

الكشف عن انماط الجفاف باستخدام الاستشعار عن بعد والقرائن
الطيفية في محافظة ذي قار للمدة (١٩٨٧-٢٠٢٠)

أ.م. د بلسم شاكر شنيشل
الباحث فراس فاضل لهمود
الجامعة العراقية / كلية الآداب



**Detection of drought patterns using remote sensing and
spectral clues in the province of Dhi Qar for the period
(1987-2020)**

Asst. Prof. Shaker Shanishel Balsam (Ph.D)
Researcher Firas Fadel Lahmoud
AL-Iraqia University/ College of Arts



المستخلص

زاد الاهتمام بمراقبة الجفاف مع تطور ادوات الرصد ، والتي لم تعد قاصرة على محطات الارصاد الجوية فقط وانما ظهرت اجهزة وبرامج للقياس مختلفة ، منها ميدانية ومنها محطات الرصد الفضائي المتوفرة على شبكة الانترنت والتي تمكن الباحث من رصد ومراقبة عناصر المناخ بشكل فردي متمثلة بتقانة (الاستشعار عن بعد) وما يتيح من مرنيات فضائية تمكننا من دراسة المتغيرات المناخية ومن ثم تطبيق القرانن الطيفية كمؤشرات ودلالات يمكن من خلالها التوصل والكشف عن مظاهر متعددة ومنها الجفاف، وجاءت هذه الدراسة للكشف عن انماط الجفاف في محافظة ذي قار، التي تقع جغرافيا في الجزء الجنوبي من العراق وفلكيا بين دائرتي ($30^{\circ}00'N$ - $32^{\circ}00'N$) شمالا وقوسي طول ($45^{\circ}00'E$ - $50^{\circ}00'E$) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد المتمثلة بمحطات الرصد الفضائي بواقع (6) محطات الى جانب محطة الانواء الارضية (الناصرية) ، وهدفت الدراسة الى تحليل لانماط الجفاف بدلالة المؤشرات والقرانن الطيفية ، وقد اعتمدت الدراسة على استعمال مؤشر الغطاء النباتي المحسن الثاني (EVI2) للكشف عن كثافة الغطاء النباتي وقد توصلت الدراسة على ان للقرانن الطيفية القدرة على ايجاد التباين في انماط الجفاف بشكل عالي ودقيق كونها لا تتعامل مع الجفاف المناخي فقط، بل تتغير قيمها وفق المعطيات المتغيرة على ارض الواقع سواء كانت متغيرات طبيعية ام بشرية الكلمات المفتاحية: (الاستشعار عن بعد، محطات الرصد الفضائي، القرانن الطيفية).

Abstract

The interest in monitoring drought has increased with the development of monitoring tools, which are no longer confined to meteorological stations only, but various measurement devices and programs have emerged, some of which are field and space-based monitoring stations are available on the Internet, which enables the researcher to monitor and control the climate elements individually represented by (remote sensing) technology. (after) and the available satellite visuals enable us to study climatic variables and then apply spectral clues as indicators and indications through which to reach and detect multiple manifestations, including drought, and this study came to reveal patterns of drought in the province of Dhi Qar, which is geographically located in the southern part of Iraq And astronomer between two circles ($30^{\circ}00'N$ - $32^{\circ}00'N$) north and arc Length ($45^{\circ}00'E$ - $50^{\circ}00'E$) using remote sensing techniques represented by judicial monitoring stations by 6 stations in addition to the earth-water station (Nasiriyah). The study aimed to analyze drought patterns in terms of spectral indicators and clues. The study relied on the use of the second improved vegetation cover index (EVI2) to detect the density of vegetation cover. The study concluded that the spectral evidence has the ability to find variation in drought patterns in a high and accurate way, as it does not deal with climatic drought only, but its values change according to the changing data on the land. Reality, whether natural or human variables

Keywords: (remote sensing, space monitoring stations, spectral clues).

المقدمة:

تعد دراسة الجفاف من احدى الظواهر المناخية ذات الاهمية البالغة لما لها من تأثيرات سلبية على المناطق التي تتعرض لها ومن الموضوعات التي جذبت اهتمام العديد من الباحثين والهيئات المحلية والاقليمية وذلك لكونه من الاخطار المهمة التي تهدد مستقبل الامن المائي والزراعي والغذائي.

ويعرف الجفاف بانه القحط الذي يصيب الارض لفترة زمنية طويلة او مؤقتة والسبب هو انحباس او قلة تساقط الامطار على منطقة معينة فضلاً عن ارتفاع درجات الحرارة وازدياد نسبة التبخر ، اذن هو محصل العلاقة بين الامطار والحرارة والتبخر .

وبما ان موقع العراق جعل مناخه يخضع تحت تأثيرات قارية وبحرية ومتعددة جعل مناخه معقد وشديد الحساسية للتغيرات في حالة المناخ على المدى الطويل لذلك فان المنطقة تتعرض الى موجات الجفاف خلال العقود الاخيرة .

وعليه فأن محافظة ذي قار منطقة مفتوحة تتأثر بالمنخفضات والمرتفعات الي يتعرض لها العراق الامر الذي جعلها تعاني من موجات جفاف وهي في حالة تزايد، وفي هذه الدراسة تم رصد الجفاف وقياس شدته بدلالة مؤشر بالمر ومؤشر الغطاء النباتي المحسن EVI2 لثلاث دورات مناخية صغرى للمدة من (١٩٨٧-١٩٨٨ / ١٩٩٧-١٩٩٨) ، (١٩٩٨-١٩٩٩ / ٢٠٠٨-٢٠٠٩) ، (٢٠٠٩-٢٠١٠ / ٢٠١٠-٢٠٢٠) .

مشكلة البحث:

تتمثل المشكلة الرئيسية بالتساؤل الآتي : (ما إمكانية توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحديد مظاهر الجفاف؟ وما مدى دقة القرائن الطيفية في حساب نسب ومساحات انماط الجفاف في منطقة الدراسة؟).

فرضية البحث:

تتضمن فرضية الدراسة الرئيسية بالآتي:

(بإمكان توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد طريق توفير بيانات إضافية تزيد من دقة التحليل لمظاهر الجفاف من خلال إمكانية إنشاء محطات فضائية افتراضية بجانب محطة الانواء الأرضية الناصرية وبدلالة المؤشرات والقرائن الطيفية التي لها دقة عالية في رصد الجفاف من خلال استخراج النسب والمساحات الجغرافية لمظاهر الجفاف خلال المواسم المطرية المختارة ضمن مدة الدراسة).

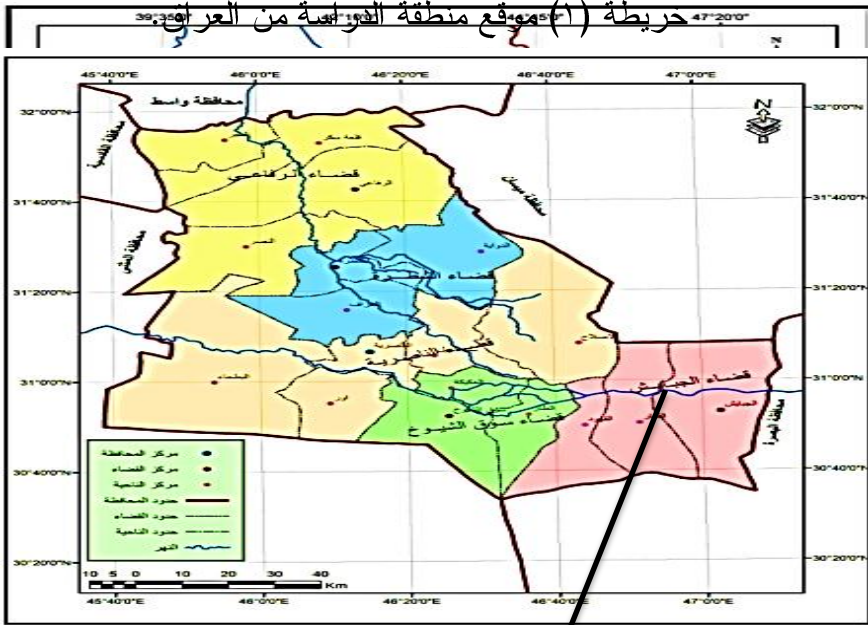
حدود منطقة الدراسة:

تتمثل منطقة الدراسة بالحدود المكانية المتمثلة بمحافظة ذي قار الواقعة في الجزء الجنوبي من العراق بين دائرتي عرض ($32^{\circ}00'0''N - 30^{\circ}50'0''N$) شمالاً وقوسي طول ($47^{\circ}00'0''E - 45^{\circ}50'0''E$) درجة شرقاً الخريطة (١).

