إلى مراقبة مخاطر الجفاف في الحوض بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي لاندسات؛ حيث يمكن من خلال مرئيات الأقمار الصناعية اشتقاق مؤشرات الاختلاف الخضري الطبيعي (Normalized Difference Vegetation Index)، والحالة النباتية (Vegetation Condition Index)، والحالة الحرارية للنبات، (Temperature Condition Index)، وتزويد النبات بالمياه (Water Supplying Vegetation Index)، وصحة الغطاء النباتي (Vegetation Health Index) وغيرها، ولتحقيق الأهداف السابقة تدرجت المنهجية البحث كما يأتي:

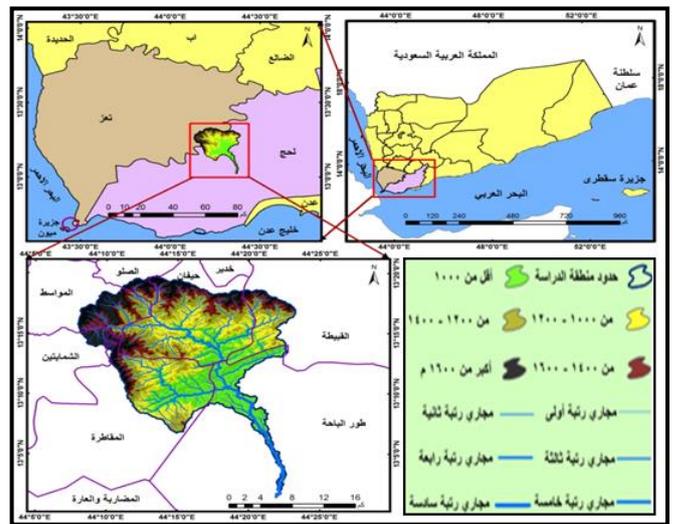
أ) جمع ومعالجة البيانات:

(1) جمع البيانات المناخية من موقع وكالة ناسا لمتغيرات الحرارة والأمطار والتبخر كما يبين جدول (1).

جدول (1): بيانات المتغيرات المناخية المستخدمة في البحث

ضمن مديريات (القبيلة والمقاطرة وطور الباحة)، ويقع الحوض فلكياً بين دائرتي عرض 13.20° - 13° شمالاً، وخطي طول 44.07° - 44.25° شرقاً، بمساحة بلغت 411.4 كم²، وأقصى طول 43.2 كم، وأقصى عرض 25.2 كم، وتبدأ روافده العليا من مرتفعات قدس بمديرية المواسط، والأشعوب بمديرية الصلو، والأعروق، والأغابرة، والأعبوس، والأحكوم، والأناور بمديرية حيفان، ومرتفعات المداحج بمديرية الشمايتين، ومرتفعات الأكاحلة، والنجيشة، والأشاهية، والعكاوش، والأنوبة بمديرية المقاطرة، ومرتفعات اليوسفين بمديرية القبيلة، ويصب الحوض، وسط مديرية طور الباحة بمحافظة لحج.

شكل (1) موقع منطقة البحث



المصدر: الباحث بالاعتماد على طبقات (Shapfile) للمحافظات والمديريات، ونموذج ارتفاع رقمي (DEM) دقة 30 م.

مشكلة البحث:

بعد حوض وادي المصلى من أحواض المناطق شبة الجافة التي تعتمد فيه الزراعة، والموارد المائية على الأمطار الموسمية، حيث تتراوح كمية الأمطار في الحوض بين 100 ملم عند مصب الحوض بمديرية طور الباحة، إلى 700 ملم سنوياً في أعلى الحوض بمديريات المواسط، والصلو، والشمايتين، ويعتمد سكانه في زراعة محاصيل الذرة الرفيعة (البيضاء والحمراء)، والذرة الشامية، والدخن، واللوبياء، والغرب وغيرها من المحاصيل على الأمطار الموسمية التي تبدأ بين شهري نيسان (أبريل)، وتشرين الأول (أكتوبر)، وكثيراً ما تتذبذب كمية الأمطار زمنياً ومكانياً، الأمر الذي يؤدي أحياناً إلى فشل المحاصيل الزراعية، أو انخفاض كمية الإنتاج الزراعي التي لا تغطي تكاليف العمل، بسبب اعتماد الزراعة بالذات في المدرجات والسفوح الجبلية على مياه الأمطار،

(2) جمع المرئيات الفضائية من موقع الماسح الجيولوجي الأمريكي، حيث تم الحصول على مرئيات لاندسات (5، 8) جدول (1) بتاريخ (4/6/1990م)، (15/6/2000م)، (11/6/2019م)، ويعد شهر يونيو من أشهر النمو، ويعكس غطاء زراعي جيد في الحوض.

العنصر	الوحدة	المصدر	الدقة الزمنية	الدقة المكانية	بداية المدة	نهاية المدة
الحرارة	C	Merra 2 Model	شهرية	0.50°	1-6-2019	30-6-2019
الأمطار	MM	Trmm	شهرية	0.25°	1-6-2019	30-6-2019
التبخّر	W/ M-2	Gldas Model	شهرية	0.25°	1-6-2019	30-6-2019

المصدر: (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>).

جدول (2): المرئيات الفضائية المستخدمة في البحث وخصائصها

العدد	لوحة	المرئية	المستشعر	ID	path	Row
1	عدن - لحج	لاندسات 5 بتاريخ 4-6-1990	TM	LT05_L1TP_165051_19900604_20 170717_01_T1	165	51
2	عدن - لحج	لاندسات 5 بتاريخ 15-6-2000	TM	LT05_L1TP_165051_20000615_20 161215_01_T1	165	51
3	تغز - لحج	لاندسات 8 بتاريخ 11-6-2019	OLI	LC08_L1TP_165051_20190604_2 0190618_01_T1	165	51

المصدر: (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

حيث (NIR) الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.70 - 0.90 ميكرومتر)، وتساوي النطاق الرابع من مرئيات لاندسات 5 للمستشعر (TM)، والنطاق الخامس في لاندسات 8 للمستشعر (OIL)، (RED) الاستجابة الطيفية من الأشعة الحمراء (0.63 - 0.69 ميكرومتر)، وتساوي النطاق الثالث من مرئيات لاندسات 5، والنطاق الرابع في لاندسات 8 للمستشعر (OIL)، وتتراوح قيمة المؤشر بين (1⁻ - 1)، وتشير القيم السالبة إلى المناطق الجرداء، وكلما اقتربت القيم من الواحد الصحيح زادت كثافة الغطاء النباتي.

(3) إعادة تصنيف طبقات مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي الخمسة فئات فقير جداً حيث تقل قيمة المؤشر عن 0.05، وفقير بين 0.05 - 0.2، ومعتدل بين 0.2 - 0.3، وكثيف بين 0.3 - 0.4، وكثيف جداً حيث تجاوز المؤشر 0.4، وحساب مساحة الفئات ببرنامج (Arc Map 10.5).

(4) تحديد حالة جفاف النبات باشتقاق الطبقات بمؤشر الحالة النباتية (VCI) للأعوام 1990م، 2000م، 2019م، وذلك من خلال تطبيق المعادلة في حاسبة برنامج (Arc Map 10.5).

(3) معالجة المرئيات باستخدام برنامج (ERDAS IMAGING) (2014) من خلال دمج نطاقات المرئيات الفضائية، والتصحيح الراديومي لتقليل تأثير التشتت الجوي، وإزالة السحب، وتحسين الدقة المكانية، والاقطاع على حدود الحوض.

ب) اشتقاق الطبقات المعلوماتية:

(1) اشتقاق خرائط توزيع المتغيرات المناخية في الحوض من خلال تحويل طبقات (Raster) التي تم الحصول عليها من موقع وكالة ناسا إلى طبقات (points)، وذلك بعد إعادة إرجاع كل منها باستخدام برنامج (ArcGIS 10.5)، وبذلك تم التنبؤ بتوزيع هذه المتغيرات باستخدام خوارزمية (IDW)، وذلك بعد تحسين الدقة المكانية لهذه الطبقات إلى 20 م، وإعادة تصنيف الطبقات الناتجة إلى خمس فئات.

(2) اشتقاق طبقة الغطاء النباتي للأعوام 1990م، 2000م، 2019م باستخدام مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) بتطبيق المعادلة في الحاسبة الخلوية لبرنامج Arc Map 10.5:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (\text{Justice et al., 1985, p1272}).$$

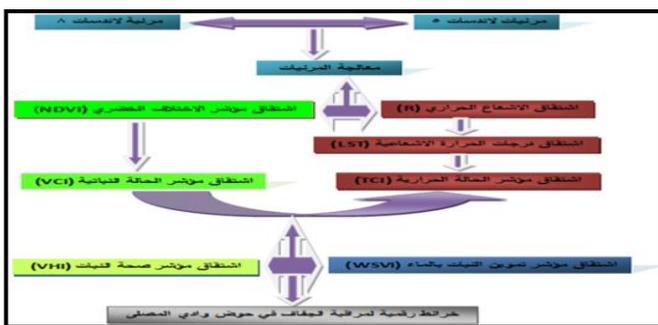
تعتمد مستويات الجفاف بهذه المؤشر على مؤشري الاختلاف الحضري، ودرجات الحرارة السطحية للأرض التي تم اشتقاقها سابقاً من مرئيات لاندسات، وتتراوح قيمة هذا المؤشر بين 4^- للمناطق ذات الجفاف الشديد، الى 4^+ للمناطق عالية الرطوبة.

(7) تحديد حالة الجفاف من خلال اشتقاق الطبقات المعلوماتية باستخدام مؤشر الحالة الصحية للنبات (TCI) للأعوام 1990، 2000، 2019، وطبقت الصيغة ادناه بحاسبة برنامج Arc Map 10.5 كما يأتي:

$$VHI = 0.5 * VCI + 0.5 * TCI. \text{ (Bhuiyan, 2008, p.908)}$$

حيث (VCI) مؤشر الحالة النباتية، و (TCI) مؤشر الحالة الحرارية للنبات، وبذلك اتبع البحث منهجية متسلسلة في معالجة المرئيات واشتقاق مؤشرات الجفاف كما يبين الشكل رقم (2).

