ISSN: 1817-6798 (Print)
Journal of Tikrit University for Humanities
available online at: www.jtuh.org/

Ammar Majeed Mutlaq

University of Iraq / College of Arts / Department of Geography

Alaa Dhaker Adhab

University of Iraq / College of Education for Girls / Department of History

* *Corresponding author: E-mail* :
ammar.m.mutlk@aliraqia.edu.iq

Keywords:
direction analysis
climate drought
reconnaissance drought index
vegetation cover
drought risk

A R T I C L E I N F O

Article history:
Received 1 Sept 2024
Received in revised form 25 Nov 2024
Accepted 2 Dec 2024
Final Proofreading 2 Mar 2025
Available online 3 Mar 2025
E-mail t-jtuh@tu.edu.iq

©THIS IS AN OPEN ACCESS ARTICLE UNDER THE CC BY LICENSE
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Analysis of Climate Drought Directions Using the Reconnaissance Drought Index (RDI) and Its Impact on Vegetation Cover in Iraq

A B S T R A C T

By analyzing drought and its directions using the Drought Survey Index, it became evident that drought waves in Iraq are intensifying in both frequency and severity. The general trend analysis also indicated that the index (RDI) tends to decrease in its recorded values over time, which signifies an increase in the severity of drought conditions. Furthermore, a model developed to assess drought risks—based on the changes in severity and frequency of drought waves—revealed that the undulating region is more susceptible to drought risks compared to the rest of the study area over the past few decades. This is attributed to the rising frequency and severity of droughts, as well as the deepening of drought conditions, resulting from the northward shift of the rainfall line (300 mm) towards northern Iraq. Consequently, this region has entered a zone characterized by unreliable rainfall typical of semi-humid areas, which is one of the outcomes of global climate change, from which Iraq is not exempt. Additionally, an analysis of two models for the wet (1992-1993) and dry (2009-2010) seasons concerning the vegetation cover index demonstrated that dense and very dense vegetation is more adversely affected than other types of vegetation cover in the study area during periods of drought. This is due to reduced rainfall and increased evapotranspiration resulting from rising temperatures.

DOI: http://doi.org/10.25130/jtuh.32.3.5.2025.03

تحليل اتجاهات الجفاف المناخي باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي(RDI) وأثرها في الغطاء النباتي في العراق

عمار مجيد مطلك/ الجامعة العراقية/كلية الآداب
آلاء ذاكر عذاب/ الجامعة العراقية/كلية التربية للبنات

الخلاصة:

من خلال تحليل الجفاف واتجاهاته عن طريق استخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي تبين أنَّ موجات

الجفاف في العراق تتجه نحو التعمق والزيادة في التكرار والشدة ، وكذلك أظهر تحليل الاتجاه العام أنَّ مؤشر rdi يتجه نحو التناقص في قيمه المسجلة مع الزمن، مما يؤشر على زيادة حدة الجفاف مع الزمن، كذلك تبين من خلال بناء نموذج لمخاطر الجفاف اعتماداً على التغير والشدة والتكرار في موجات الجفاف أنَّ المنطقة المتموجة تعاني من مخاطر الجفاف بشكل أكبر من بقية أجزاء منطقة الدراسة خلال العقود الأخيرة، بسبب زيادة التكرار والشدة، وكذلك التعمق بسبب التغير في قيم المؤشر المعتمد في الدراسة نتيجة لتزحزح الخط المطري 300 ملم شمالاً باتجاه شمال العراق، ودخول هذه المنطقة ضمن النطاق غير مضمون الأمطار هوامش الأراضي شبه الرطبة ، وهذا أحد نتائج وتأثيرات التغير المناخي العالمي ، والعراق ليس بمعزل عنه. كذلك تبين من خلال تحليل نموذجين للمواسم الرطبة والجافة (1992 – 1993) موسماً رطباً (2009–2010) موسماً جافاً لمؤشر الغطاء النباتي أنَّ الغطاء النباتي الكثيف والكثيف جداً يتأثر بشكل أكثر من بقية أصناف الغطاء النباتي في منطقة الدراسة خلال تعرض المنطقة لموجات الجفاف بسبب قلة الأمطار وزيادة التبخر نتح نتيجة للارتفاع في درجة الحرارة.

الكلمات مفتاحية: تحليل الاتجاه ، الجفاف المناخي، مؤشر الجفاف الاستطلاعي، الغطاء النباتي ، مخاطر الجفاف

المقدمة

يعبر بعض العلماء –ممن يدرسون تاريخ المُناخ– عن قلقهم من أنَّ ارتفاع درجات الحرارة المصحوب بتناقص الأمطار قد يساعد على دفع بعض الاقاليم بالفعل نحو موجة جفاف عُظمى (عادة ما يتم تعريفها انَّها فترة الجفاف المستمر لمدة 20 عاماً أو أكثر ، ويُمثّل هذا مصدر قلق كبير في جزء متنامٍ في كثير من الدول التي عانت بالفعل من صعوبة تلبية الاحتياجات المائية خلال ما يقرب من عقدين من الجفاف، ويشير العالم Park Williams المتخصّص في علم المُناخ الحيوي في مرصد لامونت دورتي للأرض بجامعة كولومبيا إلى أنَّ موجات الجفاف العُظمى السابقة لها ظروف غير معروفة لنا الآن؛ لكن منذ عدة سنوات أدرك أنَّ موت الأشجار على نطاق واسع ونشوب حرائق الغابات التي تصورها ويليامز لتلك الأحداث الماضية، قد تحقق بالفعل في السنوات الأخيرة، ما قاده إلى مقارنة الجفاف الأخير في المنطقة مع موجات الجفاف العُظمى السابقة فاكتشف أنَّ هنالك توافقاً محتملاً من حيث الشدة، وإذا استمر فقد يمثل أول موجة جفاف عُظمى في عصر تغيّر المُناخ الذي يسببه الإنسان.

مشكلة البحث:

يمكن تحديد مشكلة البحث من خلال التساؤل التالي: ما هو الاتجاه العام للجفاف المناخي في العراق؟

1- ما هو الاتجاه العام لموجات الجفاف من حيث شدتها وتكرارها في منطقة الدراسة؟

2- أين يتجه الجفاف نحو التعمق مع الزمن بسبب التغيرات المناخية؟ أم العكس؟

3- ما مدى إمكانية وضع خارطة لمخاطر الجفاف المحتمل في منطقة الدراسة؟

فرضية الدراسة:

1- تعاني منطقة الدراسة من تزايد في شدة وتكرار موجات الجفاف المناخي.

2- يتجه الجفاف نحو التعمق في منطقة الدراسة نتيجة للتغيرات السلبية في درجة الحرارة والأمطار.

3- يمكن وضع خارطة لمخاطر الجفاف استناداً إلى معايير التكرار والشدة والتغير من خلال توظيف إمكانية نظم المعلومات الجغرافية في مجال التحليل المكاني.

4- هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحليل واقع الجفاف في منطقة الدراس من خلال التحليل الاحصائي وضمن ثلاثة محاور الأول تحليل تكرار الموجات الجافة ، أما الثاني فيبحث في شدة الموجات الجافة، بينما المحور الثالث يبحث في الاتجاه والتغير في قيم مؤشر الجفاف المعتمد في المبحثين من أجل الوصول إلى تصور وموضوعي عن واقع الجفاف المناخي واتجاهاته العامة مستقبلاً ، من أجل وضع الحلول المقترحة للتكيف وتقليل المخاطر البيئية المحتملة الناتجة عن تأثير الجفاف على التنوع البيئي في منطقة الدراسة.