تمثل محافظة واسط حدودها الشمالية ومحافظة ميسان حدودها الشرقية أما محافظتا المثنى والقادسية فيمثلان حدودها الغربية في حين تمثل محافظة البصرة وجزء من محافظة المثنى حدودها الجنوبية، تتكون المحافظة إدارياً من خمسة أفضية وخمس عشرة ناحية الخريطة (١) تبلغ مساحة المحافظة (12900) كم^٢

لتشكل نسبة قدرها (3.39%) من مجموع مساحة العراق البالغة (٤٣٨٠٥٢) كم^٢،^(١) الخريطة (١) .

اما الحدود الزمانية للدراسة تم اعتماد دورة مناخية كبرى التي تضمن (٣٣) موسم مطري من (١٩٨٧-١٩٨٨) الى (٢٠١٩-٢٠٢٠) والتي قسمت الى ثلاث دورات مناخية صغرى امتدت الدورة الاولى من (١٩٨٧-١٩٨٨) الى (١٩٩٧-١٩٩٨) و الثانية (١٩٩٨-١٩٩٩) الى (٢٠٠٨-٢٠٠٩) و الثالثة (٢٠٠٩-٢٠١٠) الى (٢٠١٩-٢٠٢٠) وبالاعتماد على بيانات محطة الانواء الارضية (الناصرية) والمحطات الفضائية الافتراضية التي تم تعيينها من خلال الموقع الالكتروني (<https://climate.northwestknowledge.net>) وبواقع (٦) محطات فضائية تغطي منطقة الدراسة وكما في خريطة (٢) وجدول (١).



الم

صدر: جمهورية العراق ، وزارة الموارد المائية ، الهيئة العامة للمساحة ، قسم انتاج الخرائط ، الوحدة الرقمية ، بغداد ، لسنة ٢٠٢١ ، مقياس : ١:٢٥٠٠٠٠.

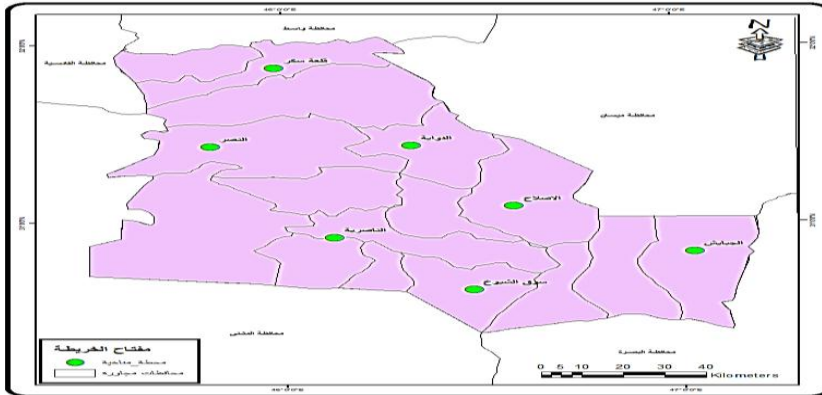
جدول (١) يبين مواقع الاحداثيات لنقاط بيانات الرصد القضائية ومحطة الناصرية الارضية.

الموقع Location	خط الطول Longitude	دائرة عرض Latitude
قلعة سكر	٤٦,٠٧	٣١,٨٥
الدواية	٤٦,٤٢	٣١,٤٩
البدور	٤٦,٠٠	٣١,٣٢
الاصلاح	٤٦,٥٩	٣١,١٧
الناصرية *	٤٦,١٤	٣١,١

٣٠,٩٤	٤٦,٩٤	الجبايش
٣٠,٨٩	٤٦,٤٥	سوق الشيوخ

المصدر: الاعتماد على الموقع الالكتروني (<https://climate.northwestknowledge.net>)

خريطة (٢) المحطات الفضائية والارضية المستخدمة في الدراسة.



المصدر: الاعتماد على جدول (١).

(١) الهيئة العامة للمساحة، خريطة ذي قار الادارية مقياس 1:250000، ٢٠١٦.

(٢) استخدام برنامج ARC MAP 10.7.1.

*محنة الناصرية للأنواء الجوية تقع على دائرة عرض (٣١,١) درجة شمالاً وخط طول (٤٦,١٤) شرقاً ، وترتفع (٩) م عن مستوى سطح البحر ، وتبتعد (١٠٥٢) كم عن البحر المتوسط ، و (١٠٨٠) كم عن البحر الاحمر ، و (٢٥٢) كم عن الخليج العربي ، وتحمل الرمز (٦٧٦) . (٢) جمهورية العراق ، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بغداد ، ٢٠١٨ ، (بيانات غير منشورة) .

هدف البحث:

تهدف الدراسة الحالية الى تحليل لأنماط الجفاف بدلالة المؤشرات الطيفية في

محافظة ذي قار ويتم تحقيقه ضمن عدة اهداف :

١- يهدف البحث الى توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة المتمثلة ب(الاستشعار

عن بعد) وتطبيق الادلة (القرائن الطيفية) لغرض الكشف عن مدى تعرض

منطقة الدراسة للجفاف مع تحديد انماطه من الموسم المطري (١٩٨٧-١٩٨٨) الى (٢٠١٩-٢٠٢٠).

٢- انشاء قاعدة بيانات جغرافية من خلال تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بيئة ال(GIS) من خلال تصميم وانتاج خرائط لأنماط الجفاف الرقمية (Digital) وتمثيل البيانات الخاصة بمنطقة الدراسة، وامكانية تحديثها باستمرار في حالة توفر معلومات حديثة سواء كانت مكانية او وصفية لمنطقة الدراسة.

١-١: مفهوم الجفاف:

يختلف مفهوم الجفاف حسب الاهتمامات العلمية كما هو الحال في المناخ والاقتصاد والمياه والزراعة لكن الذي يهمنا هو الجفاف المناخي ، والذي يعد محصلة العلاقة بين (الامطار والحرارة والتبخر) لذلك يمكن ان ندرج بعض التعاريف على انه:

انخفاض أو نقص كمية الامطار عن معدلها السنوي ^(٢) ، ويعرف ايضا على ان مدخلات الاقاليم من اشكال التساقط المختلفة اقل من مخرجاتها من التبخر والنتح ، اي يكون معدل هطول الامطار اقل من معدلات التبخر والنتح. ^(٣)

وقد عرفته منظمة اكساد (ACSAD) على انه ظاهرة طبيعية مؤقتة وغير دورية قد تستمر فترة دوامها لسنوات عديدة وبعض الاحيان تصل الى عقد من الزمن يكون فيها معدل الامطار دون القيمة الوسطية ، لذلك يمكن الجفاف ان يحدث في أي منطقة بغض النظر عن تصنيفها المناخي ^(٤).

٢-١: انواع الجفاف:

يمكن تشبيه الجفاف بالمرض الذي يصيب المناخ ، ولكل مرض درجات متفاوتة من حيث الشدة والنوع . فلا يمكن ان نشخص مرض ما من خلال مؤشر واحد وتجاهل باقي المؤشرات الاخرى ، او اعمام مؤشر واحد على جميع درجات وانواع ذلك المرض لان المحصلة ستكون غير دقيقة، ومن اكثر التصانيف شيوعا لانواع الجفاف هو ما جاء به ثورنثويت والذي اعتمد في تقسيمه للجفاف على ضوء متغيرين (الامطار والتبخر /النتح) اذ حدد ثورنثويت الجفاف على اربعة انواع وهي :

١- الجفاف الدائم (Permanent) :

يحدث هذا النوع من الجفاف نتيجة قلة الامطار وتذبذبها اذ تكون اقل بكثير من مقدار التبخر/النتح فهي تكون غير كافية للنشاط الزراعي ويتم الاعتماد على مياه الري من الانهار والبحيرات العذبة او المياه الجوفية .^(٥)

٢- الجفاف الفصلي (Seasonal) :

يتكون هذا الجفاف نتيجة عدم انتظام سقوط الامطار أو سقوطها في فصل وعدم سقوطها في فصل آخر ، فتقام الزراعة اعتمادا على الامطار خلال فصل سقوطها ويعوض على الري في الفصل الذي ينعدم او تقل فيه .^(٦)

٣- الجفاف الطارئ او (المفاجئ) : (Unexpected Drought) :

هذا النوع من الجفاف يحدث في المناطق الرطبة وشبه الرطبة ، وهو لا يمكن توقع حدوثه او التنبؤ به لذلك يعد من اخطر انواع الجفاف وذلك اما ان يحدث في بداية الموسم المطري ومن ثم يمتنع الفلاحين عن الزراعة خوفا من ان تكون سنة جافة .^(٧)

او لربما يرتبط حدوثه بشذوذ سلبي في معدلات الامطار او باقي المتغيرات الاخرى خلال موسم زراعة المحصول قد تستمر لشهر او اكثر مما يسبب خسائر كبيرة كون هذا النوع يمتاز بالتقلب والسرعة في متغيرات عناصره .