شكل (2) مخطط يبين تدرج منهجية البحث



المصدر: الباحث

مناقشة نتائج البحث:

أولاً) الخصائص المناخية المؤثرة في الجفاف بحوض وادي المصلي: توضح نتائج تحليل توزيع درجات الحرارة في الحوض خلال شهر يونيو عام 2019م شكل (3) تباين توزيعها بسبب تباين ارتفاع التضاريس، ومن ثمّ تراوحت درجات الحرارة بين أقل من 29.2°C في أعلى الحوض، إلى أكثر من 30.4°C في أدنى الحوض، ويؤثر هذا التباين في توزيع درجات الحرارة على الجفاف الزراعي من خلال تأثيره في معدلات التبخر والنتح.

شكل (3) توزيع درجات الحرارة خلال شهر يونيو (2019)

$VCI = \frac{100 * (NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})}$. (Ghaleb et al, 2015, p567) حيث إن $(NDVI_{max}, NDVI_{min})$ تشير إلى الحد الأدنى والأعلى لمؤشر الاختلاف الحضري الطبيعي، وتصنف قيم هذا المؤشر أقل من 10% جفاف شديد جداً، أقل من 20% جفاف شديد، أقل من 30% جفاف معتدل، أقل من 40% جفاف خفيف، و أكبر من 40% لا يوجد جفاف.

(5) تحديد حالة الجفاف من خلال اشتقاق الطبقات بمؤشر الحالة الحرارية للنبات (TCI) للأعوام 1990م، 2000م، 2019م، وطبقت المعادلة بواسطة (Raster Calculator) للبرنامج السابق نفسه كما يأتي:

$$TCI = 100 * (T_{max} - T_c) / (T_{max} - T_{min}). \text{ (Ghaleb et al, 2015, p567)}$$

حيث (TC) درجة الحرارة المشتقة من المرئيات الفضائية وتحسب بالمعادلة:

$$T = \frac{K2}{\log(K1/Re + 1) - 273.15}. \text{ (USGS, 2015)}$$

حيث $(K2, K1)$ قيم ثابتة يتم الحصول عليها من البيانات الخام للمرئيات الفضائية، (\log) لوغزتم، 273.15 معامل تحويل درجات الحرارة من مقياس الكلفن إلى المقياس المئوي، (Re) الإشعاع الطيفي المشتق من المرئيات الفضائية وبحسب بالمعادلة:

$$Re = G * DN + B. \text{ (USGS, 2015)}$$

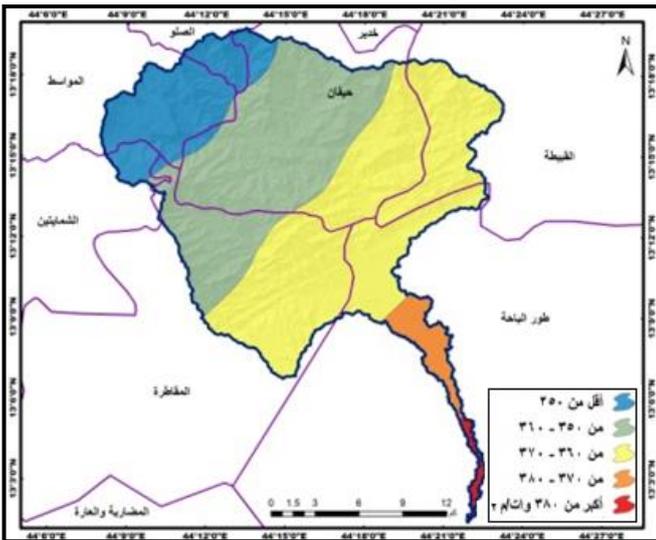
حيث Re الإشعاع، $G = (L_{max} - L_{min}) / 254$ ، DN نطاقات مرئيات لاندسات، $B = L_{min}$ ، وتستخرج $(L_{max} - L_{min})$ من البيانات الوصفية الخام للمرئيات.

(6) تحديد مستويات الجفاف في الحوض باستخدام مؤشر تزويد النبات بالمياه (WSVI) للأعوام 1990، 2000، 2019، وذلك من خلال اشتقاق الطبقات المعلوماتية بتطبيق معادلة هذا المؤشر (Raster Calculator) لبرنامج Arc Map 10.5 كما يأتي:

$$WSVI = \frac{NDVI}{LST}. \text{ (Alshaikh, 2015, p. 45)}$$

من جهة أخرى تظهر نتائج توزيع معدلات التبخر، وهو أحد المتغيرات المناخية المؤثرة في تباين مستويات الجفاف الزراعي في الحوض خلال شهر يونيو عام 2019 شكل (5) تباين توزيع معدلات التبخر، وما يؤكد ذلك انخفاض معدلات التبخر بحيث لم تتجاوز 350 وات/م² في المناطق المرتفعة في أعلى الحوض، حيث ترتفع كمية الأمطار، وتقل درجات الحرارة، وارتفاع معدل التبخر ليتجاوز 380 وات/م² في أدنى الحوض، حيث تقل كمية الأمطار، وترتفع درجات الحرارة.

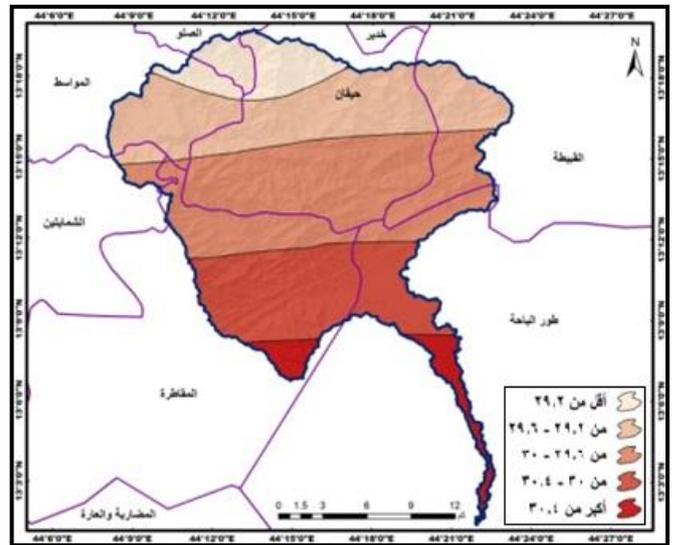
شكل (5) توزيع معدل التبخر خلال شهر يونيو (2019)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مريبات (Gldas Model).

ثانياً) الاختلاف الخضري الطبيعي للنبات في حوض وادي المصلي:

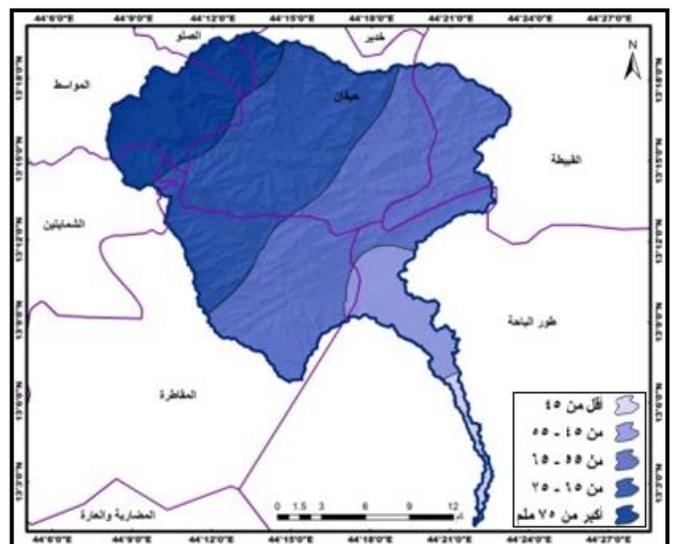
يعد مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI) من أهم المؤشرات الطيفية لتحديد مناطق التغطية النباتية من بيانات الاستشعار عن بُعد متعدد الأطياف، وتعكس القيم السالبة، والقريبة من الصفر المناطق التي تعاني من شدة جفاف الغطاء النباتي حيث تظهر أوراق النبات مصفرة بمناطق انتشار الترب الجرداء والصخور المكشوفة، وكلما ابتعدت القيم عن الصفر واقتربت من الواحد الصحيح، كلما دل ذلك على كثافة وشدة اخضرار الغطاء النباتي بسبب ارتفاع محتواه من الكلورفيل، الناتج عن ارتفاع رطوبة التربة بالمنطقة الجذرية، مما يعكس انخفاض مستويات الجفاف بمختلف أنواعه في الحوض.



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مريبات (Merra 2 Model).

في المقابل تبين نتائج التحقق من توزيع كمية الأمطار خلال شهر يونيو عام 2019 في الحوض شكل (4) تباين توزيعها، حيث ترتفع كمية الأمطار في المناطق المرتفعة في أعلى الحوض إلى أكثر من 75 ملم خلال شهر يونيو، وتقل هذه الكمية بحيث لا تتجاوز 45 ملم خلال المدة نفسها عند مصب الحوض، وسيلاحظ تأثير هذا التباين في توزيع كمية الأمطار في الحوض على الجفاف الزراعي في الفقرة الآتية أثناء تصنيف كثافة الغطاء النباتي الذي يندر عن مصب الحوض، وتزداد كثافته كلما اتجهنا نحو أعلى الحوض.

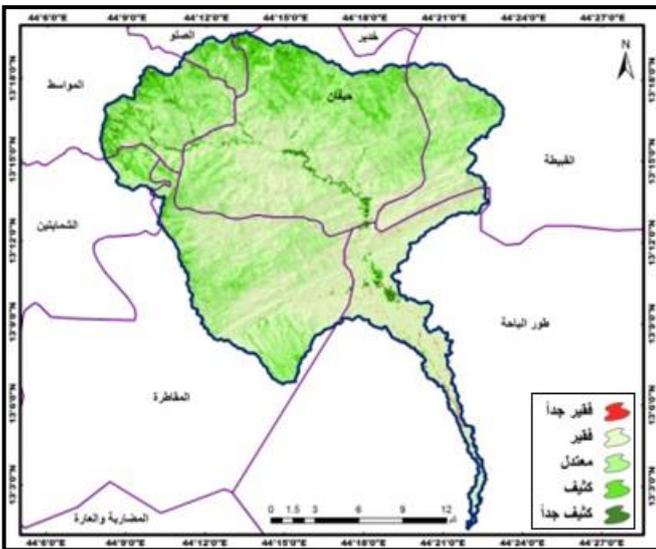
شكل (4) توزيع كمية الأمطار خلال شهر يونيو (2019)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مريبات (TRMM).