رابعاً: موقع منطقة الدراسة:

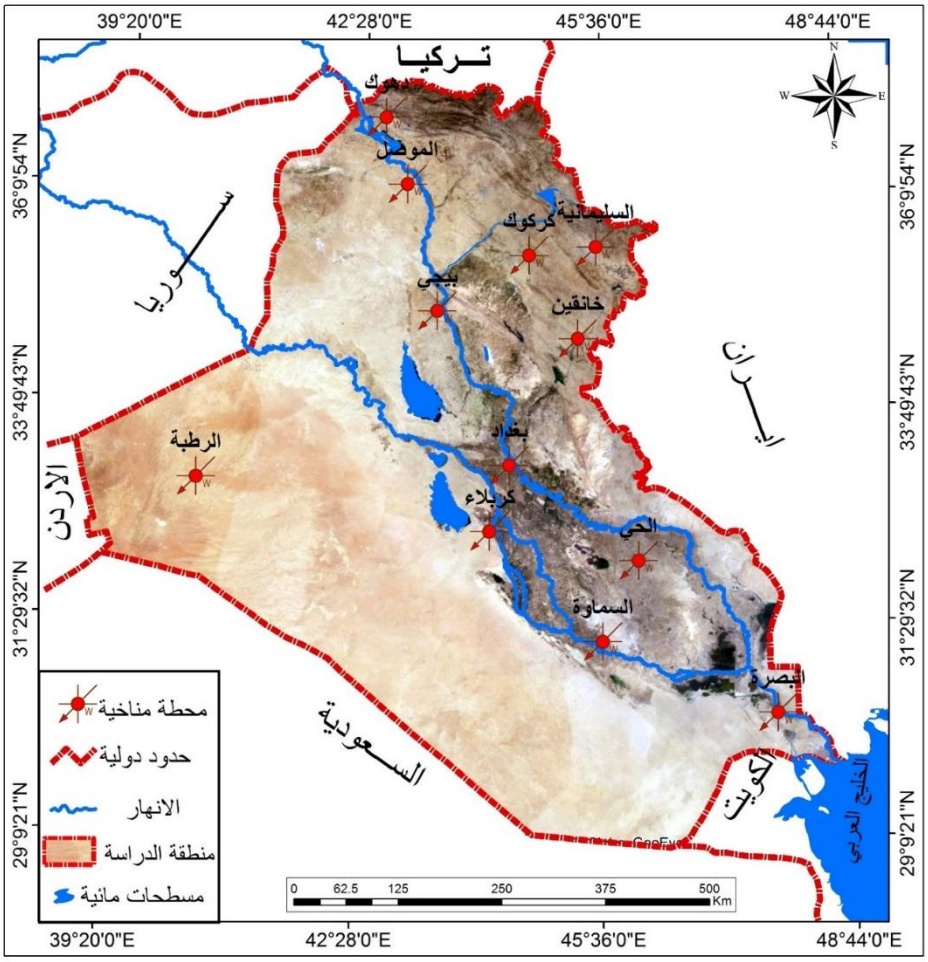
1-حدود منطقة الدراسة:

يقع العراق ضمن قارة أسيا في الجزء الجنوبي الغربي من القارة وفي الجزء الأسيوي من الوطن العربي، يحده من الشمال تركيا، ومن الشمال الغربي سوريا، ومن الغرب الأردن، ومن الجنوب والجنوب الغربي المملكة العربية السعودية والكويت ،ومن الشرق والشمال الشرقي إيران.

أما الموقع الفلكي فتقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض (15 3 29) - (40 22 37) شمالا وخطَّي طوَل(55 47 38) -(50 33 48) شرقا. خريطة (1).

أما الحدود الزمانية: حددت الدراسة بمدة زمنية تمتد من (1980 – 2017) كونها مدة زمنية ملائمة من حيث تكامل البيانات المناخية للمحطات المحددة في الدراسة؛ إذ إنَّ العقود السابقة لهذه المدة لم تكن متكاملة في البيانات المناخية بشكل كامل، فبعض المحطات تمتلك تسجيلات قديمة إلا أنَّ بعضها لا تمتلك هذه السجلات ويشوبها الكثير من الانقطاع في التسجيل المناخي؛ لذلك اعتمد الباحثان على هذه المدة في دراستهما وتم الاعتماد على (12) محطة مناخية موزعه في منطقة الدراسة. جدول (1).

خريطة(1) منطقة الدراسة والمحطات المناخية المختارة.



المصدر : من عمل الباحثين بالاعتماد على خارطة العراق الإدارية بمقياس رسم 1:1000000, باستخدام برنامج Arc Map10.2

جدول(1) المحطات المناخية المختارة في منطقة الدراسة

المحطة	دائرة العرض	خط الطول	الارتفاع/م	الرقم الانوائي
بغداد	33 18	44 24	31	650
الموصل	36 19	43 09	223	608
البصرة	30 34	47 47	2.6	689
الحي	32 08	46 02	17	665
الرطبة	33 02	40 17	630	642
السماوة	31 16	45 16	11	674
دهوك	36 52	43 00	276	606
خانقين	34 21	45 23	175	637
بيجي	34 54	43 32	115	631
سليمانية	35 32	45 27	843	623
كركوك	35 28	44 24	331	621
كربلاء	32 34	44 03	29	656

المصدر : وزارة النقل والمواصلات, الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي.

وضع الباحثون العديد من القرائن وكل بحسب تخصصه، كالمتخصصين في مجال المناخ والزراعة والهيدرولوجيا ،من أجل تحديد واضح للمدة الجافة سواء على المستوى الشهري أو الفصلي أو السنوي؛ وذلك من خلال وضع وصف حسابي (Numerical Description) للجفاف، ومن ثم توظيفه في حساب شدته ، وكذلك مراقبة الجفاف[1]، وتنقسم هذه القرائن إلى نوعين:

وقد تم اختيار مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI لتحليل الجفاف في منطقة.

حيث سيتم تحليل الجفاف من عدة محاور وكالتالي:

- تحليل تكرار مواسم الجفاف وحسب الشدة التي حددت من قبل الأرقام القياسية لمؤشر RDI .
- قياس شدة واستدامة الجفاف لنصفي مدة الدراسة من خلال تحليل شدة الجفاف بين مدتين من خلال تحليل نمط وتكرار التتابع لمدة الجفاف عن طريق استخراج معدل التتابع للمواسم الجافة، أو ما يسمى بالاستدامة وقسمة الاستدامة على الحدة ،إذ يستخرج العجز التراكمي أو معدل الشدة خلال مدة معينة أو نموذج معين ووفقاً للمعادلة **(Qiang Zhang ,2015,p4)** .

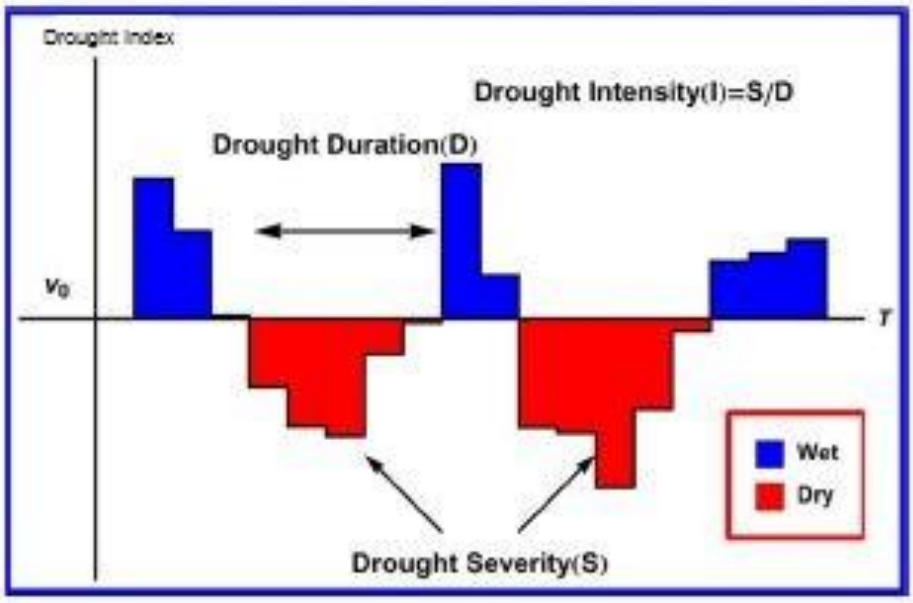
إذ إنَّ: **S (Severity)** حدة الجفاف وهو مجموع قيم مؤشر الجفاف في المدة

D (Duration) تكرار موجة الجفاف خلال المدة

وقد استخدم هذا المؤشر لقياس شدة وتردد الجفاف في الصين وباستخدام عدة متغيرات مناخية واحصائية، ويوضح الشكل (1) كيفية استخراج الاستدامة والحدة ومن ثم استخراج الشدة.

- تحليل الاتجاه العام والتغير في قيم المؤشرات المستخدمة في تحليل الجفاف.