٤- الجفاف غير المنظور: (Invisible Drought) :

هذا النوع من الجفاف تقل فيه الرطوبة الجوية او رطوبة التربة عن حاجة النبات ، وعندما تنخفض نسبة الرطوبة اليومية او الشهرية عن الحد الذي يحتاج اليه النبات سيؤدي ذلك الى هلاك النبات او تقزمه او قلة كثافته وبالتالي حدوث الجفاف، ويقتصر حدوث هذا النوع في المناطق الرطبة ويكون على شكل موجات غير محدودة الزمن او الموقع .^(٨)

١-٣: اشكال الجفاف:

ان تنوع اشكال الجفاف مرتبط بالعوامل المسببة للجفاف سواء كانت تلك العوامل طبيعية او بشرية وعلى ضوء ذلك تقسم اشكال الجفاف الى قسمين رئيسيين وهما (الجفاف الطبيعي Natural Drought) و(الجفاف البشري Human Drought) وأشكال الجفاف الطبيعي مترابطة فيما بينها لكنها تبدأ بالجفاف المناخي مرورا بالجفاف الهيدرولوجي والجفاف الزراعي وتنتهي بالجفاف الاقتصادي والذي يهمننا في دراستنا هو الجفاف المناخي لصلته بموضوع الدراسة من ناحية ومن ناحية اخرى انه الاكثر تكرارا من حيث الاثر مقارنة بالأنواع الاخرى من الجفاف وذلك ان حدوث الأنواع الاخرى يرتبط بتوافر المياه السطحية والجوفية وبما ان انخفاض المياه السطحية والجوفية يرتبط بتناقص الامطار ويستغرق وقتا طويلا لربما (عدة اشهر) عند ذلك تظهر اثار كل من الجفاف الزراعي والهيدرولوجي والاقتصادي

بأثارهم المختلفة لذلك يعتبر الجفاف المناخي هو النوع الرئيسي وباقي الانواع
الآخري تابعة له.

١- الجفاف الطبيعي : ويقسم الى :

أ- الجفاف المناخي :

وهو الجفاف المتعلق بالأحوال الجوية مقارنة بمتوسط منطقة ما ومدة فترة
الجفاف ويحدث نتيجة ارتفاع درجات الحرارة اضافة الى المدى الحراري الكبير
مع انخفاض في كميات الامطار المتساقطة والتي تساعد على زيادة نسبة
التبخّر/النتح وهذا يؤدي الى تحول الاراضي الرطبة الى جافة أي حدوث عجز في
كمية التساقط مقارنة مع المعدل (٩)
وان من اهم شروطه هي الاستمرارية لمدة طويلة كالأشهر والسنوات يحدث فيها
نقص حقيقي في كميات الامطار .

ب- الجفاف الزراعي: يحدث كنتيجة لجفاف مناخي بفعل العجز الناجم عن
ارتفاع معدلات البخر/النتح على معدلات التساقط .

ت- الجفاف الهيدرولوجي: هو وضع ينخفض فيه منسوب المياه السطحية
والجوفية الى حد خطر نتيجة للعجز في التساقط .

ث- الجفاف الاقتصادي:- نقصا في موارد المياه لدرجة يتضرر معها
الاقتصاد القائم (١٠).

٢- الجفاف البشري :

ويعرف على انه الجفاف الذي يحدث نتيجة نشاطات الانسان سواء كانت داخلية متمثلة ب (سوء استخدام الموارد المائية من خلال الاسراف او هدر المياه في المجال الزراعي او الصناعي ضمن حدود الدولة نفسها) او نشاطات خارجية (كقيام الدول بإقامة السدود على منابع الانهار مثلما نشاهده خلال السنوات الاخيرة في كل من تركيا وايران بإقامة السدود على منابع كل من نهري دجلة والفرات مما يؤدي الى انخفاض مناسب الانهار في الدول الواقعة عند مصبات الانهار) ومنها العراق ومنطقة الدراسة التي تقع في جنوبه . ويعد (الجفاف البشري) لربما اخطر من (الجفاف الطبيعي) ، ويكمن ذلك الخطر في كون (الجفاف الطبيعي) يمكن ان ينتهي بقدوم سنوات رطبة اما (الجفاف البشري) فمن الصعب جدا ازالة المشاريع الأروائية والسدود المقامة في دول منابع الانهار فلا يوجد سبيل لمعالجته الا عن طريق الاتفاقيات الدولية التي تنظم تقاسم مياه الانهار بين تلك الدول المتشاطئة على الانهار والتي يرافقها الكثير من التنازلات عن حقوق الدول المتضررة من اجل الوصول لحل مشكلة الجفاف البشري .

١-٤: قياس الجفاف وتحديد سنوات الرطوبة في منطقة الدراسة :

اعتمدت الكثير من الدراسات السابقة على مجموع الامطار المتساقطة اساسا في تحديد انواع المناخ السائدة مثلما قام به العالم (بليير) وكان لا بد من ايجاد دلائل اكثر دقة فلا يمكن الاعتماد على الامطار وحدها في تحديد المناطق الجافة عن المناطق شبه الجافة او بين شبه الرطوبة والرطوبة لان فاعلية الامطار تتأثر بعدد من عناصر المناخ الاخرى كالحرارة والرطوبة النسبية لذا وضعت العديد من ادلة الجفاف لتكون اكثر دقة في اعتمادها على اكثر من عنصر مناخي مثل (الأمطار والحرارة)

ومثال على ذلك الدراسات التي جاء بها كل من (لانج ودي مارتون وكوين) ولكنها ايضا تعرضت لانتقادات كونها كانت بمعزل عن باقي المتغيرات الاخرى (كالتبخر والرطوبة) لذلك كان لابد من البحث عن دراسة تكون اكثر دقة وشمولية لأغلب عناصر المناخ وهو ما قام به الباحث من تطبيق مؤشر بالمر القياسي لشدة الجفاف PDSI على منطقة الدراسة وتحديد اصناف الجفاف وخصائص المواسم المطرية من خلاله.

١-٤-١: مؤشر بالمر القياسي لشدة الجفاف (PDSI):

يعد رقم بالمر من الارقام القياسية لقياس شدة الجفاف وهذه الارقام عبارة عن تمثيلات عديدة محوسبة لشدة الجفاف المقدر باستخدام مدخلات احوال جوية او مدخلات احوال حيوية هيدرولوجية ، وهي من الناحية الفنية مؤشرات ايضا وتستخدم تلك الارقام لتوفير تقييم كمي لشدة ظواهر الجفاف وموقعها وتوقيتها ومددها^(١١)، وهذا ما زاد من اهميتها فقد يكون توقيت حالات الجفاف ذو اهمية مماثلة لشدة حالة الجفاف في تحديد الاثار والنتائج ، فربما حالة جفاف قصيرة ومنخفضة الشدة نسبيا بين المواسم خلال فترة تأثر محصول رئيسي بالرطوبة تكون لها اثار اكثر تدميرا على غلة المحصول مقارنة بحالة جفاف اطول واشد حدة تحدث في وقت اقل اهمية خلال الدورة الزراعية.

وهذا الرقم القياسي يعمل على قياس الجفاف بناء على خوارزميات تم انشائها بواسطة عالم الارصاد الجوية (واين بالمر) والذي نشر اسلوبه اول مرة في عام ١٩٦٥، واعتمد في حساب شدة الجفاف على عدة عناصر رئيسية هي الامطار، درجات الحرارة، محتوى التربة من الرطوبة، التبخر/النتح الكامن محسوبا بطريقة ثورنثويت.^(١٢)

واثبت المؤشر فعاليته في تحديد فترة الجفاف على المدى الطويل وقد استخدم الارقام السالبة اشارة للمواسم الشديدة الجاف ومعتدلة الجفاف والارقام الموجبة اشارة للمواسم شبه الرطبة والرطوبة وفق قيم محددة وكما في جدول (٢)^(١٣)

جدول (٢) فئات الجفاف لرقم بالمر القياسي لشدة الجفاف (PDSI).

ت	صفة الموسم	نتائج المعادلة
١	رطوبة للغاية	+ ٤
٢	رطوبة جدا	+ ٣
٣	رطوبة غير عادية	+ ٢
٤	رطوبة	+ ١
٥	رطوبة خاطفة	+ ٠,٥
٦	بالقرب من المعدل الطبيعي	+ ٠,٠
٧	جفاف خاطف	-0.5
٨	جفاف خفيف	-1.0
٩	جفاف معتدل	-2.0
١٠	جفاف شديد	-3.0
١١	جفاف شديد جدا	-4

المصدر : The DROUGHT OF 1988 AND BEYND , Proceedings of a strategic Planning Seminar co-sponsored with the National Academy of Science and Resources for the Future October 18, 1988, Washington, D.C.,6pp.