وتباين توزيع الغطاء النباتي في الحوض عام 2000م، إذ يغلب على الحوض سيادة غطاء نباتي فقير بمساحة 204.2 كم²، بنسبة 49.6% من إجمالي مساحة الحوض؛ يليه غطاء نباتي معتدل بمساحة 160.3 كم²، بنسبة 39.2% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت مناطق انتشار الغطاء النباتي الكثيف بمساحة 39.7 كم²، بنسبة 9.6% من إجمالي مساحة الحوض، وبالتالي جاء الغطاء النباتي الكثيف جداً بمساحة 5.2 كم²، بنسبة 2.3% من إجمالي مساحة الحوض، ويظهر الغطاء النباتي الكثيف بالمجري الرئيس وسط وأعلى الحوض، حيث تقل حده الجفاف، بسبب ارتفاع كمية الأمطار، وانخفاض درجات الحرارة، وأخيراً جاءت فئة الغطاء النباتي الفقير جداً بمساحة بلغت 1 كم²، بنسبة 0.2% من إجمالي مساحة الحوض، وتظهر أدنى الحوض حيث تسهم المتغيرات المكانية؛ لاسيما انخفاض كمية الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة من تقليل فرص نمو غطاء نباتي كثيف.

شكل (7) فئات انتشار الغطاء النباتي يونيو عام (2000)

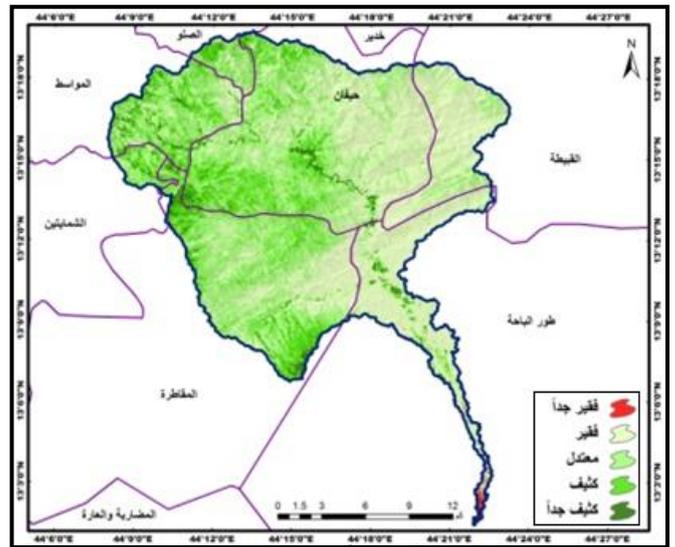


المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat TM 5).

ويظهر شكل (8) تراجع نطاق الجفاف عام 2019 مقارنة بعام 2000م، مما يعكس غزارة كمية الأمطار وسيادة تغطية نباتية عالية، وتراجع حدة الجفاف، ويوضح جدول (3) سيادة فئة الغطاء النباتي المعتدل في الحوض بمساحة بلغت 171.6 كم²، بنسبة 41.7% من إجمالي مساحة الحوض؛ وتليه مناطق الغطاء النباتي الفقير بمساحة

يوضح شكل (6) تباين توزيع الغطاء النباتي عام 1990م حيث يظهر الغطاء النباتي الكثيف في مجاري الأودية وسط وأعلى الحوض، وتختلف مساحة فئات الغطاء النباتي، حيث يغلب على الحوض سيادة غطاء نباتي فقير أيما تراوحت قيمة مؤشر الاختلاف الحضري الطبيعي بين (0.05 - 0.2) بمساحة 167.9 كم²، بنسبة 40.7% من إجمالي مساحة الحوض، يليها مناطق الغطاء النباتي المعتدل، حيثما تراوحت المؤشر بين (0.2 - 0.3) بمساحة 164.9 كم²، بنسبة 40% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم مناطق الغطاء النباتي الكثيف بين (0.3 - 0.4) بمساحة بلغت 67.9 كم²، بنسبة 16.5% من إجمالي مساحة الحوض، وبعدها مناطق تواجد غطاء نباتي كثيف جداً حيث تجاوزت قيمة المؤشر (0.4) بمساحة 9.7 كم²، بنسبة 2.4% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت مناطق الغطاء النباتي الفقير جداً حيث تقل قيمة المؤشر عن (0.05) بمساحة 1.4 كم²، بنسبة 0.34% من إجمالي مساحة الحوض، وتظهر حيث يشتد الجفاف، أدنى الحوض، بسبب قلة كمية الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة، ومعدلات التبخر.

شكل (6) فئات انتشار الغطاء النباتي يونيو عام (1990م)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat TM 5).

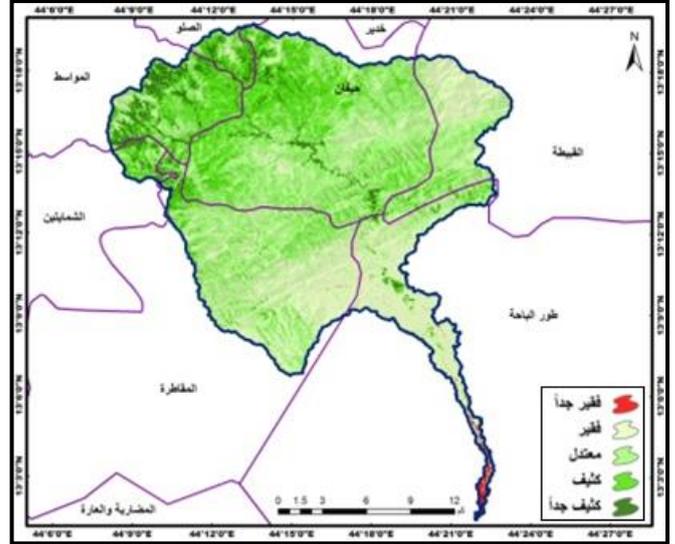
ويبين شكل (7) اتساع نطاق الجفاف في الحوض عام 2000م مقارنة بعام 1990م؛ مما يعكس تدني كمية الأمطار وانخفاض التغطية النباتية،

المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat OLI 8).

وأعقبتها مناطق الغطاء النباتي الكثيف جدًا بمساحة 20.7 كم²، بنسبة 5% من إجمالي مساحة الحوض، ويظهر الغطاء النباتي الكثيف حيث ترتفع رطوبة التربة، ويقبل الجفاف بالمجري الرئيس والمرتفعات العليا من الحوض، وأخيرًا جاءت مناطق الغطاء النباتي الفقير جدًا بمساحة 2.2 كم²، بنسبة 0.5% من إجمالي مساحة الحوض، ويظهر نبات هذه الفئة حيث تشتد ظروف الجفاف، وتسود متغيرات مناخية لا تشجع على نمو غطاء نباتي كثيف أدنى الحوض.

125.3 كم²، بنسبة 30.4% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت مناطق الغطاء النباتي الكثيف، بمساحة 91.5 كم²، بنسبة 22.3%.

شكل (8) فئات انتشار الغطاء النباتي يونيو عام (2019)



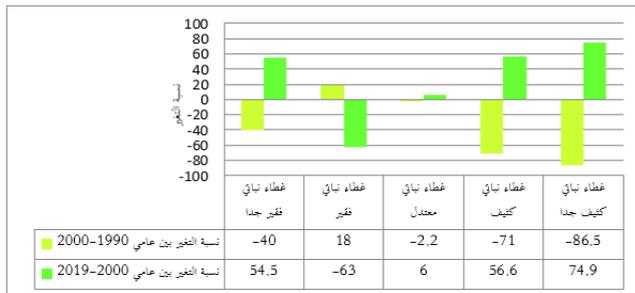
جدول (3): تغير مساحة فئات الغطاء النباتي حسب مؤشر (NDVI)

أكبر من 0.4		من 0.3 - 0.4		من 0.2 - 0.3		من 0.05 - 0.2		أقل من 0.05		عتبة مؤشر (NDVI)
%	غطاء نباتي كثيف جدا	%	غطاء نباتي كثيف	%	غطاء نباتي معتدل	%	غطاء نباتي فقير	%	غطاء نباتي فقير جدا	المساحة 2 كم
2.4	9.7	16.5	67.9	40	164.9	40.7	167.5	0.34	1.4	1990
1.3	5.2	9.6	39.7	39.2	161.3	49.6	204.2	0.2	1	2000
5	20.7	22.3	91.5	41.7	171.6	30.4	125.3	0.5	2.2	2019

المصدر: الباحث بالاعتماد على مرئيات لاندسات للأعوام 1990م، 2000م، 2019م.

الفقير جدًا، 56.6% للغطاء النباتي الكثيف، 74.9% للغطاء النباتي الكثيف جدًا.

شكل (8): تغيرات الغطاء النباتي في حوض وادي المصلي



المصدر: الباحث بالاعتماد على جدول (3).