شكل(1) استخراج شدة واستدامة الجفاف



Source: Qiang Zhang, et al., Regional Frequency Analysis of Droughts in China: A Multivariate Perspective, Water Resource Manage (springer), 2015, Fig. 2, P.5

مؤشر الجفاف الاستطلاعي reconnaissance drought indices (RDI)

يعد هذا المؤشر أحد المؤشرات المعتمدة لتقييم شدة الجفاف الذي أصدرتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO ، ضمن البرنامج المتكامل لإدارة الجفاف (IDMP) **(G. Tsakiris and H. Vangelis 2007,p7,)** الذي وضع مجموعة من مؤشرات الأرقام القياسية المعتمدة في دراسة الجفاف حول العالم، **(المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ,2016,ص17)** ، ويتم استخراج قيم الجفاف من خلال برنامج (DrinC 1.7) وهو برنامج حاسوبي صمم لهذا الغرض ويعبر عن هذا المقياس بثلاث صيغ، (الأولية RDI :a_k) والعادية Normalised (RDIn) وكذلك القيمة المعيارية (RDIst) ، إذ تم اعتماد الصيغة الأولية، وكما يأتي:

1- تحليل تكرار موجات الجفاف باستخدام الصيغة الأولية (RDI a_k) لمؤشر الجفاف الاستطلاعي:

ونتائج هذه الصيغة تقارن وفق القيم القياسية التي وضعها بنمان مونتيث في حال استخدام طريقة بنمان مونتيث لتقدير التبخر/ نتح ، أو وفق القيم القياسية التي وضعها هارقريفيس Hargreaves ، إذ وضع طريقة لتقدير التبخر/ نتح وفقاً لدرجة الحرارة العظمى والصغرى والارتفاع عن مستوى سطح البحر في حال عدم توفر بيانات مناخية كافية لتطبيق معادلة بنمان مونتيث وتقسم موجات الجفاف تبعاً لشدتها في هذه الطريق، وكما في المعادلة(**Asadi Zarch M. A., Malekinezhad H,2011,p3485-3504**) ووفقاً للجدول (2).

$$\alpha_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{k} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{k} PET_{ij}}, \quad i = 1 \text{ to } N$$

إذ إنَّ:

Pij : الأمطار لأي شهر j ولأي سنة i

PETij : التبخر نتح المحتمل لأي شهر j من أي سنة i

جدول(2) الأرقام القياسية للجاف وفق مؤشر الجفاف الاستطلاعي الصيغة الأولية RDI a_k

شدة الجفاف		(Penman method)	(Hargreavrs method)
شديد الجفاف	Hyper-arid	0.03 >	0.05 >
جاف	Arid	0.03 – 0.20	0.05 – 0.20
شبه جاف	Semi-arid	0.20 – 0.50	0.20 – 0.50
شبه رطب	Sub-humid	0.50 – 0.75	0.50 – 0.65
رطب	Humid	0.75 <	0.65 <

Source: G.Tsakirisand H. Vangelis, Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration, Lab. of Reclamation Works & Water Resources Management National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou, Athens – Greece,2005, P4.

ومن خلال هذه الطريقة سيتم تحليل شدة موجات الجفاف في منطقة الدراسة وفقاً للقيم القياسية وفقاً لطريقة بنمان مونتيث التي اعتمدتها منظمة FAO كإحدى الطرق المعتمدة في دراسة الجفاف حول

العالم(**كاطع,2005، ص2**) ووفقاً للجدول السابق ، إذ يظهر من الجدول (3) والخاص بمخرجات تطبيق مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI في محطات منطقة الدراسة أنَّ هناك تبايناً واضحاً كبيراً في قيم هذا المؤشر الذي يظهر من خلال مخرجاته أنَّ قيم المؤشر تشير إلى أنَّ سبع محطات من أصل 12 محطة قيد الدراسة لم تصل إلى عتبة الفئة الرطبة أو شبه الرطبة، وهي على النحو الآتي:

- **الفئة شديدة الجفاف:** سجلت بعض المحطات تكراراً لبعض المواسم الشديدة الجاف بتكرار إجمالي بلغ 17 موسماً توزعت ما بين 6 مواسم شديدة الجفاف في محطة السماوة و3 مواسم لمحطة بغداد وموسمين لكل من محطة البصرة وكربلاء، وتكراراً واحداً لمحطة الرطبة بينما لم تسجل بقية المحطات تكراراً يذكر لهذه الفئة وخاصة في المحطات الشمالية لمنطقة الدراسة.
- **الفئة معتدل الجفاف:** تأتي هذه الفئة بالمرتبة الثانية بالنسبة لشدة الجفاف، ومن خلال الجدول المشار إليه يتبين أنَّها سجلت أعلى تكرار للمواسم الجافة على الاطلاق وبمجموع كلي 214 موسماً جافاً توزعت ما بين أعلى تكرار لها في محطة كربلاء وبواقع 36 موسماً جافاً، وأدنى تكرار 3 مواسم، وكانت في محطتي دهوك وخانقين، بينما لم تسجل محطة السليمانية والموصل أي تكرار من هذه الفئة.
- **الفئة شبه الجاف:** وتأتي بالمرتبة الثالثة من فئات هذا المؤشر، ويتبين من خلال الجدول أنَّها سجلت المرتبة الثانية في عدد التكرارات للمواسم شبه الجافة التي ضربت منطقة الدراسة وبتكرار إجمالي بلغ 132 موسماً شبه جاف توزع ما بين أعلى تكرار في محطة بيجي بلغ 29 موسماً شبه جاف إلى موسم واحد في محطة السليمانية، بينما لم تسجل محطة كربلاء أي تكرار لهذه الفئة.

جدول(3) تكرار موجات الجفاف وفقاً لمؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI في محطات منطقة الدراسة للمدة من(1980-2017)

الشدة / المحطة	شديد الجفاف		معتدل الجفاف		شبة جاف		شبة رطب		الجفاف الكلي		الرطب	
	التكرار	النسبة%	التكرار	النسبة%	التكرار	النسبة%	التكرار	النسبة%	التكرار الكلي	النسبة الكلية%	التكرار	النسبة%
البصرة	2	5.3	33	86.8	3	7.9	---	---	38	100.0	---	---
الحي	3	7.9	33	86.8	2	5.3	---	---	38	100.0	---	---
الرطبة	1	2.6	32	84.2	5	13.2	---	---	38	100.0	---	---
السليمانية	---	---	---	---	1	2.6	3	7.9	4	10.5	34	89.5
السماوة	6	15.8	30	78.9	2	5.3		0.0	38	100.0	---	---
الموصل	---	---	---	---	10	26.3	19	50.0	29	76.3	9	23.7
بغداد	3	7.9	33	86.8	2	5.3	---	---	38	100.0	---	---
بيجي		0.0	9	23.7	29	76.3	---	---	38	100.0	---	---
خانقين	---	---	3	7.9	28	73.7	5	13.2	36	94.7	2	5.3
دهوك	---	---	3	7.9	23	60.5	8	21.1	34	89.5	4	10.5
كربلاء	2	5.3	36	94.7		0.0	---	---	38	100.0	---	---
كركوك	---	---	2	5.3	27	71.1	8	21.1	37	97.4	1	2.6
المجموع	17		214		132		43		406		---	---

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على مخرجات برنامج(DrinC 1.7) لقياس شدة موجات الجفاف وفقاً لمؤشر RDI

- **الفئة شبه الرطبة:** سجلت محطة الموصل أعلى تكرار لهذه الفئة بلغ 19 تكراراً، بينما أدنى تكرار في محطة السليمانية بلغ 3 تكرارات ، ويلاحظ انحسار هذه الفئة من الوجود في المحطات الوسطى والجنوبية من منطقة الدراسة ، كونها تقع في النطاق الجاف وشبه الجاف.
- **الفئة الرطبة:** لم تسجل تكراراً ضمن هذه الفئة سوى 5 محطات من أصل 12 محطة قيد الدراسة، وكانت جميعها ضمن المنطقة الشمالية وهي السليمانية، الموصل، دهوك، خانقين، كركوك وبلغ مجموع التكرارات ضمن هذه الفئة 50 موسماً رطباً، أغلبها في محطة السليمانية وبلغت تكرارها 34 من أصل 50 موسماً، بينما سجلت محطة كركوك تكراراً واحداً فقط.

2- شدة واستدامة الجفاف وفقاً لمؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI حسب مدتي الدراسة (1980 - 1999) ، (2000 - 2017).

يظهر من الجدول (4) الذي يوضح شدة واستدامة الجفاف وفقاً لمؤشر **RDI** أنَّ شدة الجفاف واستدامته في المحطات المدروسة من خلال مدتي الدراسة قد تباينت بين المدة الأولى والثانية من حيث شدة موجات الجفاف وكذلك زيادة في تكرار الجفاف في بعض المحطات الشمالية، أما المحطات الوسطى والجنوبية فلم تسجل زيادة في التكرار، إنَّما سجلت زيادة في الشدة ما بين المدتين الأولى (1980-1999) والثانية (2000-2017) فجميع المحطات سجلت زيادة في الشدة.

جدول(4) شدة وتكرار موجات الجفاف وفقاً لمؤشر RDI خلال مدتي الدراسة .