ويتضح من خلال الجدول (٣) وخريطة (٣) ان هناك تباين زمانيا ومكانيا لمؤشر بالمر القياسي (PDSI) في محطات منطقة الدراسة اذ بلغ اعلى معدل لعتبة الجفاف خلال الموسم المطري (٢٠٠٩-٢٠١٠)، اذ بلغ نحو (-3.35) وكانت صفة الموسم (جاف شديد)، بينما سجل موسم (٢٠١٩-٢٠٢٠) اعلى معدل للرطوبة

نحو (3.61) وكانت صفة الموسم (رطوبة جدا)، كما سجلت محطة سوق الشيوخ أعلى معدل لعتبة الجفاف نحو (-1.01)، بينما سجلت محطة قلعة سكر ادنى معدل لعتبة الجفاف نحو (-0.19) خلال مدة الدراسة.

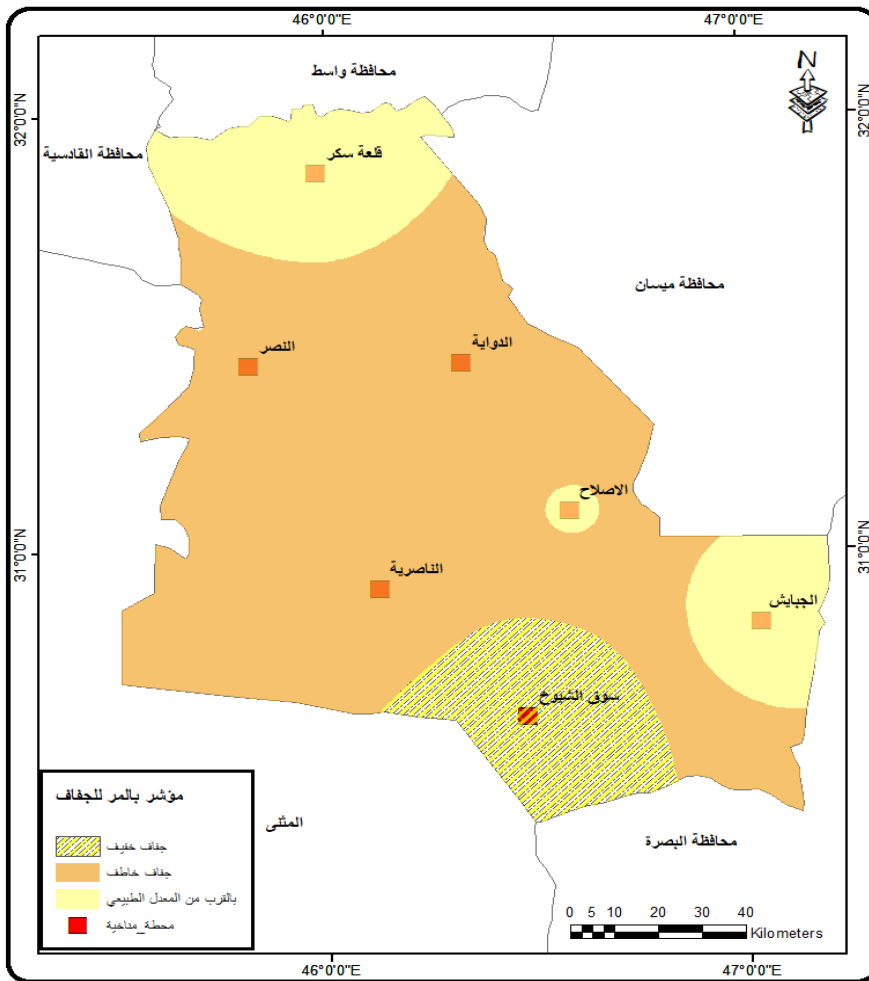
جدول (٣) تصنيف مؤشر بالمر القياسي للجفاف PDSI في منطقة الدراسة للمدة (١٩٨٧-١٩٨٨) - (٢٠١٩-٢٠٢٠).

ت	المواسم المطرية	قلعة سكر	الدواية	النصر	الاصلاح	الناصرية	الجبايش	سوق الشيوخ	المعدل	صفة الموسم
١	(1987-1988)	2.17	0.60	2.01	-0.59	-2.21	-2.24	-1.56	1.63	جفاف خفيف
٢	(1988-1989)	0.62	1.89	0.66	-2.08	-0.64	-0.74	-0.55	1.03	جفاف خفيف
٣	(1989-1990)	2.95	0.29	3.34	0.27	-3.14	-3.06	-4.35	2.41	جاف معتدل
٤	(1990-1991)	1.06	0.10	0.29	0.72	0.25	0.87	-0.70	0.37	اعتيادي
٥	(1991-1992)	0.91	1.45	1.39	1.26	0.97	0.86	1.56	1.20	رطب
٦	(1992-1993)	0.09	0.05	0.33	-3.29	-0.19	-0.08	-0.46	0.61	جفاف خاطف
٧	(1993-1994)	1.29	1.23	0.69	-1.22	0.74	1.12	-0.14	0.18	اعتيادي
٨	(1994-1995)	0.45	0.54	1.07	0.99	-1.11	-0.96	-1.97	0.57	جفاف خاطف
٩	(1995-1996)	2.47	1.93	1.98	2.30	2.00	2.18	1.39	2.03	رطوبة غير عادية
١٠	(1996-1997)	1.18	0.87	1.01	-0.84	1.25	1.33	-0.86	0.31	اعتيادي
١١	(1997-1998)	0.47	1.17	3.88	-0.59	-3.51	-3.13	0.77	1.38	جفاف خفيف
١٢	(1998-1999)	1.37	1.08	0.91	-0.96	1.28	1.48	-1.77	0.18	اعتيادي
١٣	(1999-2000)	0.93	2.34	1.00	-2.07	-1.01	-0.96	-0.79	1.30	جفاف خفيف
١٤	(2000-2001)	0.57	1.17	1.13	-0.95	-1.03	-0.70	-1.70	1.04	جفاف خفيف
١٥	(2001-2002)	1.29	0.63	1.19	0.91	-1.13	-1.20	-1.32	0.66	جفاف خاطف
١٦	(2002-	-	-	-	-0.86	-0.90	-0.67	-1.26	-	جفاف خاطف

	0.90					0.97	0.98	0.64	2003)	
اعتیادي	-	-1.45	-0.05	-0.37	0.16	-	-	0.13	(2003-2004)	١٧
	0.29					0.37	0.10			
اعتیادي	-	-0.74	0.55	-0.05	-0.28	-	-	0.79	(2004-2005)	١٨
	0.03					0.09	0.40			
رطوبة غير عادية	2.75	2.85	2.60	2.64	2.89	2.88	2.84	2.54	(2005-2006)	١٩
جفاف خفيف	-	-2.85	-1.44	-2.14	-1.02	-	-	-	(2006-2007)	٢٠
	1.71					2.23	0.98	1.34		
جاف معتدل	-	-3.80	-2.13	-2.38	-2.24	-	-	-	(2007-2008)	٢١
	2.62					2.68	2.79	2.29		
جاف معتدل	-	-3.07	-0.55	-0.89	-2.81	-	-	-	(2008-2009)	٢٢
	2.44					2.79	3.97	2.98		
جاف شديد	-	-3.63	-3.21	-3.23	-3.19	-	-	-	(2009-2010)	٢٣
	3.35					3.64	3.45	3.14		
جاف معتدل	-	-4.76	-2.78	-2.73	1.26	-	-	-	(2010-2011)	٢٤
	2.24					0.87	2.90	2.88		
اعتیادي	-	-0.19	0.51	0.07	-0.12	0.00	-	1.02	(2011-2012)	٢٥
	0.35						3.77			
جفاف خفيف	-	-2.03	-1.13	-0.99	-1.17	-	-	-	(2012-2013)	٢٦
	1.48					2.15	1.69	1.20		
اعتیادي	-	-1.61	1.21	0.86	-3.38	1.11	-	1.48	(2013-2014)	٢٧
	0.18						0.92			
جفاف خفيف	-	-1.65	-0.93	-0.89	-3.31	-	-	-	(2014-2015)	٢٨
	1.84					1.08	3.83	1.17		
اعتیادي	-	-1.13	-0.66	-0.69	1.23	-	0.47	-	(2015-2016)	٢٩
	0.29					0.62		0.61		
جاف شديد	-	-5.08	-3.03	-3.27	-2.28	-	-	-	(2016-2017)	٣٠
	3.33					3.13	3.11	3.40		
رطوبة غير عادية	2.75	2.64	2.64	2.85	2.88	2.89	2.55	2.84	(2017-2018)	٣١
رطوبة غير عادية	2.86	3.05	3.14	2.81	3.53	3.01	2.52	1.93	(2018-2019)	٣٢
رطوبة جدا	3.61	3.76	3.28	3.28	3.68	3.56	4.03	3.66	(2019-2020)	٣٣
		-1.01	-0.24	-0.41	-0.34	-	-	-	المعدل	
						0.47	0.61	0.19		

المصدر: الاعتماد على الموقع الإلكتروني (<https://climate.northwestknowledge.net>)

خريطة (٣) مؤشر بالمر القياسي للجفاف في منطقة الدراسة.