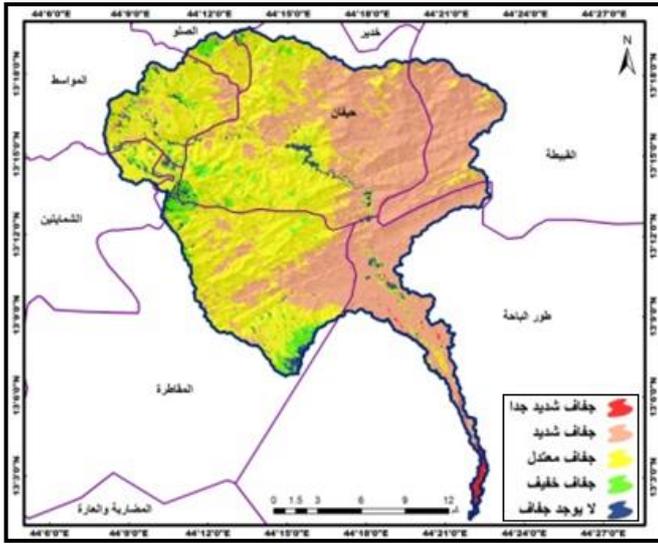
ويظهر شكل (9) اختلاف شكل ونسب تغير مساحة فئات الغطاء النباتي حيث شهد الغطاء النباتي الفقير جدًا بين عامي 1990م - 2000م تراجع بنسبة 40%، في حين شهدت مساحة الغطاء النباتي الفقير زيادة بنسبة 18%، وشهدت بقية فئات النبات تراجع بنسب تراوحت بين 2.2% للغطاء النباتي المعتدل، 71% للغطاء النباتي الكثيف، 86.5% للغطاء النباتي الكثيف جدًا.

في المقابل وتراجعت مناطق الغطاء النباتي الفقير بنسبة 63% بين عامي 2000م - 2019م، وشهدت بقية فئات الغطاء النباتي زيادة بنسب مختلفة 6% للغطاء النباتي المعتدل، 54.5% للغطاء النباتي

ثالثًا) حالة الغطاء النباتي في حوض وادي المصلي:

شكل (10) فئات الجفاف الزراعي حسب حالة النبات يونيو عام

(1990م)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية

(Landsat TM 5).

ويظهر شكل (11) تباين مستويات الجفاف الزراعي عام 2000م، إذ يشتد الجفاف أدنى الحوض، وتكاد تختفي المناطق التي لم تعاني من جفاف زراعي في الحوض مقارنة بعامي 1990م، 2019م. وتباينت مستويات الجفاف في الحوض وسيطر على الحوض المناطق التي واجهت جفاف شديد بمساحة 297 كم²، بنسبة 72.3% من إجمالي مساحة الحوض، تليها مناطق اعتدال الجفاف بمساحة 67.5 كم²، بنسبة 16.4% من إجمالي مساحة الحوض، وجاءت بعدها مناطق جفاف شديد جدًا بمساحة 29.7 كم²، بنسبة 7.2% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها مناطق جفاف خفيف بمساحة 11.2 كم²، بنسبة 2.7% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيرًا المناطق التي لا يوجد فيها جفاف بمساحة 6 كم²، بنسبة 1.5% من إجمالي مساحة الحوض.

اقترح كوجان مؤشر الحالة النباتية (VCI) عام 1997 كمؤشر

يدل على الحد الأقصى والأدنى من مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي الذي يواجه نظام بيئي معين على مدى سنوات عديدة، ويستخدم مؤشر الحالة النباتية لتحديد حالات الجفاف وبدايته، وخاصة في المناطق التي تكون فيها نوبات الجفاف محكومة ومعروفة، ويركز على تأثير الجفاف في الغطاء النباتي، ويمكنه تقديم معلومات عن بداية الجفاف ومدته، وشدته من خلال ملاحظة التغيرات في الغطاء النباتي ومقارنتها بالقيم التاريخية. (Chopra, 2006, p.13).

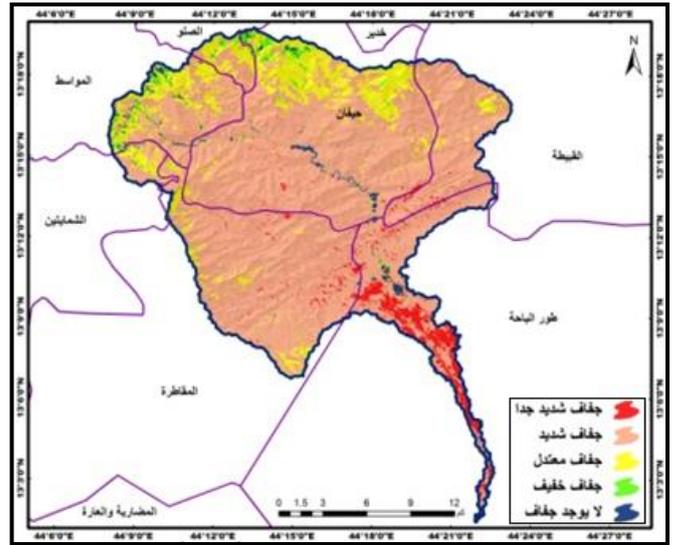
يوضح الشكل (10) تباين الجفاف الزراعي حسب مؤشر الحالة

النباتية؛ حيث يشتد الجفاف في الجزء الأدنى من الحوض أينما تسهم المتغيرات البيئية في ذلك لاسيما انخفاض التضاريس، وارتفاع درجات الحرارة، وقلة كمية الأمطار، وارتفاع معدلات التبخر، وتقل حدة الجفاف كلما اتجهنا نحو أعلى الحوض، حيث تسهم التضاريس المرتفعة في تراجع درجات الحرارة ومعدلات التبخر وزيادة كمية الأمطار.

ويلاحظ من جدول (4) تباين مساحة فئات مستويات الجفاف

الزراعي عام 1990م؛ وسادت مناطق الجفاف الشديد حيث قيمة مؤشر حالة النبات بين (10 - 20%) بمساحة 187.6 كم²، بنسبة 45.6% من إجمالي مساحة الحوض، يليها مناطق الجفاف المعتدل حيث المؤشر بين (20 - 30%) بمساحة 174.4 كم²، بنسبة 42.5% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت مناطق الجفاف الخفيف حيث المؤشر بين (30 - 40%) بمساحة بلغت 34 كم²، بنسبة 8.3% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها المناطق التي لا تعاني من جفاف حيث تجاوزت قيمة المؤشر 40% بمساحة 10.5 كم²، بنسبة 2.5% من إجمالي مساحة الحوض، وتمثلت في مجرى الوادي وسط الحوض والمناطق المرتفعة، وأخيرًا جاءت المناطق التي واجهت جفاف شديد جدًا حيث تقل قيمة المؤشر عن 10% بمساحة 4.5 كم²، بنسبة 1% من إجمالي مساحة الحوض بمصب الحوض.

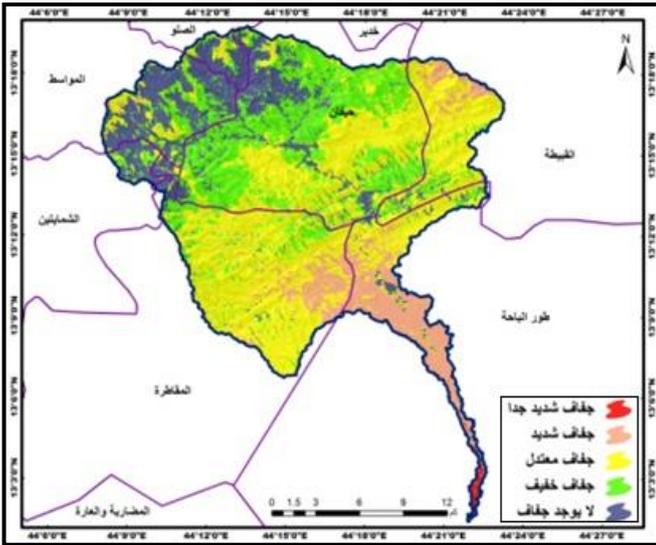
شكل (11) فئات الجفاف الزراعي حسب حالة النبات يونيو عام (2000)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرتبة (Landsat TM 5).

من جانب آخر يوضح شكل (12) تراجع حدة الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى عام 2019م مقارنة بعامي 1990م، و2000م، ومما يؤكد ذلك جدول (4) سيادة المنطقة التي اتسمت بجفاف معتدل بمساحة بلغت 166.4 كم²، بنسبة 40.4% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت المنطقة التي اتصفت بجفاف خفيف بمساحة 122.3 كم²، بنسبة 29.7% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (12) فئات الجفاف الزراعي حسب حالة النبات يونيو عام (2019م)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرتبة (Landsat OLI 8).

وجاءت المنطقة التي لم تعاني من الجفاف بمساحة 69.9 كم²، بنسبة 17% من إجمالي مساحة الحوض، وتلتها المنطقة التي عانت من جفاف شديد بمساحة 50.8 كم²، بنسبة 12.3% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت المنطقة التي واجهت جفاف شديد جداً عند مصب الحوض بمساحة 2.05 كم²، بنسبة 5% من إجمالي مساحة الحوض.

جدول (4): فئات مستويات الجفاف حسب مؤشر الحالة النباتية (VCI)

أكبر من 40%		30 - 40%		20 - 30%		10 - 20%		أقل من 10%		عتبة مؤشر (VCI)
%	لا يوجد جفاف	%	جفاف خفيف	%	جفاف معتدل	%	جفاف شديد	%	جفاف شديد جداً	المساحة كم ²
2.5	10.5	8.3	34	42.5	174.4	45.6	187.6	1	4.5	1990
1.5	6	2.7	11.2	16.4	67.5	72.2	297	7.2	29.7	2000
17	69.9	29.7	122.3	40.4	166.4	12.3	50.8	0.5	2.05	2019

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرتبات لاندسات للأعوام 1990م، 2000م، 2019م.

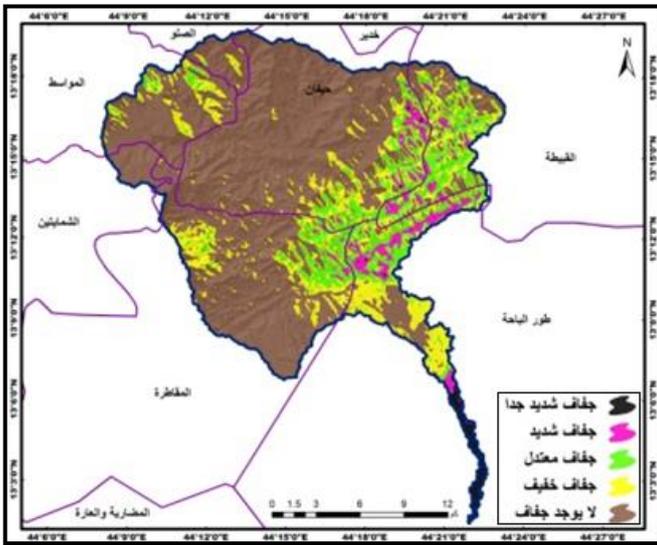
لا يوجد بها جفاف، -158% في مناطق الجفاف المعتدل، -203% في مناطق الجفاف الخفيف.