المحطات	المدة الأولى 1980-1999				المدة الثانية 2000-2017			
	Duration	النسبة %	Severity	Intensity	Duration	النسبة%	Severity	Intensity
البصرة	19	100	2.24	0.12	19	100	1.57	0.08
الحي	19	100	2.5	0.13	19	100	1.99	0.10
الرطبة	19	100	2.26	0.13	19	100	2.51	0.13
السليمانية	1	0.05	0.34	0.34	3	0.16	1.96	0.65
السماوة	19	100	1.46	0.08	19	100	1.45	0.08
الموصل	11	0.58	6.63	0.60	18	0.95	8.59	0.48
بغداد	19	100	2.23	0.26	19	100	5.02	0.12
بيجي	19	100	4.99	0.26	19	100	4.62	0.24
خانقين	19	100	7.33	0.39	17	0.89	6.7	0.39
دهوك	16	0.84	6.89	0.43	19	100	7.7	0.41
كربلاء	19	100	2.09	0.11	19	100	1.62	0.09
كركوك	17	0.89	8	0.44	18	0.95	5.12	0.30

المصدر: عمل الباحثين وفقاً لمخرجات برنامج(DrinC 1.7) لقياس شدة موجات الجفاف وفقاً لمؤشر RDI

أما بالنسبة للتكرار فتبين أنَّ منطقة الدراسة بالإجمال هي ضمن النطاق الجاف وشبه الجاف وبالتالي فالمحطات الوسطى والجنوبية سجلت قيم جافة بالنسبة للمؤشر المستخدم، بينما المحطات الواقعة في شمال منطقة الدراسة(السليمانية، الموصل، خانقين، دهوك) سجلت زيادة في تكرار الجفاف ،إذ سجلت محطة الموصل أعلى فرق ما بين المدة الأولى والثانية 11 موسماً جافاً في المدة الأولى، يقابله 18

موسماً جافاً في المدة الثانية ، أما السليمانية فسجلت ثلاثة مواسم جافة في المدة الثانية، بينما سجلت موسما واحداً في المدة الأولى، ودهوك 16 تكراراً يقابله 19 تكراراً في المدة الثانية، إذ يلاحظ زيادة تكرار موجات الجفاف بين المدتين الثانويتين لمدة الدراسة الرئيسة، وهذا مؤشر على تأثر الجفاف بالتغيرات المناخية الحاصلة في مجمل عناصر المناخ المؤثرة في هذا المؤشر في المحطات المدروسة خلال المدة الزمنية المحددة للدراسة.

5- الاتجاه والتغير في مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI:

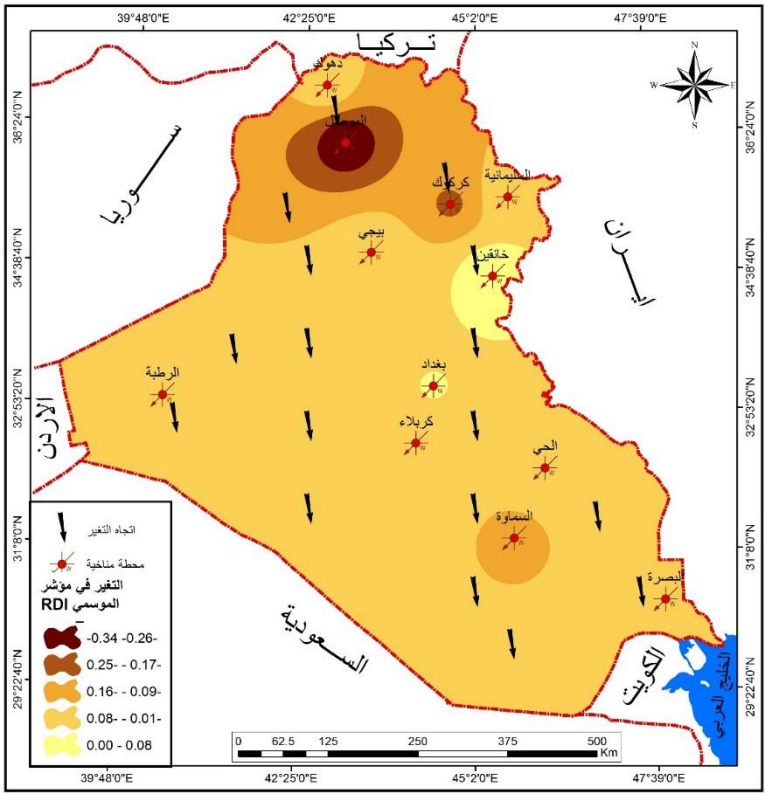
يتبين من الجدول (5) أنَّ مؤشر الجفاف الاستطلاعيRDI سجل اتجاهاً متناقصاً مع الزمن، مما يؤكد أنَّ شدة الجفاف تتجه نحو التعمق في المحطات المدروسة ضمن منطقة الدراسة ، وهي نتيجة متوافقة مع التغيرات في العناصر المناخية التي يعتمد عليها هذا المؤشر ، وهي الأمطار والتبخر/ نتح الممكن في منطقة الدراسة وسجل أعلى مقدار للتغير السالب في محطة الموصل بلغ -0.34 خلال المدة المدروسة ، بينما سجلت محطة بغداد أدنى مقدار للتغير بلغ -0.003. خريطة (2).

جدول(5) التغير في مؤشر RDI في محطات منطقة الدراسة للمدة (1980 - 2017)

Mann-Kendall trend test				المحطة	Mann-Kendall trend test				المحطة
المعنوية	p-value	التغير لمدة الدراسة	التغير السنوي		المعنوية	p-value	التغير لمدة الدراسة	التغير السنوي	
**	0.530	-0.003	0.000	بغداد	*	0.014	-0.04	-0.001	البصرة
+	0.081	-0.021	-0.001	بيجي	-	0.430	-0.01	0.000	الحي
+	0.067	0.078	0.002	خانقين	*	0.045	-0.02	-0.001	الرطبة
-	0.410	-0.026	-0.001	دهوك	**	0.010	-0.04	-0.001	السليمانية
*	0.016	-0.015	0.000	كربلاء	*	0.049	-0.12	-0.003	السماوة
**	0.007	-0.190	-0.005	كركوك	**	0.006	-0.34	-0.009	الموصل

***معنوي عند0.001 **معنوي عند0.01 *معنوي عند 0.05 + معنوي عند0.10 - غير معنوي

المصدر: عمل الباحثين ، اعتماداً على الملاحق(15 – 20) وباستخدام البرنامج الاحصائي xlstat.



خريطة(2) التغير في قيم مؤشر الجفاف الاستطلاعي الموسمي RDI في محطات منطقة الدراسة للمدة(1980 – 2017).
المصدر: من عمل الباحثين اعتماداً على جدول(5).

مخاطر الجفاف :

بعد تحليل نوبات الجفاف الموسمي والفصلي من حيث تكرارها الموسمي والفصلي في منطقة الدراسة وباستخدام أكثر من مؤشر تنوع ما بين نسبي مثل مؤشر المطر القياسي وقياسي يستند إلى قيم قياسية مثل مؤشر الجفاف الاستطلاعي التي تبين من خلال التحليل العلمي للبيانات أنَّها متوافقة في نتائجها مع التغيرات والاتجاهات العامة للعناصر المناخية في منطقة الدراسة وأنَّ جميع المؤشرات توكد على تعمق الجفاف في منطقة الدراسة من حيث شدة الموجات الجافة وتكرارها خلال نصفي مدة الدراسة، وكذلك الاتجاه والتغير في قيم المؤشرات التي تم اختبارها بواسطة اختبار Mann–Kendall trend test ضمن البرنامج الاحصائي Xlstat المتطور والمخصص لهذا الغرض.

ومن أجل توظيف مخرجات التحليل أعلاه في وضع خارطة لمخاطر الجفاف مستقبلاً وتوضيح التباينات المكانية للتسارع في شدة وتكرار موجات الجفاف وتحديد النطاقات الأكثر عرضة لتعمق الجفاف فيها التي من المحتمل حصول تحول فيها نحو الجفاف على المدى المنظور في منطقة

الدراسة إذ اعتمدت بعض الدراسات في وضع خارطة لمخاطر الجفاف المحتمل على المتغيرات التالية **(الغماز، ص44)**:

- خارطة شدة الجفاف
- خارطة تذبذب الأمطار
- خارطة تكرارية الجفاف

إذ تصبح خارطة الجفاف على النحو التالي

خارطة المخاطر = التجميع التراكمي (خارطة شدة الجفاف + خارطة تذبذب الأمطار + خارطة تكرارية الجفاف).