المصدر: الاعتماد على جدول (٣) وباستخدام برنامج ARC MAP.

١-٥ : تحديد المواسم المطرية عن طريق مؤشر بالمر القياسي PDSI:

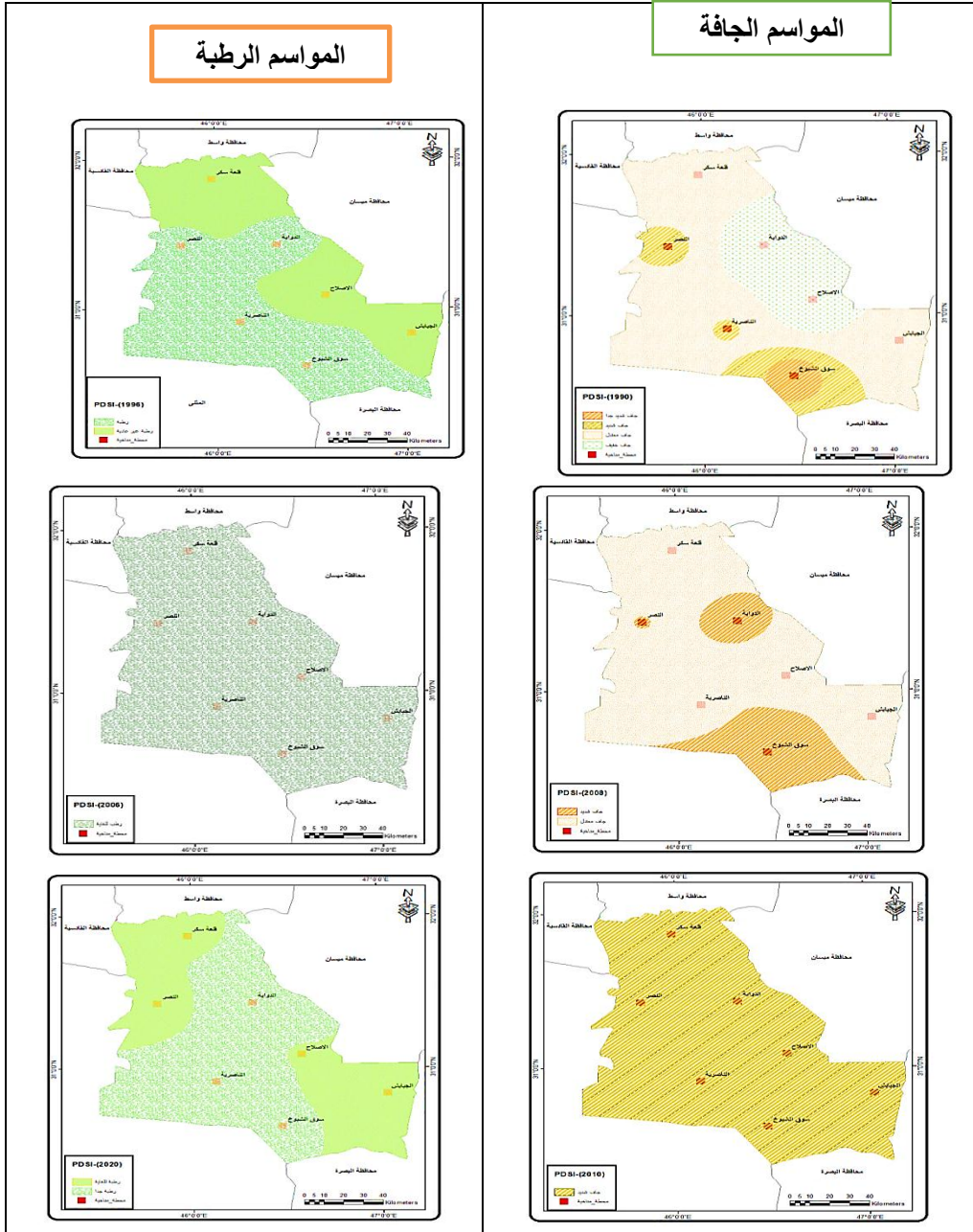
من اجل تحديد طبيعة المواسم المطرية في منطقة الدراسة تم تقسيم المواسم المطرية الى (مواسم معتدلة الجفاف وشديدة الجفاف ورطبة) ولكل دورة مناخية (١١) موسم من أجل تحديد المواسم الاكثر جفافا والاكثر رطوبة ومن ثم الاعتماد عليها في تحديد المرئيات التي ستستخدم لاحقا في تحديد الجفاف من خلال (القرائن الطيفية). ويتبين من جدول (٤) والخريطة(٤) ان هنالك تباين زمانيا ومكانيا للمواسم الجافة والرطوبة خلال الدورات المناخية ، ففي الدورة المناخية الاولى (١٩٨٧-١٩٩٨) سجل الموسم المطري (١٩٨٩-١٩٩٠) اعلى درجة للجفاف نحو (-2.41) وكان صفة الموسم فيه (جاف معتدل)، كما سجل الموسم المطري (١٩٩٥-١٩٩٦) اعلى درجة للرطوبة اذ بلغ نحو (٢,٠٣) وكانت صفة الموسم فيه (رطوبة غير عادية)وسجلت محطة (سوق الشيوخ) اعلى معدل للجفاف خلال هذه الدورة نحو (-0.62) بينما سجلت محطة (قلعة سكر) ادنى معدل للجفاف نحو (٠,٠٣) . واما خلال الدورة المناخية الثانية (١٩٩٨-٢٠٠٩) سجل الموسم المطري (٢٠٠٧-٢٠٠٨) اعلى معدل للجفاف نحو (-2.62) وكان صفة الموسم (جفاف معتدل)، بينما سجل الموسم المطري (٢٠٠٥-٢٠٠٦) ادنى معدل للجفاف بلغ نحو (2.75) وكانت صفة الموسم (رطوبة خاطفة) وسجلت محطة (سوق الشيوخ) اعلى معدل خلال هذه الدورة بلغ نحو (-1.45) وادنى معدل في محطة (الجبايش) نحو (-0.28). وخلال الدورة المناخية الثالثة (٢٠٠٩-٢٠٢٠) سجل الموسم المطري (٢٠٠٩-٢٠١٠) اعلى درجة للجفاف نحو (-3.35) وكانت صفة الموسم (جاف شديد)، بينما سجل الموسم المطري (٢٠١٩-٢٠٢٠) ادنى درجة للجفاف نحو (٣,٦١) وكانت صفة الموسم (رطوبة جدا)، وسجلت محطة

(سوق الشيوخ) اعلى معدل خلال هذه الدورة نحو (-0.97) وادنى معدل في محطة (النصر والاصلاح) نحو (-0.8) لكل منهم.

جدول (٤) الدورات المناخية لمؤشر بالمر القياسي لشدة الجفاف PDSI للمدة (١٩٨٧-٢٠٢٠).

ت	الموسم المطري	قلعة سكر	الدواية	البدور	الاصلاح	الناصرية	الجبايش	سوق الشيوخ	المعدل السنوي	صفة الموسم
1	(١٩٩٠-١٩٨٩)	2.95	0.29	-	3.34	-	-3.14	-3.06	-2.41	جاف معتدل
2	(١٩٩٦-١٩٩٥)	2.47	1.93	1.98	2.30	2.00	2.18	1.39	2.03	رطبة غير عادية
الدورة المناخية الاولى (١٩٩٨-١٩٨٧)										
٣	(٢٠٠٨-٢٠٠٧)	2.29	2.79	-	2.68	-	-2.38	-2.13	-2.62	جاف معتدل
٤	(٢٠٠٦-٢٠٠٥)	2.54	2.84	2.88	2.89	2.64	2.60	2.85	2.75	رطبة غير عادية
الدورة المناخية الثانية (٢٠٠٩-١٩٩٨)										
٥	(٢٠١٠-٢٠٠٩)	3.14	3.45	-	3.62	-	-3.23	-3.21	-3.35	جاف شديد
٦	(٢٠٢٠-٢٠١٩)	3.66	4.03	3.56	3.68	3.28	3.28	3.76	3.61	رطبة جدا
الدورة المناخية الثالثة (٢٠٢٠-٢٠٠٩)										

المصدر: الاعتماد على جدول (٢) و جدول (٣) .