من جهة أخرى شهدت المناطق التي واجهت جفاف زراعي شديد جداً تدهور كبير في مساحتها عام 2019م مقارنة بعام 2000م حيث بلغت نسبة تغيرها -1348.8%، وتعرضت المناطق التي واجهت جفاف زراعي شديد هي الأخرى تراجع كبير بنسبة تغير -

وبيين شكل (13) أنماط مختلفة لتغير مساحة فئات الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى حيث شهدت المناطق التي عانى نباتها من جفاف شديد جداً بين عامي 1990م - 2000م زيادة بنسبة 84.8%، وتعرضت المنطقة التي واجهت جفاف زراعي شديد هي الأخرى لزيادة بنسبة 36.8%، وشهدت بقية مستويات الجفاف الزراعي في الحوض تراجع بنسب تراوحت بين -75% في المناطق التي

مساحة الحوض، وأعقبها مناطق الجفاف الشديد بمساحة 20.3 كم²، بنسبة 4.9% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت مناطق الجفاف الشديد جداً بمساحة بلغت 4.8 كم²، بنسبة 1.2% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (14) فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة الحرارية للنبات يونيو عام (1990م)

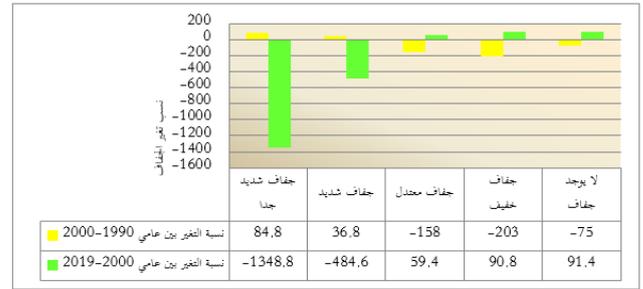


المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat TM 5).

وتركزت المناطق التي عانت من جفاف زراعي شديد وشديد جداً عام 2000م أدنى الحوض، وبصورة أوسع مما كان عليه الحال عام 1990م كما يوضح شكل (15)، وظهرت المناطق التي لم تواجه الجفاف في مناطق متفرقة في أعلى الحوض، وبمساحة أقل مما كانت عليه عام 1990م. ويتباين توزيع مستويات الجفاف الزراعي في الحوض، حيث غلب على الحوض سيطرة المناطق التي لم تعاني من الجفاف بمساحة بلغت 157.9 كم²، بنسبة 38.4% من إجمالي مساحة الحوض، ويليهما المناطق التي اتسمت بجفاف خفيف بمساحة بلغت 112.6 كم²، بنسبة 27.4% من إجمالي منطقة الدراسة، ومن ثم جاءت المناطق التي اتسمت بجفاف زراعي معتدل بمساحة 98.4 كم²، بنسبة 24% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها المناطق التي واجهت جفاف زراعي شديد بمساحة 37.9 كم²، بنسبة 9.2% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت المناطق التي عانت من جفاف

484.6%، وشهدت بقية مستويات الجفاف الزراعي في الحوض زيادة بنسب تغير مختلفة بلغت 59.4% بمناطق الجفاف المعتدل، 90.8% بمناطق الجفاف الخفيف، 91.4% بالمناطق التي لا يوجد بها جفاف زراعي.

شكل (13): تغير مستويات الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلي حسب حالة النبات



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول (4).

رابعاً) الحالة الحرارية للغطاء النباتي في حوض وادي المصلي:

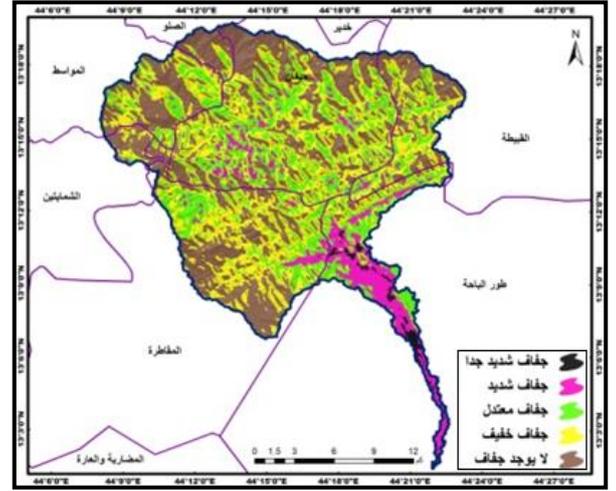
اقترح كوجان مؤشر الحالة الحرارية (TCI) عام 1997م، وتم تطويره ليعكس استجابة الغطاء النباتي لدرجة الحرارة، فارتفاع درجة الحرارة تشير إلى تطرف الجفاف، ويعتمد على درجة حرارة السطح، ويمثل انحراف القيمة الحالية لهذا الشهر عند الحد الأقصى المسجل، ويطبق هذا المؤشر لتقييم جفاف الغطاء النباتي في المناطق التي تكون فيها آثار الجفاف على المحاصيل الزراعية واضحة، ويستخدم لتحديد الضغط على الغطاء النباتي الناجم عن درجات الحرارة والرطوبة، وتقدر درجات الحرارة القصوى، والدنيا لتعكس مدى استجابة الغطاء النباتي لنباتين درجات الحرارة في أي منطقة.. (Chopra, 2006, p.13).

يوضح شكل (14) شدة الجفاف الزراعي عام 1990م في أدنى الحوض، وعكس ذلك تماماً في أعلى الحوض؛ ويرجع ذلك لنباتين عدة متغيرات مكانية أهمها تباين كمية الأمطار ودرجات الحرارة، وبذلك غلب على الحوض حسب مؤشر الحالة الحرارية سيادة المناطق التي لم تواجه الجفاف بمساحة 269.9 كم²، بنسبة 65.6% من إجمالي مساحة الحوض، يليها مناطق الجفاف الخفيف بمساحة 68.8 كم²، بنسبة 16.7% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم مناطق الجفاف المعتدل بمساحة بلغت 47.5 كم²، بنسبة 11.5% من إجمالي

شديد جداً بمساحة بلغت 4.3 كم²، بنسبة 1.04% من إجمالي مساحة الحوض.

جفاف زراعي خفيف بمساحة 114 كم²، بنسبة 27.7% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (15) فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة الحرارية للنبات يونيو عام (2000)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat TM 5).

من جانب آخر يبين شكل (16) تراجع محدود لحده الجفاف الزراعي عام 2019م مقارنة بعام 2000م؛ ومما يؤكد ذلك زيادة مساحة المنطقة التي اتصفت بعدم وجود جفاف بنحو 82.6 كم² عن عام 2000م، وبلغت مساحة هذه المنطقة 240.5 كم²، بنسبة 58.5% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها المنطقة التي ظهر عليها

جدول (5): فئات مستويات الجفاف حسب مؤشر الحالة الحرارية (TCI)

أقل من 10%		10 - 20%		20 - 30%		30 - 40%		أكثر من 40%		عتبة مؤشر (TCI) المساحة 2 كم
%	جفاف شديد جدا	%	جفاف معتدل	%	جفاف خفيف	%	لا يوجد جفاف	%		
1.2	4.8	4.9	47.5	11.5	68.8	16.7	269.9	65.6	1990	
1.04	4.3	9.2	98.6	24	112.6	27.4	157.9	38.4	2000	
1.7	7.04	3.2	36.5	8.9	114	27.7	240.5	58.5	2019	

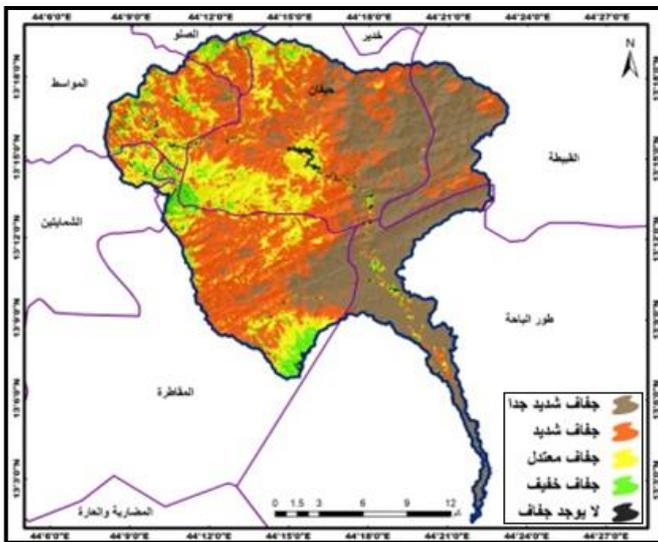
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات لاندسات للأعوام 1990م، 2000م، 2019م.

38.9% في المناطق التي اتصفت بخفة جفاف، ونحو 46.4% في مناطق شدة الجفاف، 81.8% في مناطق الجفاف المعتدل. من جهة أخرى شهدت المناطق التي واجهت جفاف زراعي شديد تدهور كبير في مساحتها بين عامي 2000م - 2019م حيث تغيرت بنسبة 185%، كما تعرضت المناطق التي اتسمت بجفاف زراعي معتدل تدهور هي الأخرى حيث بلغت نسبة تغيرها 170.1%،

ويبين شكل (17) تعدد أنماط تغير فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة الحرارية للنبات في حوض وادي المصلى حيث تدهورت مساحة المناطق التي عانى نباتها من جفاف شديد جدا بين عامي 1990م - 2000م بنسبة تغير 11.6%، وتعرضت المنطقة التي لم يعانى نباتها من جفاف زراعي شديد لتدهور هي الأخرى بنسبة 70.9%، وشهدت بقية مستويات جفاف الزراعة زيادة بنسب تراوحت بين

الحوض، يليها المنطقة التي عانت من جفاف شديد جدًا بمساحة بلغت 147 كم²، بنسبة 35.7% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ومن ثم جاءت المنطقة التي أتسمت بجفاف معتدل بمساحة بلغت 80.7 كم²، بنسبة 19.6% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها المنطقة التي اتصفت بجفاف خفيف بمساحة بلغت 23 كم²، بنسبة 2.9% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيرًا جاءت المناطق التي لم تعاني من مخاطر الجفاف بمساحة بلغت 4.5 كم²، بنسبة 1.08% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (18) فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة المئوية للنبات يونيو عام (1990م)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat TM 5).