ولغرض توظيف هذه الطريقة في التنبؤ بالبعد الزمني والمكاني للجفاف في منطقة الدراسة عدل الباحثان طريقة تصميم مخاطر الجفاف لغرض تحقيق إمكانية التنبؤ بالجفاف المحتمل في منطقة الدراسة بما يتوافق مع الأهداف التي وضعها الباحثان للدراسة التي تتمحور حول التغير المناخي وانعكاسه على الجفاف إذ قسمت إلى ثلاثة نطاقات نطاق الجفاف المتسارع، نطاق الجفاف متوسط، ونطاق الجفاف المستقر نسبياً ويتم ذلك من خلال ما يأتي:

خارطة مخاطر الجفاف = فرق الشدة (شدة الجفاف في المدة الأولى – شدة الجفاف في المدة الثانية) / فرق التكرار (التكرار في المدة الأولى – التكرار في المدة الثانية) × مقدار التغير في المؤشر المعتمد (Mann–Kendall trend test). وقد تم اعتماد مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI فيهذه الطريقة وذلك كونه مؤشراً معتمداً في أغلب المراكز البحثية العالمية لدراسة الجفاف مثل منظمة WMO وغيرها فضلاً عن اعتماده على ستة عناصر مناخية في تقويم الجفاف (الحرارة الصغرى والعظمى ، سرعة الرياح ، ساعات السطوع ، الرطوبة النسبية) لاستخراج التبخر/ نتح الذي يقسم على كمية الأمطار لاستخراج الجفاف، وبذلك يعد شاملاً لمعظم عناصر المناخ المؤثرة في الجفاف.

بعد تحديد آلية تصميم خارطة مخاطر الجفاف تبدأ المرحلة الثانية معالجة البيانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية برنامج(Arc Gis) من خلال إنشاء قاعدة بيانات(File Geodatabase) للمتغيرات أعلاه ومن ثم اكمال الإجراءات العملية وفقاً للخطوات التالية في برنامج (Arc Gis) وعلى النحو التالي:

- نمذجة البيانات المعتمدة وفقاً لطريقة الاستكمال المكاني (IDW) في أداة المحلل المكاني (geostatisticai Analyst) ومن ثم إجراء عملية الاقتطاع(Clip) وتصدير الطبقة إلى صيغة (Raster) لجميع المتغيرات على حدة.

- استخدام أداة (Map Algebra) – (Raster Calculator) – (: المتغير الأول + المتغير الثاني + المتغير الثالث:Float)
- إجراء عملية إعادة التصنيف(Reclassify) للطبقات الممثلة للمتغيرات المعتمدة.
- تحويل الطبقة المعادة تصنيفها من طبقة (Raster) إلى طبقة(Factor).
- مرحلة إخراج الخريطة النهائية.

تم تصميم خرائط لمخاطر الجاف الفصلي (الخريف، الشتاء، الربيع) وأظهرت جميع الخرائط المصممة أنَّ المنطقة شبه مضمونة الأمطار أو الانتقاليه ما بين المنطقة الجبلية والمنطقة السهلية تعاني من تسارع الجفاف خلال الفصول الثلاثة، إذ سجلت قيماً تراكمية للمؤشر المصمم أعلى من بقية الأجزاء ويقع ضمن هذه الفئة محطات الموصل كركوك خانقين بيجي ، ويعد هذا المؤشر وسيلة لقياس التسارع في الجفاف أو مدى استقرار حالة الجفاف بغض النظر عن كون المنطقة تقع ضمن النطاق الجاف أو الرطب، فالهدف تحديد مدى التحول في حالة الجفاف بالاعتماد على التجميع التراكمي للمؤشرات المعتمدة التكرار والشدة والتغير، وكما يأتي:

1- مخاطر الجاف لفصل الخريف:

وفقاً للمؤشر المستخدم تم حساب مخاطر الجفاف لفئتها الثلاث وتحديد امتداد تأثيرها وحسب نطاقاتها المكانية في منطقة الدراسة، إذ يتبين من الخريطة (3) أنَّ نطاق المخاطر المرتفعة كان ضمن امتداد تغطية المحطات الموصل كركوك خانقين بيجي ، وبلغت المساحة ضمن هذه الفئة (55145) كم2 أي ما نسبته 0.125 من مساحة منطقة الدراسة ، بينما كانت فئة المخاطر المتوسطة للجفاف تغط ضمن امتداداها المكاني ما مقداره (199713.7)كم2 وبنسبة مئوية بلغت 46% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، بينما كانت نسبة تغطية الفئة قليلة المخاطر تبلغ42% من إجمالي منطقة الدراسة وبمساحة إجمالية بلغت(183149.3) كم ^{2} ،جدول(6).

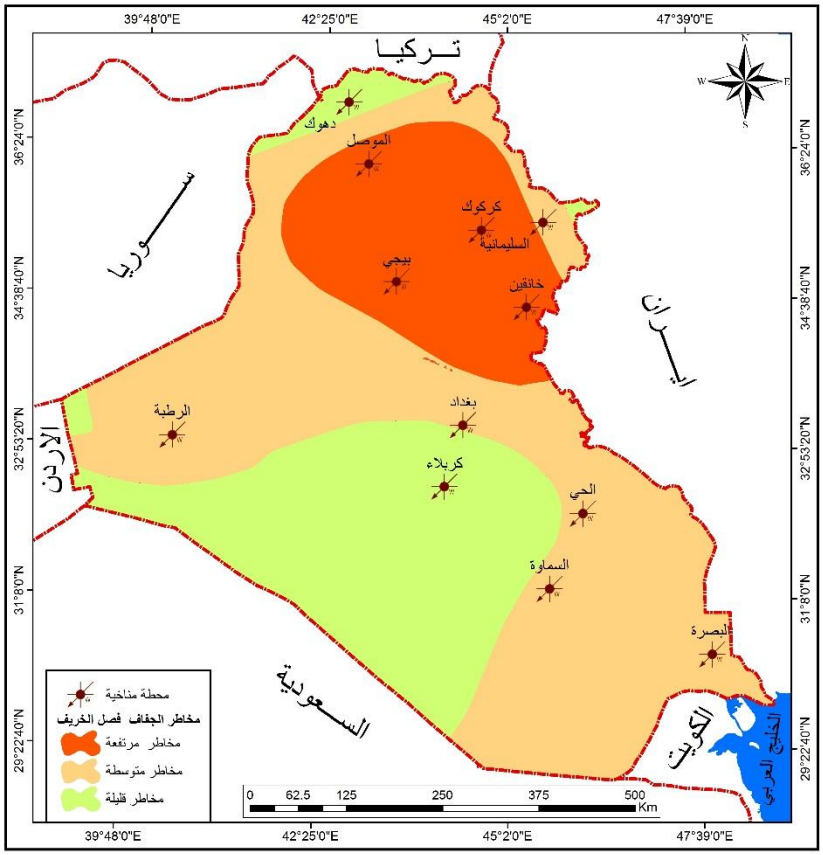
جدول(6) مخاطر الجفاف الفصلي في منطقة الدراسة

الفصول	فصل الخريف		فصل الشتاء		فصل الربيع	
مخاطر الجفاف	المساحة كم^2	النسبة%	المساحة كم^2	النسبة%	المساحة كم^2	النسبة%
مخاطر مرتفعة	55145	0.12	37103	0.08	39500.8	0.09
مخاطر متوسطة	199713.7	0.46	270405.2	0.62	166132.8	0.38
مخاطر قليلة	183149.3	0.42	130500	0.30	232374.5	0.53

2- مخاطر الجفاف في فصل الشتاء.

يتبين من خلال الجدول (6) أنَّ أعلى نسبة للتغطية كانت للفئة متوسطة الخطورة وبلغت (270405.2) كم^2 وبنسبة 62% من مساحة المنطقة المدروسة ، بينما كانت نسبة مخاطر الجفاف

المرتفعة تبلغ 0.08% وبمساحة إجمالية للتغطية (37103) كم2 ، أما المخاطر المنخفضة فكانت نسبة تغطيتها لمنطقة الدراسة تبلغ(130500) كم^2 بنسبة مئوية تبلغ 30%، خريطة (4).