المصدر: الاعتماد على جدول (٤).

٦-١: تحليل الجفاف الموسمي بدلالة مؤشر الغطاء النباتي المحسن EVI2 للكشف عن انماط الجفاف:

تعتبر القرائن الطيفية اسلوبا فاعلا لمراقبة الجفاف مبنية على مبدأ تفاعل الاشعة مع الاجسام (الهدف)، وتستعمل للكشف عن المتغيرات الدقيقة، مثل التغير في الغطاء النباتي الذي يعد انعكاسا لباقي المتغيرات الاخرى، وقد برزت في القرن العشرين لتقصي الاجهاد النباتي وجفافه، وهي عبارة عن تحويل للقيم الانعكاسية واعداد توزيعها عن طريق معادلات رياضية ذات ابعاد متعددة.^(١٤) ومن أجل تحليل مظاهر الجفاف خلال الدورات المناخية وللموسم الجاف وللموسم الرطب تم الاعتماد على المرئيات التي تم اختيارها من خلال تحديد المواسم المختارة وفق مؤشر بالمر القياسي (PDSI) لشدة الجفاف مع الاعتماد على معادلة (التغير النسبي) من اجل استخراج التغيرات لكل مؤشر خلال كل دورة مناخية، وبالصيغة الاتية:

$$\text{التغير النسبي} = \frac{\text{القيمة اللاحقة} - \text{القيمة السابقة}}{\text{القيمة السابقة}} \times 100. (١٥)$$

وتم الاعتماد على تاريخ شهر(نيسان) كونه يمثل انسب تاريخ من حيث الاثر لمحصول انماط الجفاف للمواسم المطرية(الجافة والرطبة) وبمعدل (ثلاث) صور لكل موسم لتغطية منطقة الدراسة بشكل كامل، جدول (٥).

جدول (٥) المرئيات التي اعتمدت عليها الدراسة خلال الدورات المناخية للمدة (١٩٨٧-١٩٨٨) – (٢٠١٩-٢٠٢٠).

المواسم الرطبة				المواسم الجافة			
القمر	المسار	تاريخ المرئية	الموسم المطري	القمر	المسار	تاريخ المرئية	الموسم المطري
Land 5	٣٨	(٤/١٧)	نيسان/١٩٩٦	Land 5	٣٩	(٤/٨)	نيسان/١٩٩٠
	٣٩	(٤/١٧)			٣٩	(٤/١٥)	
	٣٩	(٤/٢٦)			٣٨	(٤/١٥)	
Land 7	٣٨	(٤/٩)	نيسان/٢٠٠٨	Land 7	٣٩	(٤/١)	نيسان/٢٠٠٨
	٣٩	(٤/٢٤)			٣٨	(٤/٢٤)	
	٣٩	(٤/٢٤)			٣٩	(٤/٢٤)	
Land	٣٩	(٤/١٠)	نيسان/٢٠٢٠	Land 7	٣٨	(٤/٣)	نيسان/٢٠١٠
	٣٨	(٤/١٧)			٣٨	(٤/١٤)	
	٣٨	(٤/١٧)			٣٩	(٤/١٤)	

المصدر: بالاعتماد على موقع هيئة المسح الجيولوجي الامريكي
(<https://earthexplorer.usgs.gov>).

ومن بين المؤشرات التي اعتمدت عليها الدراسة هي:

١-٧: مؤشر الغطاء النباتي المحسن (EVI2):

(Enhanced Vegetation_Index2).

وهو احدى المؤشرات المعدلة عن عدد من المؤشرات النباتية وضعه (Zhangyan)، واعتمد بعدما أثبت الباحثون قدرة المؤشر على استخلاص الغطاء النباتي ويشير الى كثافته بدرجاته المتنوعة، وقد اعتمدت الدراسة على هذا المؤشر كونه من اقوى المؤشرات الخاصة بالتغطية النباتية، قياسا مع باقي المؤشرات الخاصة بالغطاء النباتي (NDVI, SAVI, RVI) من حيث قيم الارتباط مع المؤشرات الاخرى.

ويتم احتسابه من خلال المعادلة الاتية: (١٦)

$$EVI2 = 2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 2.4 * RED + 1)$$

حيث ان:

$EVI2$ = مؤشر معامل اختلاف الغطاء النباتي المحسن.

NIR = انعكاس عالي يقع ضمن نطاق الخاص بالأشعة تحت الحمراء.

RED = انعكاس منخفض يقع ضمن نطاق الأشعة الحمراء من الطيف.

وفي حالة بيانات القمر الصناعي (Land 5,7) يتم استخدام (B3) ويشير الى الجزء الخاص بالطيف الاحمر (RED) بينما (B4) يشير الى الجزء الخاص بالطيف القريب من الاشعة تحت الحمراء (NIR)، اما خلال بيانات القمر الصناعي (Land 8) يتم استخدام (B4) ويشير الى (RED) و (B5) يشير الى (NIR).

وتكون قيم مؤشر ($EVI2$) بين (-1 و +1) وتشير القيم الموجبة الى وجود غطاء نباتي كثيف، بينما القيم السالبة الى ضعف او عدم وجود الغطاء النباتي وتشمل القيم السالبة المناطق الواقعة ضمن الاراضي الجرداء والمستقرات البشرية والمسطحات المائية.

ويعد الغطاء النباتي من الدلائل والمؤشرات الواضحة التي تدل على ظاهرة الجفاف كونه يعد انعكاسا للأمطار، اذ تزداد مساحته في السنوات الرطبة نتيجة وفرة الامطار وتنقلص مساحته خلال السنوات الجافة، وبسبب تعدد اصناف الغطاء الارضي الموجود في منطقة الدراسة من غطاء مائي الى غطاء ملحي وباقي التصانيف الاخرى، ارتأى الباحث الى تصنيف الغطاء النباتي الى (اربعة اصناف) وذلك وفق علاقة ما بين هذا المؤشر وباقي المؤشرات الاخرى، اذ يشير صنف (قليل جدا) للعلاقة ما بين الغطاء النباتي ووصف التملح والتعرية العالية، وصنف

(قليل) للعلاقة ما بين الغطاء النباتي و صنف التملح والتعرية المتوسطة، و صنف (متوسط) و(كثيف) للعلاقة ما بين الغطاء النباتي و صنف الغطاء المائي (قليل و عالية الرطوبة)، وتم الاعتماد على اعلى وادنى قيمة للمؤشر اضافة الى القيمة الانعكاسية لكل صنف كما موضح في جدول (٦).

جدول (٦) القيم الانعكاسية لاصناف مؤشر الغطاء النباتي المحسن (EVI2)

القيمة الانعكاسية	الصنف
(-0.28)-(0.14)	قليل جدا
(0.14)-(0.05)	قليل
(0.05)-(0.09)	متوسط
فاكثر 0.09	كثيف

المصدر: بالاعتماد على برنامج ARC MIP في استخراج القيم الانعكاسية.

١-٧-١: التحليل الموسمي لمؤشر EVI2 في منطقة الدراسة (الموسم الجاف):
ويتضح من خلال الجدول (٧) والخريطة (٥) ان هنالك تباين في مساحة اصناف الغطاء النبات خلال الدورات المناخية، وكانت اعلى نسبة للتغير خلال الدورة المناخية الثالثة للموسم الجاف (٢٠١٠/٤)، اذ بلغ نسبة التغير في صنف الغطاء النباتي (قليل جدا) نحو(7%) عما كان عليه في الموسم الجاف (١٩٩٠/٤) خلال الدورة الاولى ونحو(18%) عما كان عليه في الموسم الجاف (٢٠٠٨/٤) خلال الدورة الثانية، بينما سجل صنف (كثيف) نسبة تغير نحو(27%-) عما كان عليه خلال الدورة الاولى و(25%-) عما كان عليه خلال الدورة المناخية الثانية ، وهذه يعود الى طبيعة الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة التي تمتاز بارتفاع قيم

(الاشعاع الشمسي الكلي، معدل درجة الحرارة العظمى والصغرى، التبخر) مع انخفاض في قيم (الامطار) خلال الدورة المناخية الثالثة مقارنة مع باقي الدورات الأخرى.