وتبين نتائج استخلاص وتصنيف طبقة الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى شدة الجفاف عام 2000م مقارنة بعام 1999م، ومما يؤكد ذلك تراجع مساحة المناطق التي اتصفت بجفاف خفيف والعكس، ويوضح شكل (19) انخفاض رطوبة التربة وقدرتها على تزويد الغطاء النباتي بالمياه، في أدنى ووسط وجنوب شرق وجنوب غرب الحوض، وتدرج رطوبة التربة وقدرتها على تزويد الغطاء النباتي بالمياه بالارتفاع كلما اتجهنا نحو أعلى الحوض مع تزايد كمية الامطار وتراجع درجات الحرارة والتبخير، مما يعكس محدودية خطر جفاف التربة على المحاصيل الزراعية في هذه المناطق بالذات في المجرى الرئيس للوادي وسط الحوض.

وشهدت بقية مستويات الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى زيادة مساحة كل منها بنسب مختلفة بلغت 1.2% بمناطق الجفاف الخفيف، 34.3% بمناطق عدم تواجد الجفاف، 38.9% بمناطق شدة الجفاف الزراعي.

شكل (17): تغير مستويات الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى حسب

الحالة الحرارية للنبات



المصدر: الباحث بالاعتماد على جدول (5).

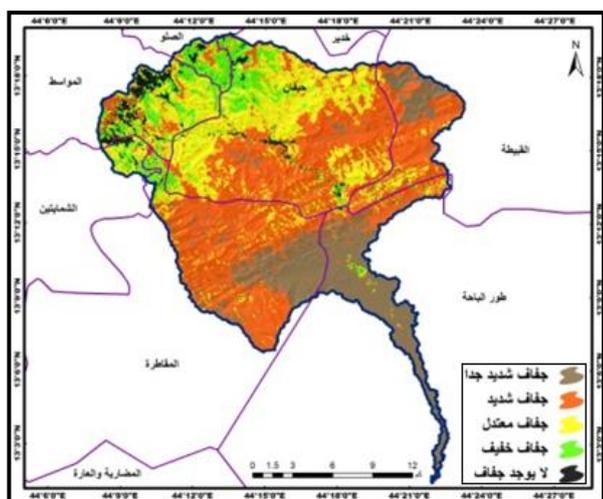
خامسًا) الحالة المئوية للغطاء النباتي في حوض وادي المصلى:

قام (Shafer & Disman) عام 1982 في استكمال مؤشر (Pleamar) لدراسة الرطوبة في ولاية كولوردا من خلال مؤشر تزويد النبات بالمياه السطحية (WSVI)، وهو أحد المؤشرات التي تم تطويرها بدمج طبقتي الاختلاف الخصري الطبيعي، ودرجة حرارة سطح الأرض للكشف عن ظروف الجفاف، وتشير القيمة الصغرى لهذا المؤشر لنقص إمداد الغطاء النباتي بالمياه، وزيادة حدة الجفاف، والقيمة الكبرى لإمداد الغطاء النباتي بالمياه، وقلة حدة الجفاف (Chopra, 2006, p.12).

تؤكد نتائج مؤشر تزويد النبات بالمياه في الحوض تبين توزيع حدة الجفاف الزراعي عام 1990م، ومما يؤكد ذلك شكل (18) انخفاض رطوبة التربة وقدرتها على تزويد الغطاء النباتي بالمياه، مما يبين شدة الجفاف الزراعي أدنى وشمال شرق وجنوب شرق الحوض، وترتفع رطوبة التربة ومقدرتها على تزويد الغطاء النباتي بالمياه تدريجيًا كلما اتجهنا نحو أعلى الحوض، مما يعكس تراجع حدة الجفاف، وخطورة على المحاصيل الزراعية في هذه المناطق بالذات في الجزء الأوسط من مجرى الوادي.

ويوضح شكل (18) كذلك تبين مستويات الجفاف في الحوض، حيث غلب على الحوض سيادة المنطقة التي تعاني من جفاف شديد بمساحة بلغت 156.2 كم²، بنسبة 38% من إجمالي مساحة

شكل (19) فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة المائية للنبات في يونيو عام (2000م)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat OLI 8).

وتلتها المنطقة التي واجهت جفاف شديد جداً بمساحة 85.4 كم²، بنسبة 20.8% من إجمالي مساحة الحوض، ومن ثم جاءت المنطقة التي اتصفت بجفاف خفيف بمساحة 44.7 كم²، بنسبة 10.9% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت المنطقة التي لم تعاني من الجفاف بمساحة 12.5 كم²، بنسبة 3% من إجمالي مساحة الحوض.

جدول (6): فئات مستويات الجفاف حسب مؤشر تزويد النبات بالمياه (WSVI)

أكبر من 4		3 - 4%		2 - 3%		1 - 2%		أقل من 1		عتبة مؤشر (WSVI)
النسبة	لا يوجد جفاف	النسبة	جفاف خفيف	النسبة	جفاف معتدل	النسبة	جفاف شديد	النسبة	جفاف شديد جدا	المساحة 2 كم
%	جفاف	%		%		%		%		
1.08	4.5	5.6	23	19.6	80.7	38	156.2	35.7	147	1990
0.7	2.9	3.3	13.6	13.4	55.04	43	177.3	39.5	162.6	2000
3	12.5	10.9	44.7	25.9	106.4	39.4	162.3	20.8	85.4	2019

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات لاندسات للأعوام 1990م، 2000م، 2019م.

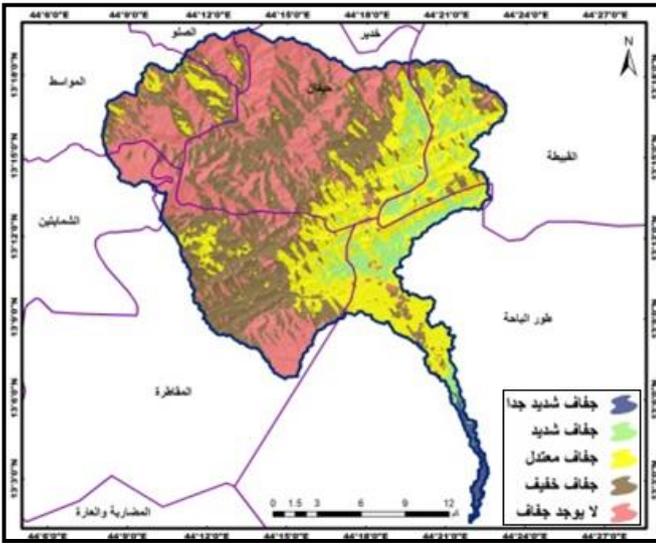
مستوى الجفاف الزراعي الشديد في الحوض زيادة بنسب تغير بلغت 11.9%، وبنسبة تغير بلغت 9.6% في مناطق الجفاف الشديد جداً. من جانب آخر شهدت مناطق الجفاف الزراعي الشديد جداً تراجع كبير في مساحتها عام 2019م مقارنة بعام 2000م بنسبة تغير بلغت 90.4%، كما تعرضت مناطق الجفاف الزراعي الشديد،

وتوضح نتائج جدول (6) سيطرة المنطقة التي عانت من جفاف شديد على أكثر من ربعي مساحة الحوض بمساحة بلغت 177.3 كم²، بنسبة 43% من إجمالي مساحة الحوض، يليها المنطقة التي واجهت جفاف زراعي شديد جداً بمساحة 162.6 كم²، بنسبة 39.5% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وجاءت بعدها المنطقة التي اتسمت بجفاف معتدل، بمساحة 55.04 كم²، بنسبة 13.38% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها المنطقة التي اتصفت بجفاف خفيف بمساحة 13.6 كم²، بنسبة 3.3% من إجمالي مساحة حوض وادي المصلي، وأخيراً جاءت المنطقة التي لم تعاني من جفاف زراعي بمساحة 2.9 كم²، بنسبة 0.7% من إجمالي مساحة الحوض.

ويظهر شكل (21) أنماط متعددة لتغير الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلي حسب المحتوى المائي للنبات حيث تدهورت مساحة المناطق التي اتصفت نباتها بجفاف خفيف بين عامي 1990م - 2000م بنسبة تغير 69.1%، وتعرضت المنطقة التي لم يعاني نباتها من جفاف زراعي لتدهور هي الأخرى بنسبة 55.2%، كما تدهورت منطقة الجفاف المعتدل بنسبة تغير بلغت 46.6%، وشهد

بجفاف معتدل بمساحة 103.9 كم²، بنسبة 25.3% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها المنطقة التي تعرضت لجفاف شديد بمساحة 34.1 كم²، بنسبة 8.3% من إجمالي مساحة الحوض، وتقع شمال شرق وجنوب شرق الحوض، وأخيراً جاءت المنطقة التي تعرض نباتها لجفاف شديد جداً بمساحة 3.4 كم²، بنسبة 0.8% من إجمالي مساحة حوض وادي المصلى.

شكل (22) فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة الصحية للنبات يونيو عام (1990م)

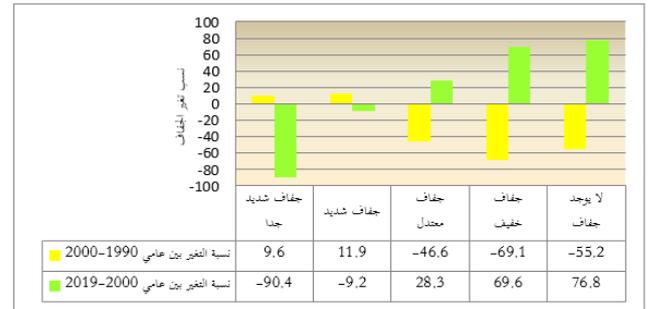


المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat TM 5).