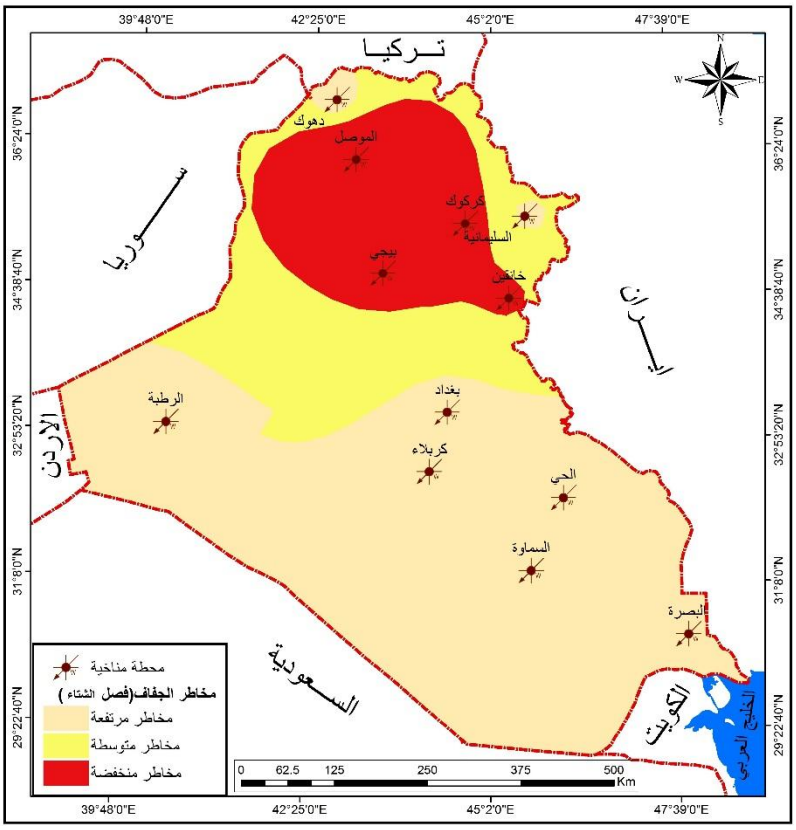


خريطة(3)مخاطر الجفاف في فصل الخريف

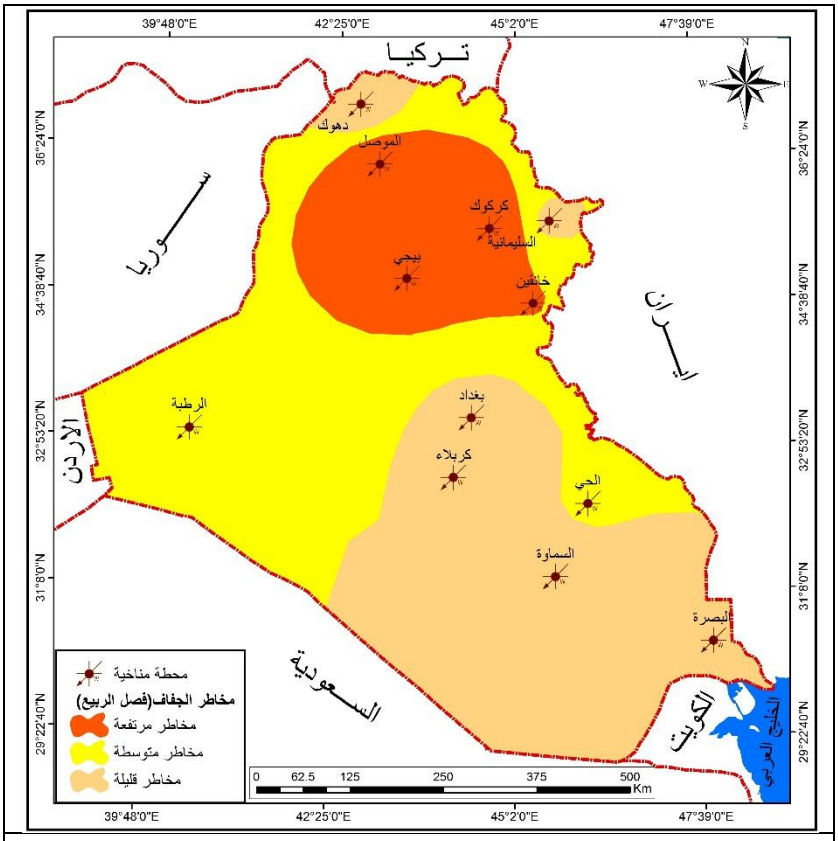
المصدر: عمل الباحث اعتمادا على مخرجات برنامج gis10.5

3- مخاطر الجفاف خلال فصل الربيع:

يلاحظ من خلال تحليل الجدول (6) والخريطة(5) أنَّ مخاطر الجفاف خلال فصل الربيع توافقت مع نتائج فصل الخريف نوعاً ما، إذ يتبين أنَّ أعلى نسبة تغطية كانت للفئة الثالثة المخاطر القليلة ، إذ بلغت نسبة تغطيتها 53% من منطقة الدراسة وبمساحة إجمالية بلغت(232374.5) كم^2 ، بينما كانت نسبة تغطية المخاطر المرتفعة تبلغ 0.09% وبمساحة إجمالية (39500.8) كم2 ، بينما كانت مساحة تغطية الفئة متوسطة الجفاف تبلغ(166132.8) وبنسبة تبلغ 38% من مساحة منطقة الدراسة .



خريطة(4) مخاطر الجفاف في فصل الشتاء



خريطة(5) مخاطر الجفاف في فصل الربيع

المحور الثاني :رصد وتحليل الجفاف باستخدام المؤشرات الطيفية

يعد الاستشعار عن بعد من الوسائل الحديثة والفعالة في دراسة سطح الأرض والموارد الطبيعية ، ففيه من نبات طبيعي ومياه وتربة وتوزيعها على سطح الأرض، إضافة إلى مراقبة وتتبع الظواهر والمشكلات البيئية التي تؤثر على عمليات التنمية الزراعية وخاصة الجفاف والتصحر والتعرية بشقيها المائية والريحية، من خلال معالجة وتحليل الخرائط والمرئيات رقمياً ليتم الوصول إلى استخلاص النتائج والمؤشرات التي تساعد على التنبؤ بالظاهرة ومدى تأثيرها على المنطقة المدروسة، **(كاطع، ص2)**. ومن خلال الدمج ما بين امكانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتكنولوجيا الاستشعار عن بعد (RS) ، وعن طريق تطبيق خوارزميات معينة، يتم مراقبة التغيرات التي تطرأ على سطح الأرض على نطاقات مكانية وزمنية أكبر مما هو ممكن من خلال تقنيات التعداد الأرضي. البيانات المستشعرة عن بُعد هي تفسير لمختلف الإشارات الطيفية التي تصل إلى المستشعر بعد التفاعل مع الأجسام الموجودة على سطح الأرض، ويمكن أنْ تكشف هذه التفسيرات عن العديد من الخصائص الفيزيائية لهذا الكائن ، بما في ذلك ارتفاع السطح ودرجة الحرارة ومختلف جوانب الغطاء النباتي والغطاء الأرضي ،إلى جانب رسم الخرائط المكانية باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية ، يمكن استخدام هذه العناصر المستشعرة عن بعد لدراسة البيئة الطبيعية الغطاء النباتي والطوبوغرافيا وغيرها**(SALLY ,p2)** .

وتؤثر الظروف المناخية كالارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة وتغيير أنماط تساقط الأمطار ومقدارها بسبب التغيرات المناخية ، فضلاً عن زيادة شدة نوبات الجفاف بشكل واضح والذي يؤدي بدورة إلى انخفاض رطوبة التربة ، وبالتالي سيادة سمة الجفافية وتعمقها بشكل كبير عبر الزمن**(Sruthi,1259)**. وقد تم توظيف إمكانيات تقنية الاستشعار عن بُعد في مجال دراسة الجفاف لغرض تقييم شدة الجفاف في منطقة الدراسة من خلال استخدام بعض المؤشرات الطيفية التي تستخدم لتقييم الجفاف، إذ برزت هذه المؤشرات كإحدى الوسائل التقنية الحديثة لتقييم الجفاف في العالم **(حليمة ،ص63)** وذلك عن طريق تحليل هذه المؤشرات الطيفية لمرئيات ملتقطة لمنطقة الدراسة لسنتين منتخبتين حسب التقييم الاحصائي لشدة الجفاف فيها حيث تم اختيار موسمين مطريين الأول موسم رطب جدا متمثل بالموسم المطري(1992 – 1993)، أما الموسم الثاني موسم مطري جاف جداً فيتمثل بالموسم المطري(2008 – 2009)(حالات دراسية) يتم من خلالها تحليل تأثير التغير في عناصر المناخ على الغطاء النباتي والمائي في منطقة الدراسة، ومن أجل سهولة تحليل وفهم التباينات المكانية والزمانية للتغيرات الحاصلة في هذه المؤشرات تم تقسيم منطقة الدراسة إلى ثلاث مناطق (المنطقة الشمالية، المنطقة الوسطة، المنطقة الجنوبية) وكما في الجدول(7)؛ لغرض تسهيل تحليل هذه المؤشرات بشكل مفصل وتحديد أي مناطق منطقة الدراسة الأكثر تأثراً بالتغيرات المناخية التي انعكست سلباً أو إيجاباً على الغطاء النباتي والمائي في منطقة الدراسة.