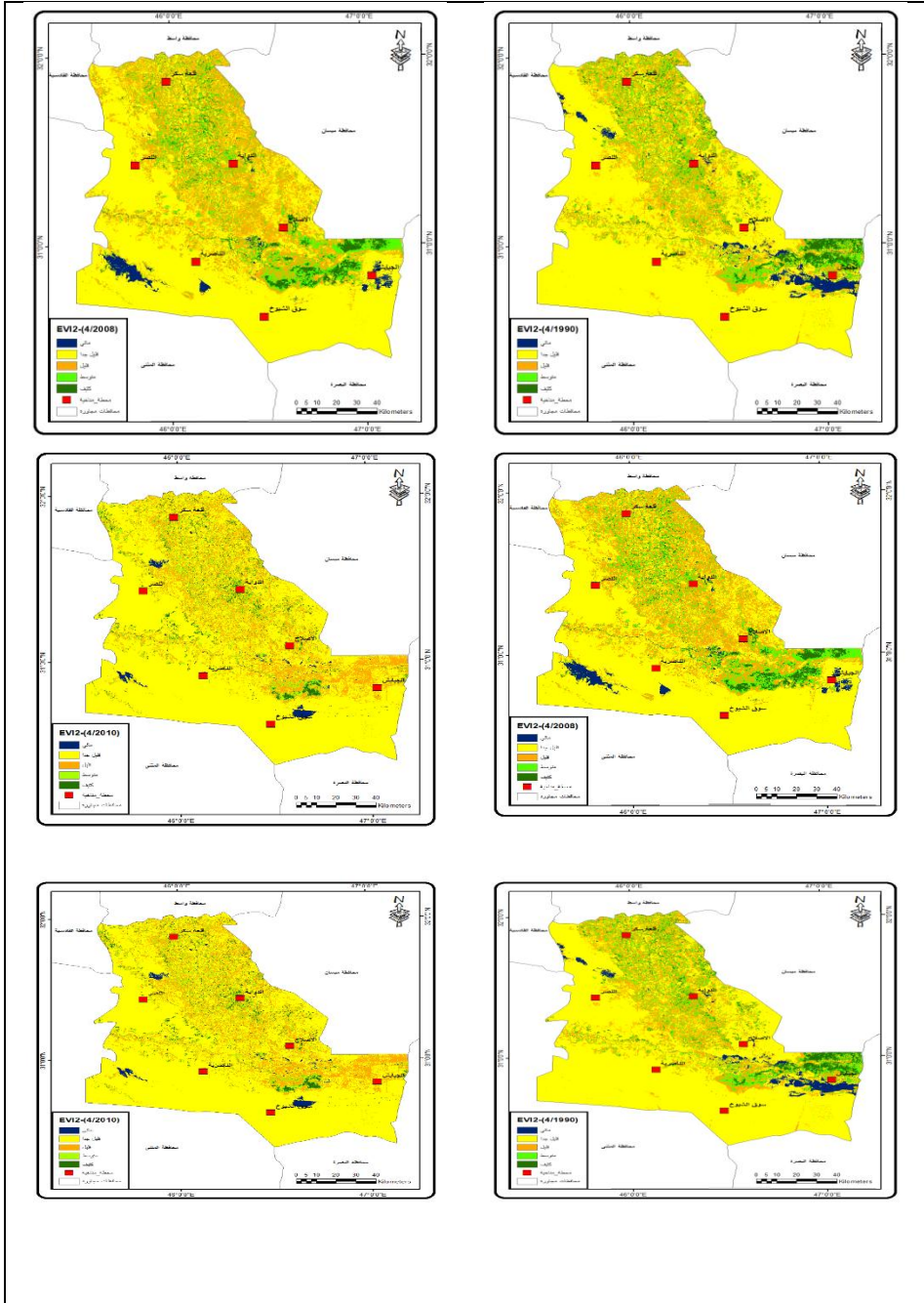
جدول (٧) نسبة التغير لمؤشر الغطاء النباتي المحسن EVI2 خلال الدورات المناخية للمواسم الجافة في منطقة الدراسة.

نسبة التغير (%)			الدورة الثالثة	الدورة الثانية	الدورة الاولى	الدورة المناخية
نسبة التغير	نسبة التغير	نسبة التغير	٢٠١٠/٤	٢٠٠٨/٤	١٩٩٠/٤	الموسم المطري
-١٩٩٠	-٢٠٠٨	-١٩٩٠				صنف الغطاء النباتي
٢٠١٠	٢٠١٠	٢٠٠٨	مساحة (كم ^٢)	مساحة (كم ^٢)	مساحة (كم ^٢)	
-58%	-41%	-30%	135.36	228.97	324.92	مائي
7%	18%	-9%	9103.79	7697.77	8501.43	قليل جدا
1%	-26%	35%	2387.95	3210.52	2373.65	قليل
-25%	-29%	6%	963.99	1351.66	1278.54	متوسط
-27%	-25%	-2%	308.91	411.08	421.47	كثيف

المصدر : بالاعتماد على استخراج المساحات باستخدام ARC.MAP ومعادلة التغير النسبي

خريطة (٥) نسبة التغير لمؤشر EVI2 خلال الدورات المناخية للمواسم الجافة في منطقة

الدراسة.



المصدر: بالاعتماد على جدول (٧) وباستخدام برنامج ARC MAP.

٢-٧-١: التحليل الموسمي لمؤشر EVI2 في منطقة الدراسة (الموسم الرطب):

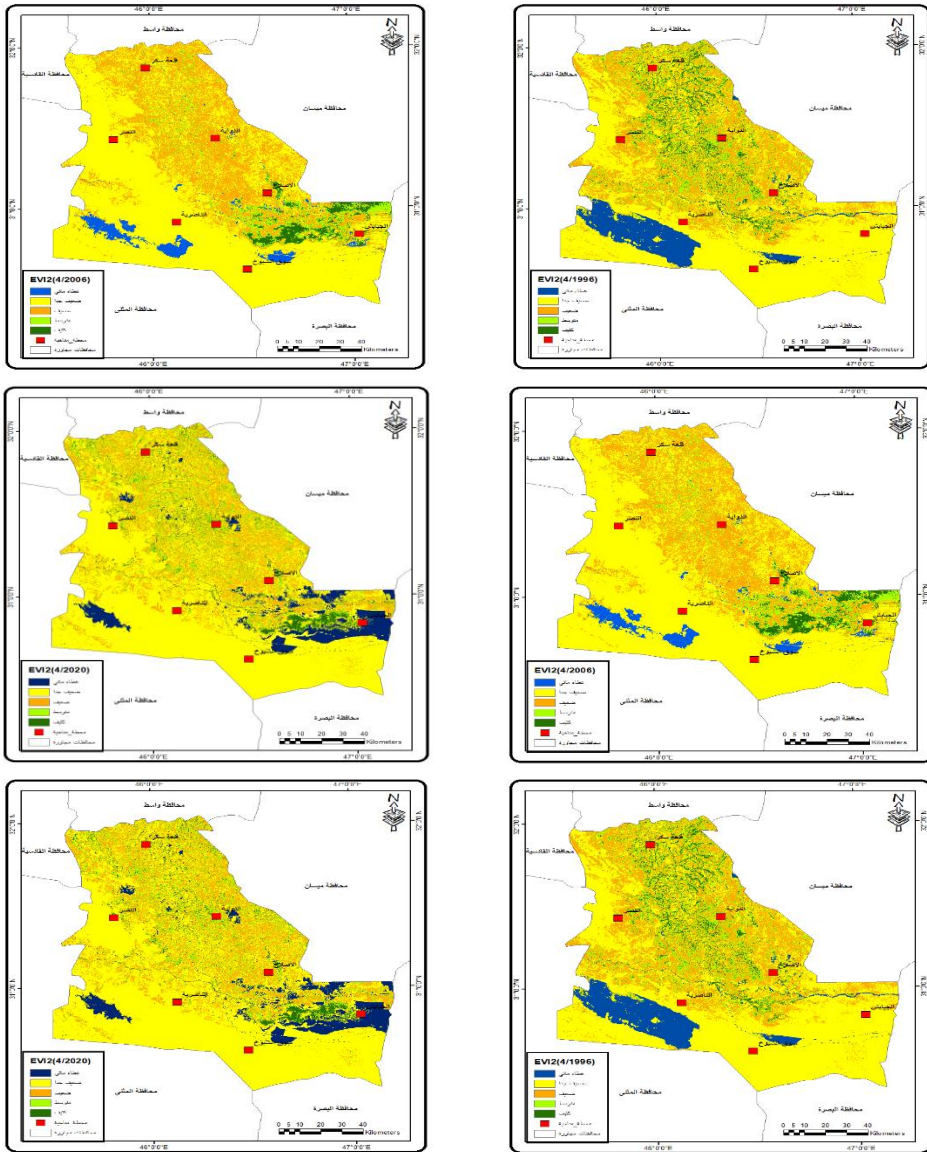
اما خلال الموسم الرطب فيتبين من خلال الجدول (٨) والخريطة (٦) ، ان هنالك تباين في مساحة اصناف الغطاء النبات خلال الدورات المناخية وكانت اعلى نسبة تغير خلال الدورة المناخية الثالثة للموسم الرطب (٢٠٢٠/٤) اذ بلغ نسبة التغير في صنف الغطاء النباتي (ضعيف جدا) نحو(١٥%) عما كان عليه خلال الدورة الاولى ونحو(9%-) عما كان عليه خلال الدورة الثانية للموسم الرطب، بينما سجل صنف (كثيف) نسبة تغير نحو(-) ٣٧% عما كان عليه خلال الدورة الاولى و(2%) عما كان عليه خلال الدورة المناخية الثانية وهذا يدل على اختلاف اثر الجفاف على رغم من ارتفاع قيم الامطار خلال الموسم الرطب (٢٠٢٠/٤).