في مقابل ذلك يوضح شكل (23) تباين وتفاقم حدة الجفاف الزراعي عام 2000م مقارنة بعام 1990م، ومما يؤكد ذلك تراجع مساحة المنطقة التي لم يتعرض نباتها للجفاف عام 2000م، واستحوذت المنطقة التي اتسمت بجفاف معتدل على غالبية الحوض بمساحة 200.8 كم²، بنسبة 48.8% من إجمالي مساحة الحوض، تلتها المنطقة التي اتصفت بجفاف خفيف بمساحة بلغت 96.6 كم²، بنسبة 23.5% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتقع مناطق الجفاف المعتدل، والخفيف في المناطق المرتفعة وسط وشمال الحوض، ومن ثم جاءت المنطقة التي عانت من جفاف شديد وسط وجنوب الحوض بمساحة 79.9 كم²، بنسبة 19.4% من إجمالي مساحة الحوض، وأعقبها المنطقة التي لم يعاني نباتها من جفاف زراعي بمساحة 29.5 كم²، بنسبة 7.2% من إجمالي مساحة الحوض، وتقع في

كذلك لتدهور إذ بلغت نسبة تغيرها -9.2%، وشهدت بقية مستويات الجفاف الزراعي في الحوض زيادة مساحة كل منها بنسب مختلفة بلغت 23.3% بمناطق الجفاف المعتدل، 69.6% بمناطق الجفاف الخفيف، 76.8% بالمناطق التي لم تعاني من جفاف زراعي. شكل (21): تغير مستويات الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى حسب

الحالة المئوية للنبات



المصدر: الباحث بالاعتماد على جدول (6).

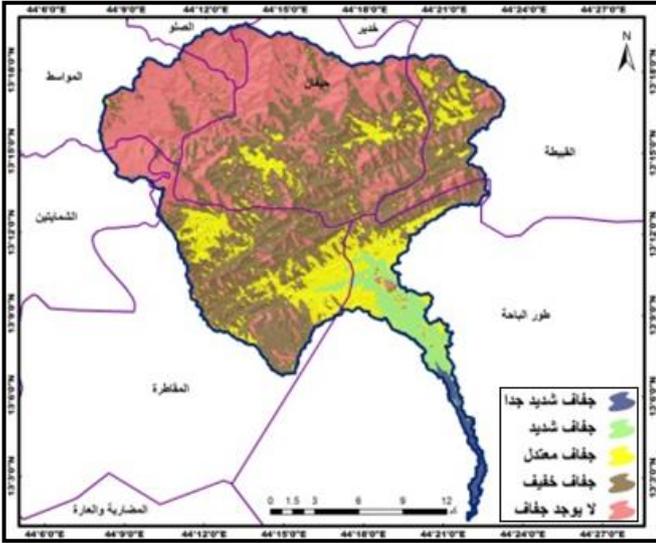
سادساً) الحالة الصحية للغطاء النباتي في حوض وادي المصلى:

يستخدم مؤشر الحالة الصحية للغطاء النباتي (VHI) في مراقبة وتحديد تغير الجفاف الزراعي المرتبط بالغطاء النباتي، ويعد واحدة من مؤشرات رصد وتحديد أثر الجفاف في الزراعة، وتصنيف ما يتعرض له النبات بسبب الجفاف. واقترح كوجان هذا المؤشر عام 1995م، وهو مزيج من مؤشري الحالة النباتية والحرارية، ويستخدم لرصد الجفاف والتنبؤ به من خلال حالة الغطاء النباتي، ويعكس التأثير المشترك لمؤشري الحالة النباتية والحرارية، واستخدم هذا المؤشر لتطبيقات مختلفة مثل مراقبة الجفاف وشدته، ومدته والإنذار المبكر بالجفاف (Karnieli, et al, 2006, p.2018).

ويبرز شكل (22) تباين مستويات الجفاف الزراعي حسب مؤشر صحة النبات في حوض وادي المصلى عام 1990م، حيث سيطرت على غالبية الحوض المنطقة التي اتصفت بجفاف خفيف بمساحة 150.1 كم²، بنسبة 36.5% من إجمالي مساحة الحوض، وتلتها المنطقة التي لم تعاني من الجفاف بمساحة 119.8 كم²، بنسبة 29.1% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر في المناطق المرتفعة وسط وشمال وجنوب غرب الحوض، ومن ثم جاءت المنطقة التي اتسمت

مساحة الحوض، وتلتها المنطقة التي لم تعاني من جفاف زراعي شمال ووسط الحوض بمساحة 150.3 كم²، بنسبة 36.5% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (24) فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة الصحية للنبات يونيو عام (2019م)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat OLI 8).

وأعقبها المنطقة التي أتسمت بجفاف معتدل جنوب ووسط وشمال شرق الحوض بمساحة بلغت 68 كم²، بنسبة 16.5% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ومن ثم جاءت المنطقة التي عانى نباتها من جفاف شديد جنوب الحوض بمساحة 18.5 كم²، بنسبة 4.5% من إجمالي مساحة الحوض، وأخيراً جاءت المنطقة التي واجهت جفاف شديد جداً في مخرج الحوض بمساحة بلغت 4.7 كم²، بنسبة 1.2% من إجمالي مساحة حوض وادي المصلى.

جدول (7): فئات مستويات الجفاف حسب مؤشر الحالة الصحية للنبات (VHI)

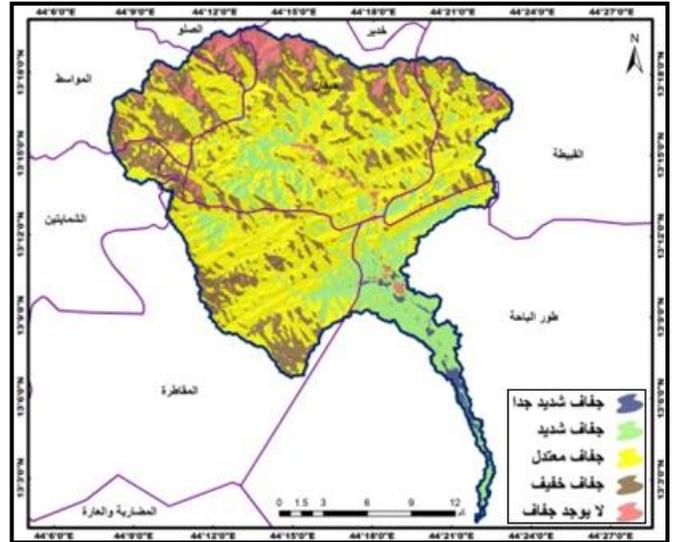
أكبر من 40%		30 - 40%		20 - 30%		10 - 20%		أقل من 10%		عتبة مؤشر (VHI)
النسبة	لا يوجد جفاف	النسبة	جفاف خفيف	النسبة	جفاف معتدل	النسبة	جفاف شديد	النسبة	جفاف شديد جداً	المساحة 2 كم
29.1	119.8	36.5	150.1	25.3	103.9	8.3	34.1	0.8	3.4	1990
7.2	29.5	23.5	96.6	48.8	200.8	19.4	79.9	1.1	4.6	2000
36.5	150.3	41.3	169.9	16.5	68	4.5	18.5	1.2	4.7	2019

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مرئيات لاندسات للأعوام 1990م، 2000م، 2019م.

زراعي بنسبة 306.1%، وشهدت بقية المستويات تغيرات إيجابية حيث زادت منطقة الجفاف الشديد زيادة بنسبة تغير 57.3%، ومنطقة الجفاف الزراعي المعتدل نسبة تغير 48.3%، ومنطقة الجفاف الشديد جدا تغير بنسبة 26.1%.

المناطق الأكثر ارتفاعاً شمال الحوض، وأخيراً جاءت المنطقة التي واجهت جفاف شديد جداً عند مخرج الحوض بمساحة 4.7 كم²، بنسبة 1.2% من إجمالي مساحة الحوض.

شكل (23) فئات الجفاف الزراعي حسب الحالة الصحية للنبات يونيو عام (2000م)



المصدر: الباحث باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاعتماد على مرئية (Landsat TM 5).

من ناحية أخرى يبين شكل (24) تراجع حدة الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى عام 2019م عما كان عليه الحال عام 2000م، وما يؤكد ذلك تراجع مساحة المنطقة التي عانت من شدة الجفاف، وزيادة مساحة المنطقة التي اتصفت بجفاف خفيف، واستحوذت المنطقة التي اتصفت نباتها بجفاف خفيف وسط وجنوب غرب وشمال شرق الحوض بمساحة بلغت 169.9 كم²، بنسبة 41.3% من إجمالي

يوضح شكل (25) تعدد أنماط تغير مستويات الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى حسب صحة النبات حيث تدهورت مساحة المناطق التي اتصفت نباتها بجفاف خفيف بين عامي 1990م - 2000م بنسبة تغير 55.8%، وتلك التي لم يعانى نباتها من جفاف

مستويات الجفاف الشديدة والشديدة جداً أدنى الحوض مخاطر عالية على زراعة المحاصيل الموسمية، وستقل المخاطر مع تراجع حدة ومستويات الجفاف أعلى ووسط الحوض.

- أثبتت نتائج المؤشرات الطيفية انخفاض رطوبة التربة وقدرتها على تزويد المحاصيل الزراعية بالمياه أدنى وشمال شرق وجنوب شرق الحوض، مما يعني مواجه الزراعة بهذه المناطق لمخاطر الجفاف، وترتفع رطوبة التربة ومقدرتها على تزويد النبات بالمياه كلما اتجهنا نحو أعلى الحوض، مما يعكس تراجع مستويات الجفاف ومخاطره على الزراعة الموسمية اعلى ووسط الحوض (المجرى الرئيس للوادي).

توصيات البحث:

- إنشاء وحدة مراقبة وإنذار مبكر للتنبؤ بالجفاف، وتدريب كوادر متخصصة على تقنيات، وتجارب الدول الأخرى في مجال الإنذار المبكر، لإنشاء قاعدة بيانات، وإتاحة مجال مراقبة الجفاف، والإنذار المبكر بمخاطره باستخدام بيانات الاستشعار عن بُعد، وتعزيز نظام المراقبة لتحليل الآثار المحتملة للجفاف على الأمن الغذائي والمحاصيل الزراعية في الحوض.