جدول (7) المحافظات حسب المناطق في منطقة الدراسة*

المنطقة الشمالية	موصل	دهوك	أربيل	سليمانية	كركوك				
المنطقة الوسطى	واسط	بغداد	الانبار	كربلاء	بابل	ديالى	صلاح الدين		
المنطقة الجنوبية	نجف	ديوانية	ميسان	سماوة	ذي قار	بصرة			

المصدر: احمد طه شهاب الجبوري، تغير المناخ وأثره على انتاجية بعض المحاصيل الزراعية في العراق، اطروحة دكتوراه (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد , 1996 ،ص34 .

1- المؤشرات النباتية للجفاف

يعد أحد تطبيقات الاستشعار عن بُعد في مجال الدراسات التي تتعلق في الأنشطة الزراعية ومراقبة الجفاف في العالم ، إذ يستخدم في تشخيص نوع وكثافة وطبيعة توزيع الغطاء النباتي، وتحليل تأثير الظروف البيئية علية ، ويمكن أحياناً الاستفادة منه بشكل مباشر من بيانات الانعكاسية المسجلة بواسطة المتحسسات للوصول إلى الهدف أو من البيانات المسجلة بشكل مباشر، إلا أنَّها تكون أقل فائدة في التحليل المكاني إذا ما قورنت بنفس البيانات إذا ما خضعت لمعالجات رياضية، لذا يلجأ الباحثون إلى اشتقاق بعض المعادلات الرياضية لغرض تحقيق اكبر فائدة ممكنة من البيانات المتوفرة وتسمى هذه العلاقات الرياضية بالدلائل(Indices) [2] .وهي عديدة مثل(Ndvi , SR,EVI,PVI,SARVI,SAVI) **(المشهداني،ص263)**. وقد تم اختيار مؤشر الغطاء النباتي(NDVI) لتحليل الجفاف في منطقة الدراسة.

1-1 دليل الفرق الطبيعي للغطاء النباتي(NDVI): Normalized Difference Vegetation Index

تستخدم الأطوال الموجية في المجال المرئي لحساب دليل الغطاء لنباتي، ويُعدُّ هذا المؤشر من أفضل الأدلة لدراسة الغطاء النباتي، إذ يستخدم خصائص الانعكاس الطيفي للنبات في التعرف عليها ، فضلاً عن إمكانية تقليل تأثير الطبوغرافيا والتغير في زاوية سقوط الاشعاع الشمسي في النطاق الطيفي للإشعاع الضوئي النشط، فتمتص الأصباغ من أوراق النباتات والكلوروفيل الذي يدخل في عملية التمثيل الضوئي، الذي يُعدُّ المميز الأساس للنباتات عن غيرها أيضاً، إذ تمتص بقوة في الضوء المرئي والذي يتراوح ما بين(0.4 – 0.7 مايكرومتر) ويعكس الضوء القريب من الأشعة تحت الحمراء والتي تتراوح ما بين(0.7 – 1.1مايكومتر)، ويتميز أيضا بالحساسية العالية لكثافة النبات؛ لذلك يستخدم في مناطق النباتات الكثيفة وكذلك يتميز بإمكانية الفصل ما بين التربة الغطاء النباتي ، ويستخدم هذا المؤشر لبيان توزيع النباتات ودرجة إخضرارها**(هنداوي, ص284)** .

والصيغة الرياضة لمؤشر الغطاء النباتي NDVI هي [3].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

إذ إنَّ:

NIR: المجال الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة وطولها الموجي (0.9 – 0.76) مايكرومتر

Red: المجال الطيفي للأشعة الحمراء المرئية ومجالها وطولها الموجي (0.63 – 0.69) مايكرومتر وتتراوح قيمة هذا المؤشر من 1 إلى-1.(**الغماز ،ص48**).

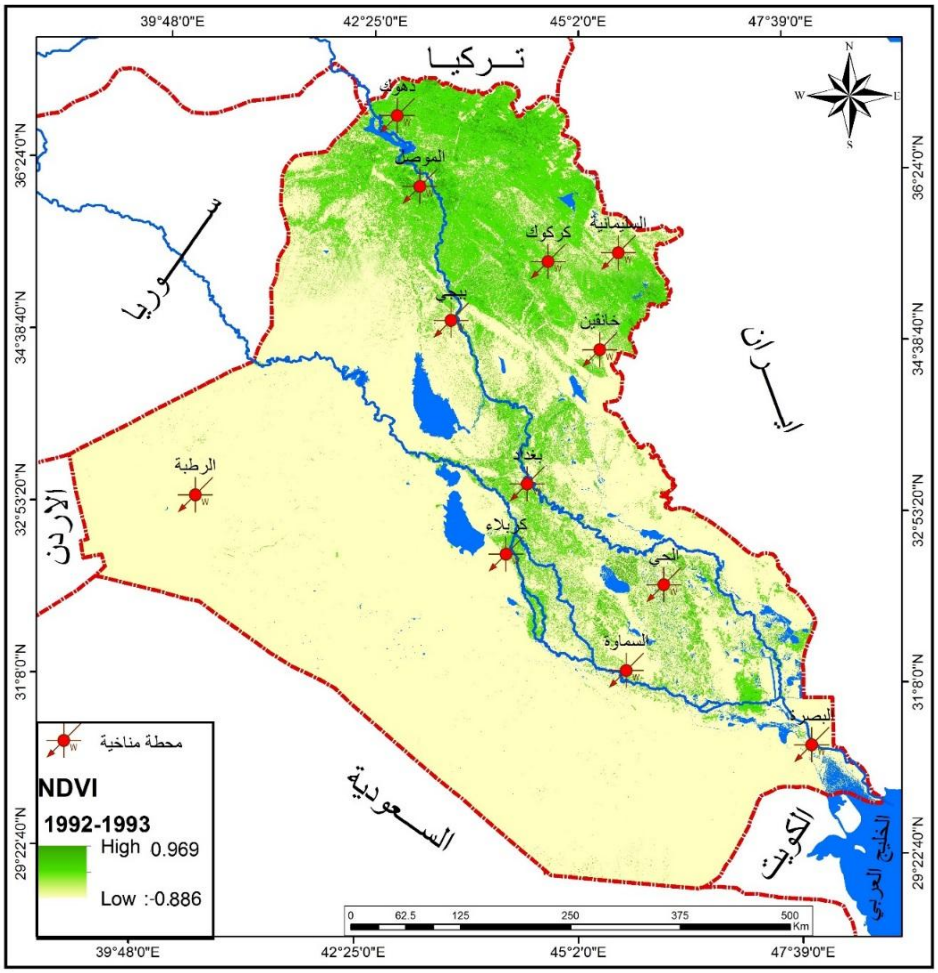
جدول(6-4) نسب ومساحات الغطاء النباتي في منطقة الدراسة وفقاً للموسم الرطب والجاف

نوع الغطاء	كثيف جدا	%	كثيف	%	ضعيف	%	ضعيف جدا	%	غطاء مائي	%
1993	23283	20.1	57780	45.1	75996	58.9	224754	146	8472	5.1
209	12772	9.5	21972	20.5	121209	83.7	322112	208.9	3857	2.4

وقت تباينت مساحات التغطية بالغطاء النباتي وفقاً لأصنافه وكما يأتي:

الغطاء النباتي الكثيف جدا : سجل هذا الصنف أعلى مساحة للتغطية فيه خلال الموسم المطري الرطب (1993) وبلغت مساحة تغطية 23283 كم2 بينما تدنت هذه المساحة إلى خلال الموسم الجاف إلى 12772 كم2 وبنسبة تصل إلى 50% من مقدار المساحة خلال الموسم الرطب.

خريطة(6) مؤشر الغطاء النباتي NDVI للموسم البارد الرطب (1992 – 1993) في منطقة الدراسة.