جدول (٨) نسبة التغير لمؤشر EVI2 خلال الدورات المناخية للمواسم الرطبة في منطقة الدراسة.

نسبة التغير (%)			الدورة الثالثة	الدورة الثانية	الدورة الاولى	الدورة المناخية
نسبة التغير -١٩٩٠	نسبة التغير -٢٠٠٦	نسبة التغير -١٩٩٦	٢٠٢٠/٤	٢٠٠٦/٤	١٩٩٦/٤	الموسم المطري
٢٠٢٠	٢٠٢٠	٢٠٠٦	مساحة (كم ^٢)	مساحة (كم ^٢)	مساحة (كم ^٢)	صنف الغطاء
-7%	114%	-57%	859.74	402.16	927.63	مائي
15%	-9%	26%	7410.11	8109.01	6422.39	ضعيف جدا
-16%	-11%	-6%	2823.86	3165.97	3366.52	ضعيف
-10%	66%	-46%	1446.22	870.20	1613.43	متوسط
-37%	2%	-38%	360.08	352.66	570.03	كثيف

المصدر: الاعتماد على استخراج المساحات وباستخدام برنامج ARC.MAP واستخدام معادلة التغير النسبي.

خريطة (٦) نسبة التغير لمؤشر EVI2 خلال الدورات المناخية للمواسم الرطبة في منطقة الدراسة.



المصدر: اعتمادا على جدول (٨) ، وباستخدام برنامج ARC MAP.

ومن خلال مؤشر الغطاء النباتي المحسن EVI2 يتبين ان للقرائن الطيفية القدرة على ايجاد التباين في انماط الجفاف بشكل عالي ودقيق كونها لا تتعامل مع الجفاف المناخي فقط، بل تتغير قيمها وفق المعطيات المتغيرة على ارض الواقع سواء كانت متغيرات طبيعية ام بشرية.

الاستنتاجات :

١- بينت الدراسة على ان للمحطات الفضائية الافتراضية الى جانب محطات الانواء الارضية دور مميز في الكشف عن انماط الجفاف التفصيلي في منطقة الدراسة، من خلال ايجاد التباين في الخصائص المناخية لكل محطة مما انعكس ذلك على التباين في مظاهر الجفاف .

٢- اظهرت الدراسة ان هنالك تباين زماني ومكاني في قيم العناصر المناخية بين المحطات الفضائية التي شملت منطقة الدراسة، وهذا انعكس على التباين في معدل عتبة الجفاف حسب مؤشر بالمر القياسي لشدة الجفاف PDSI، اذ بلغ اعلى معدل لعتبة الجفاف خلال الموسم المطري (٢٠٠٩-٢٠١٠) بلغ نحو (-٣,٣٥) وكانت صفة الموسم (جاف شديد)، بينما سجل موسم (٢٠١٩-٢٠٢٠) اعلى معدل للرطوبة نحو (٣,٦١) وكانت صفة الموسم (رطوبة جدا)، كما سجلت محطة سوق الشيوخ اعلى معدل لعتبة الجفاف نحو (-١,٠١)، بينما سجلت محطة قلعة سكر ادنى معدل لعتبة الجفاف نحو (-٠,١٩) خلال مدة الدراسة.

٣- اثبتت الدراسة ان مؤشر EVI2 هو الاكثر دقة وتمثيلا من حيث التباين في المساحات الجافة والرطبة لواقع منطقة الدراسة.

التوصيات :

١- اعتماد مواقع توفر بيانات دقيقة للمحطات الفضائية لوكالة ناسا و اجراء المقارنة لتلك البيانات مع بيانات محطة الانواء الارضية قبل استخدامها في عملية التحليل للخصائص المناخية والتي توفر بيانات على المستوى اليومي والشهري كموقع [.https://climate.northwestknowledge.net](https://climate.northwestknowledge.net).

٢- الاهتمام بتنفيذ تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية من قبل الباحثين في رصد الظواهر الجغرافية باستخدام المؤشرات الطيفية التي تتعلق بكل ظاهرة.

٣- الاستفادة من الخرائط وبيانات المحطات الفضائية التي تم دراستها كقاعدة بيانات للقيام بدراسات مستقبلية لتقييم الجفاف التفصيلي في منطقة الدراسة.

المصادر :

١- جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاءCSO، الباب الاول، الاحوال الطبيعية، ٢٠٢٠، ص٥.

٢- علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، ط١،دار الميسرة ،عمان، الأردن ،٢٠١٠،ص٢٧٨.

٣- عاطف علي حامد الخرابشة ، عثمان محمد غنيم ، الحصاد المائي في الاقاليم الجافة وشبه الجافة في الوطن العربي ، ط١، دار صفاء للنشر والتوزيع ، عمان ، الاردن ، ٢٠٠٩ ، ص٢٠.

Intergovernmental Panel on Climate ، Climate Change and water،4- Jun
P172،2008،UNPE،Change

- ٥- ناصر والي فريح الركابي ، ظاهرة الجفاف وأثرها في إنتاج القمح والشعير في محافظات نينوى ديالى ذي قار ، أطروحة دكتوراه ، جامعة بغداد ، كلية الآداب ، ٢٠٠٣ ، ص٦٠.
- ٦- سلام هاتف الجبوري ، علم المناخ التطبيقي، جامعة بغداد ، كلية التربية ابن رشد للعلوم الانسانية، قسم الجغرافية ، ط١ ، ٢٠١٤ ، ص١٩٦،
- ٧- عمار مجيد مطلق العزاوي ، تحليل أثر التغيرات الفصلية في عناصر المناخ على شدة موجات الجفاف في العراق ،مصدر سابق ، ص ٢٠.
- ٨- عادل سعيد الراوي ، قصي عبد المجيد السامرائي و المناخ التطبيقي ، دار الحكمة للطباعة والنشر ، الموصل ، ١٩٩٠ ، ص١١٣.
- ٩- عبد الله سالم المالكي ، جغرافية العراق ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة البصرة، ٢٠٠٧ ، ص٤٠.
- ١٠- انور فتح الله اسماعيل ، ظاهرة الجفاف في اقليم الجبل الاخضر بليبيا ، اطروحة دكتوراه ، (غير منشورة) ، كلية الدراسات العليا ، الجامعة الاردنية ، ٢٠٠٧ ، ص ٦٨.
- ١١- دليل المؤشرات والارقام القياسية للجفاف ، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ، ط ١١٧٣ ، ٢٠١٦ ، ص٣.
- ١٢- انور فتح الله اسماعيل، ظاهرة الجفاف في اقليم الجبل الاخضر بليبيا، اطروحة دكتوراه، كلية الدراسات العليا، الجامعة الاردنية، ٢٠٠٧، ص ٧٧.
- The DROUGHT OF 1988 AND BEYND , Proceedings of a strategic ١٣ Planning Seminar co-sponsored with the National Academy of Science and Resources for the Future October 18, 1988, Washington, D.C.,6pp.
- ١٤- حليلة بنت ابراهيم بن علي الزبيدي، توظيف المؤشرات الطيفية لكشف وتحليل التغير في التغطية النباتية للأجزاء الغربية في محافظة الطائف، رسالة ماجستير، السعودية، جامعة ام القرى، العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافية، ٢٠١٠، ص٥٣.
- ١٥- عيسى علي ابراهيم، الاساليب الاحصائية والجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الاسكندرية، ١٩٩٩، ص١٧٧.

١٦- هيفاء احمد المحمد، حسام هشام البليسي، حسن يوسف ابو سمور، كشف وتحليل التغير في الغطاء النباتي باستخدام المؤشرات النباتية الطيفية، بحث منشور، مجلة الدراسات الانسانية والاجتماعية، الجامعة الاردنية، المجلد ٤٥، العدد ١، 2018، ص ٩٨.