- جمع المعلومات بشكل مستمر عن الموارد والإمكانات المتاحة في الحوض بالذات الموارد المائية، وتغير مساحة الأراضي الزراعية للحيلولة دون وقوع الجفاف، ومواجهة الآثار على المناطق الأكثر عرضة لمخاطر الجفاف بالذات جنوب الحوض، ودمج هذه المعطيات مع السياسات المتعلقة بإدارة الجفاف في الحوض.

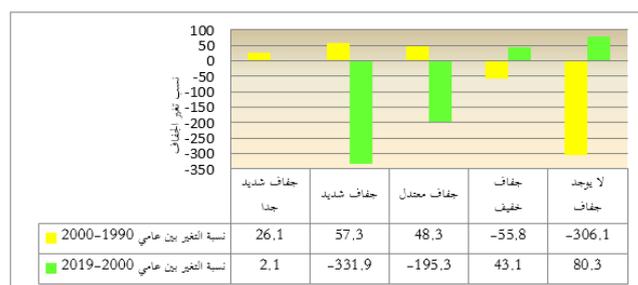
- إنتاج اطلس مناخي زراعي لرصد وتقييم الجفاف وأثاره على البيئة والمجتمع بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة كالمهئة العامة للأرصاد الجوية، ووزارة الزراعة، ومراكز نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد.

- عقد اللقاءات بشكل مستمر مع المجتمعات المحلية والجهات المسؤولة لحل النزاعات القائمة والمترتبة على نقص المياه والجفاف في الحوض.

- إعداد نماذج رياضية تمكن من التنبؤ بالجفاف وأثاره الكارثية على المحاصيل الزراعي، بما يتناسب مع طبيعة الحوض في ظل التقلبات الحاصلة في عناصر المناخ بين شهر، وآخر، وسنة وأخرى.

في المقابل شهدت مناطق الجفاف الزراعي الشديد تراجع كبير في مساحتها بين عامي 2000م-2019م وتغيرت بنسبة -331.9%، وتعرضت مناطق الجفاف الزراعي المعتدل ايضاً للتدهور بنسبة تغير -195.3%، وشهدت بقية مستويات الجفاف الزراعي زيادة مساحتها بنسب مختلفة بلغت 2.1% بمناطق الجفاف الشديد جداً، 43.1% بمناطق الجفاف الخفيف، 80.3% بالمناطق التي لم تعاني من الجفاف. شكل (25): تغير مستويات الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى حسب

الحالة الصحية للنبات



المصدر: الباحث بالاعتماد على جدول (7).

نتائج البحث:

- تباين توزيع متغيرات المناخ المؤثرة في مستويات الجفاف بين منطقة وأخرى في حوض وادي المصلى.

- ارتباط تباين مخاطر الجفاف الزراعي في الحوض بتباين توزيع متغيرات المناخ، حيث تشتد مخاطر الجفاف الزراعي في أدنى الحوض أينما تقل كمية الأمطار وترتفع درجات الحرارة ومعدلات التبخر، وتقل حدة الجفاف كلما اتجهنا نحو أعلى الحوض مع ازدياد كمية الأمطار وانخفاض درجات الحرارة والتبخر.

- يفتقر الجزء الأدنى من الحوض للغطاء النباتي الذي يزداد اخضراره وكثافته كلما اتجهنا نحو أعلى الحوض، مما يعكس الارتباط الطردي مع متغير كمية الامطار، والعكسي مع متغيري الحرارة والتبخر.

- أكدت نتائج جميع المؤشرات الطيفية تباين مستويات الجفاف الزراعي مكانياً، وقلة حدة الجفاف في حوض وادي المصلى عام 2019م، وشدة الجفاف عام 2000م، مقارنة بعامي 1990م، 2019م.

- توصلت نتائج البحث لتباين مستويات الجفاف الزراعي، وهذا يعني تباين درجات اخطاره على المحاصيل الزراعية، حيث سيرافق تركيز

7) Bhuiyan.C, Singh.R.P, Kogan.F.N: (2006), Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 8, Issue 4, PP. 289-302.

8) Choi.M, Jacobs.J.M, Anderson.M.C, Bosch.D.D:(2013), Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables, Journal of Hydrology, Journal of Hydrology, Vol, 476, pp. 265–273.

9) Chopra.P: (2006), drought risk assessment using remote sensing and gis a case study of Gujarat, thesis submitted to the interactional institute for Geo-information science and earth observation in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in geo-information science and earth observation in hazard risk analysis.

10) Dutta.D, Kundu.A, Patel.N.R, Saha.S.K, Siddiqui.A.R: (2015), Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI), The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 18, Issue 1, PP. 53-63.

11) Gaikwad.S.V, Kale.K.V. Kulkarni.S.B, Varpe.A.B, Pathare.G.N: (2015), Agricultural Drought Severity Assessment using Remotely Sensed, International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, Volume 4, Issue 1, pp. 1195-1203.

12) Ghaleb.F, Mario.M, Sandra.A.N: (2015), Regional landsat-based drought monitoring from 1982 - 2014, climate, Vol, 3, pp563-577.

13) Himanshu. S.K, Singh.G, Kharola.N: (2015), Monitoring of Drought using Satellite Data, International Research Journal of Earth Sciences, Vol, 3, pp 66-72.

14) <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

- التوعية بمخاطر الجفاف من خلال خلق بيئة مناسبة للبرامج التوعوية بمفاهيم ترشيد استخدام الموارد الطبيعية بشكلٍ عام، والموارد المائية بشكل خاص لمختلف شرائح المجتمع في الحوض.

المصادر:

1) Abuzar.M.K, Mahmood.S,A, Sawar.F, Saleem.A.R, Khubaib.N, Malik.A.H, Khalil.T, Shaista.S: (2017), Drought risk assessment using GIS and remote sensing: A case study of District Khushab, Pakistan, International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Greece.

2) Abuzar.M, Shafiq.M. Mahmood.S, Irfan.M: (2019), Drought Risk Assessment in the Khushab Region of Pakistan Using Satellite Remote Sensing and Geospatial Methods, Int. J. Econ. Environ. Geol. Vol. 10 (1), PP. 48-56.

3) AghaKouchak.A, Farahmand.A, Melton.F.S, Teixeira.J, Anderson.M.C: (2015), Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities, University of Nebraska - Lincoln, NASA Publications National Aeronautics and Space Administration, PP.452-480.

4) Alshaikh.A.Y: (2015), Space applications for drought assessment in Wadi-Dama (West Tabouk), KSA, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 18, Issue,1, PP.43-53.

5) Amin.M, Khan. A, Perveen.A, Rauf.Z, Hassan.S, Goheer.M, Ijaz.M: (2019), Drought Risk Assessment: A Case Study in Punjab, Pakistan, Sarhad Journal of Agriculture, Vol, 35, Iss, 1, pp.234-243.

6) Bhuiyan.C: (2008), desert vegetation during droughts: response and sensitivity, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol, 8, pp 907 - 912.

- 24) Thenkabail.P.S, Gamage.M.S.D.N, Smakhin.V.U: (2004), The Use of Remote Sensing Data for Drought Assessment and Monitoring in Southwest Asia, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- 25) Trisasongko, B.H, Panuju.D.R, Shiddiq.D, Iman.L.O.S, Sholihah.R.I, Kusdaryanto.S: (2015), Constraints of VSWI in the estimation of drought extent using Landsat data: A case of Tuban, Indonesia, *Procedia Environmental Sciences*, Vol, 24, pp. 25 – 28.
- 26) Sruthi.S, Aslam.M.A.M: (2015): Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District, *Aquatic Procedia*, Volume 4, PP. 1258-1264.
- 27) USGS, LANDSAT 8 DATA USERS HANDBOOK, June, 2015, p.61, 62.
- 28) Zeng.L, Shan.J, Xiang.D: (2014), Monitoring drought using multi-sensor remote sensing data in cropland of Gansu Province, *Earth and Environmental Science*, Vol, 17, pp.1-7.
- 15) <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>.
- 16) Jiao. W, Zhang. L, Chang.Q, Fu.D, Cen.y, Tong.Q: (2016), Evaluating an Enhanced Vegetation Condition Index (VCI) Based on VIUPD for Drought Monitoring in the Continental United States, *Remote Sens. Vol, 8*, p1-21.
- 17) Justice.C.O, Townshend.J.R.G, Holben.B.N, Tucker.C.J: (1985), Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data, *Journal International Journal of Remote Sensing*, Volume 6, Issue 8, PP1271- 1318.
- 18) Karnieli.A, Agam.N: (2006), Comments on the use of the Vegetation Health Index over Mongolia, *International Journal of Remote Sensing Vol. 27, No. 10, 20*, PP.2017- 2024.
- 19) Khosravi.H, Haydari.E, Shekoohizadegan.S, Zareie.S: (2017), Assessment the Effect of Drought on Vegetation in Desert Area using Landsat Data, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, Volume 20, Supplement, 1, PP.3-S12.
- 20) Kumar.S, Purushothaman.B.M: (2013), Assessment of Agricultural Drought in Uthangarai Taluk, Krishnagiri District Using Remote Sensing and GIS Techniques, *International Journal of Science and Research*, Value, 6, PP95-98.
- 21) Rhee.J, Im.J, Carbone.G.J: (2010): Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data, *Remote Sensing of Environment*, Volume 114, Issue 12, PP.2875-2887.
- 22) Rimkus.E, Stonevicius. E, Kilpys.J, Maciulyte. V, Valiukas. D: (2017) Drought identification in the eastern Baltic region using NDVI, *Earth Syst. Dynam*, Vol, 8, pp. 627–637.
- 23) Sholihah.R.I, Trisasongko.B.H, Shiddiq.D, Iman.L.O.S, Kusdaryanto.S, Panuju.D.R: (2016), Identification of Agricultural Drought Extent Based on Vegetation Health Indices of Landsat Data: Case of Subang and Karawang, Indonesia, *Procedia Environmental Sciences*, Vol, 33, pp.14-20.