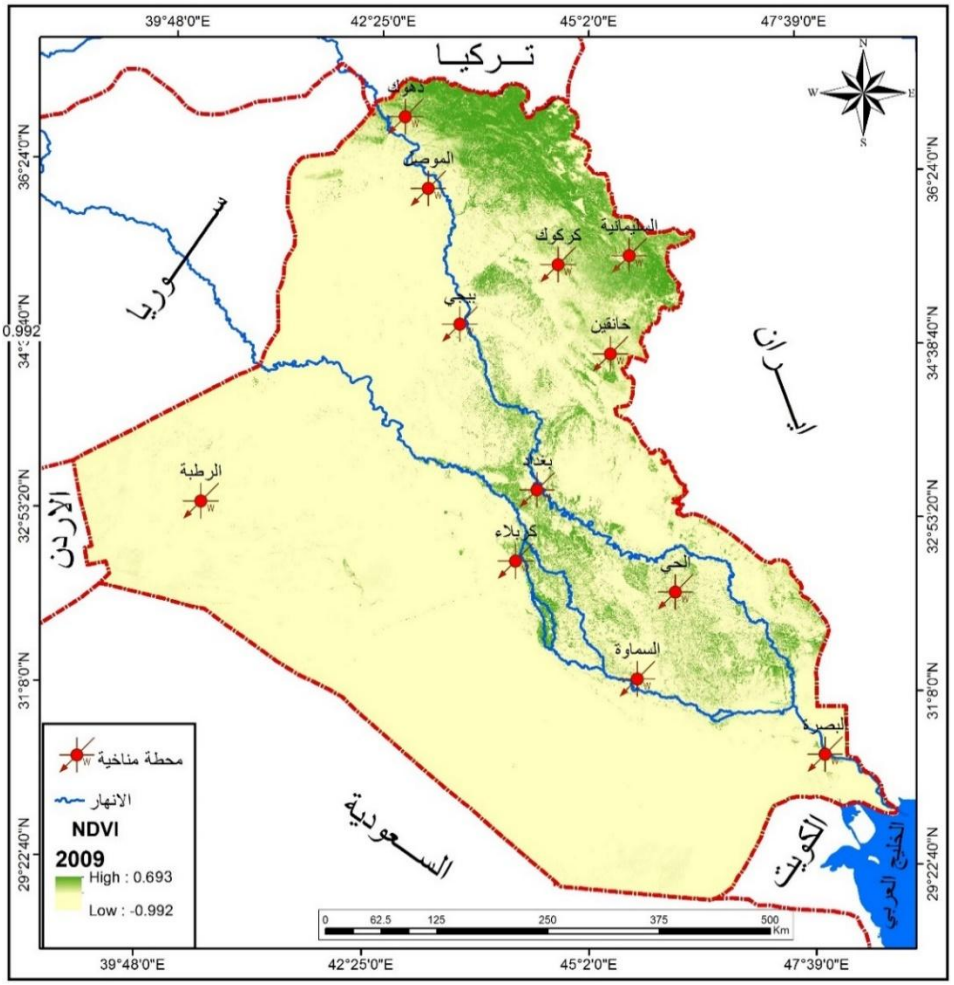


المصدر: عمل الباحث اعتمادا على :تحليل مرئيات القمر land sat 5-4 والملتقطة في ربيع 1993.

الغطاء النباتي الكثيف:

بلغت مساحة هذا الصنف في عموم العراق خلال الموسم الرطب 57780كم2 وبسنبة بلغت 45.1% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ، أما خلال الموسم الجاف فقد تدنت مساحة التغطية إلى 21972 كم2 وبسبة تغطية بلغت 20.5 % من إجمالي المساحة للمنطقة، أما بالنسبة للصنف الضعيف من أصناف الغطاء النباتي فقد سجل مقداراً للتغطية خلال الموسم الرطب بلغ 75996كم2 بينما ارتفعت هذه المساحة خلال الموسم الجاف لتصل إلى 121209كم2 وبنسبة بلغت 83%من منطقة الدراسة، أما الصنف الأخير الذي يمثل الأراضي الجرداء ، فقد سجل أعلى مساحلة له خلال الموسم الجاف لتبلغ 322112كم2 ، بينما تتقلص ضمن وجود الموسم الرطب لتبلغ 224754كم2 خريطة(

خريطة(7) مؤشر الغطاء النباتي NDVIوالغطاء المائي NDWI للموسم الحار الجاف (2008 - 2009) في منطقة الدراسة.



المصدر: عمل الباحث اعتمادا على :تحليل مرئيات القمر land sat 5-4 والملتقطة في ربيع 2009.

الاستنتاجات:

1- تبين من خلال المعالجة الإحصائية أنَّ الجفاف يزداد تكراراً وشدة مع الزمن في محطات منطقة الدراسة نتيجة للارتفاع الملحوظ في درجة الحرارة وقلة الأمطار.

2- إنَّ الاتجاه العام لمؤشر الجفاف الاستطلاعي يتجه نحو التناقص في قيمه وبالتالي فأنَّ الجفاف يتجه نحو التعمق مع الزمن في منطقة الدراسة.

3- توضح خارطة مخاطر الجفاف أنَّ المنطقة المتموجة تتعرض لمخاطر جفاف بشكل أكبر من بقية أجزاء منطقة الدراسة ، بسبب التسارع في موجات الجفاف التي تتعرض لها من حيث شدتها وتكرارها والتغير في مؤشراتها.

4- إنَّ الغطاء النباتي الكثيف والكثيف جداً يتأثر سلبياً بشكل كبير جداً في السنوات الجافة، وأنَّ أكبر تغير يكون في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة كونها الأكثر تعرضاً لمخاطر الجفاف.

التوصيات:

1- إجراء مزيد من الدراسات عن الجفاف والتقصي والبحث باستخدام الوسائل والتقنيات الحديثة في هذا المجال.

2- التعمق في الدراسات المناخية والتغيرات المناخية وعلاقتها بالجفاف المناخي.

3- الاطلاع على الدراسات الإقليمية والعالمية في مجال التكيف وإدراة الأزمات والكوارث البيئية لغرض تحجيم آثارها البيئية والاقتصادية.

المصادر:

1. أنور فتح الله إسماعيل، الجفاف المناخي ،سلسلة الدراسات المناخية (2) المكتبة الوطنية للنشر والتوزيع - طرابلس ليبيا 1435 هـ - 2014.
2. Qiang Zhang, et al., Regional Frequency Analysis of Droughts in China: A Multivariate Perspective, Water Resource Manage (springer), 2015.
3. G. Tsakiris and H. Vangelis, Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration, Lab. of Reclamation Works & Water Resources Management National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou, Athens – Greece,2005.
4. دليل المؤشرات والأرقام القياسية لإدارة الجفاف، البرنامج المتكامل لإدارة الجفاف، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، المركز الوطني للتخفيف من آثار الجفاف (NDMC) لولاية نبراسكا، مطبوعات، 2016 .
5. Asadi Zarch M. A., Malekinezhad H., Mobin M.H., Dastorani M.T. and Kousari M.R.,
6. 2011. Drought Monitoring by Reconnaissance Drought Index (RDI) in Iran. Water
7. Resources Management, 25(13.
8. حسن حميد كاطع واخرون، استخدام الاستشعار عن بعد في تمييز الاغطية الأرضية لمنطقة غرب بحيرة الرزازة، وزارة الموارد المائية، مركز الدراسات البئية،2005،ص2.
9. SALLY JEWELL, Suzette M. Kimball, Use of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Habitat Models to Predict Breeding Birds on the San Pedro River, Arizona, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2013,P2.
10. Sruthi.S, M.A. Mohammed Aslam, Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District, INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RESOURCES, COASTAL AND OCEAN ENGINEERING , Dept. of Geology, CUK-Kadaganchi, Gulbarga, Karnataka, (2015).
11. حليمة إبراهيم الزُبيدي، تقييم حالة الجفاف باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد دراسة تطبيقية على المناطق الغربية لمحافظة الطائف بالمملكة العربية السعودية، مجلة الآداب والعلوم الاجتماعية جامعة السلطان قابوس، سلطنة عمان، 2015.
12. احمد صالح المشهداني، احمد مدلول الكبيسي، علم التحسس النائي، وزارة التعليم العالي، جامعة بغداد، وزارة الزراعة، بغداد،2014.
13. إيهاب عبد الحميد هنداوي عبد لسلام ، استخدام الاستشعار من البعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة التنمية المستدامة للأراضي ا لزراعية بمحافظة كفر الشيخ ، رسالة ماجستير ، معهد التخطيط القومي، القاهرة ،مصر،2018.
14. (13) R. Zareia, M. Sarajiana, S. Bazgeerb, Monitoring Meteorological Drought in Iran Using Remote Sensing and Drought Indices, Faculty of Engineering, University of Tehran, 2013.
15. فراس الغماز، استخدام تقانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة تاثير الجفاف في زراعة بعض المحاصيل البعلية وانتاجها ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، جامعة دمشق، كلية الهندسة الزراعية، دمشق، 2015.