التحليل الجغرافي للجفاف المناخي في وادي حضرموت/ اليمن (دراسة في المناخ التطبيقي)

سالم عبيد أحمد بانوَّاس*

الملخص

تناولت هذه الدراسة تحليل الجفاف المناخي في وادي حضرموت بالجمهورية اليمنية خلال المدة من 1983م – 2022م، ومعرفة اتجاهات تكرار الجفاف، ثم إبراز التباين المكاني والزماني في قيمه، اعتمادًا على مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي (SPI) اللذين يعدان من المؤشرات العالمية التي اعتمدتها المنظمة العالمية للإرصاد الجوي (WMO) في حساب الجفاف، وقد استخدم الباحث برنامج (Drin C 1.7) في استخراج قيم الجفاف على المستوى السنوي لكل محطة مناخية.

وتوصلت الدراسة إلى أنَّ لمؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي (SPI) دوراً فعّالا في تحليل الجفاف في وادي حضرموت وتقييه، إذ أظهرت نتائج الدراسة من خلال تطبيق مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) أن جميع محطات وادي حضرموت المناخية تقع ضمن نوعين من المناخ هما: المناخ الجاف، والمناخ الشدة الجفاف، كما بيّنت الدراسة وفقًا لمؤشر المطر القياسي (SPI) أنَّ السنوات الجافة كانت أكثر تكرارًا خلال مدة الدراسة (1983 –2022م) من السنوات الرطبة في جميع المحطات المناخية، ما عدا محطة (جنوب السوم) التي كانت فيها السنوات الرطبة الأكثر تكرارًا من السنوات الجافة خاصة في مُدد الدراسة الثانية (1993– 2002م)، والثالثة (2003 – 2012م)، والرابعة (2013 – 2022م).

الكلمات المفتاحية: الجفاف المناخي – مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) – مؤشر المطر القياسي (SPI)– وادي حضرموت.

المقدمة:

يعد الجفاف من الظاهرات المناخية التي تواجه العديد من الأقاليم الجغرافية لا سيما الأقاليم الجافة وشبه الجافة، وكذلك الأقاليم شبه الرطبة، وقد أصبحت العديد من دول العالم تعاني من هذه الظاهرة المناخية؛ بسبب التغيرات المناخية والاحتباس الحراري. وتحدث ظاهرة الجفاف نتيجة لعدة أسباب منها: ارتفاع معدلات درجات الحرارة والتبخر، وقلة سقوط الأمطار وتذبذبها عن معدلها العام بحيث لا تفي بالاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية، مما ينتج عنه انخفاض إنتاجية الأراضي المزروعة، ومن ثم تدهورها، وقد تتعرض للتصحر في حالة استمرار الجفاف لسنوات طويلة، مما يجعل استعادة خصوبتها وزراعتها أمرًا صعبًا.

ووادي حضرموت يقع ضمن المنطقة المدارية، ويمتاز بارتفاع درجة الحرارة، ومعدلات التبخر العالية، فضلًا عن قلة سقوط الأمطار، وهذه

* مُدرّس بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية –كلية الآداب–. جامعة حضرموت.

الأسباب تؤدي إلى حدوث ظاهرة الجفاف. لذلك فإنَّ هذه الدراسة ستسلط الضوء على تحليل الجفاف في وادي حضرموت، إذ وضع العلماء – سواء كان علماء الإرصاد الجوية والمناخ أو الهيدرولوجيا أو الزراعة– العديد من المؤشرات لحساب الجفاف التي تعتمد في حسابها على بعض العناصر المناخية، فبعض هذه المؤشرات بسيط في استخدامه والبعض الآخر معقد الاستخدام، ومن ضمن هذه المؤشرات: معامل جفاف كوبن (Koppen)، ومعامل لانج (Lang)، ومعامل ديمارتون (De Martone)، ومعادلة ثورنثويت (Thornthwaite) للجفاف... وغيرها من معادلات الجفاف الأخرى، كما أن بعض المؤشرات يستخدم البرامج الإلكترونية كما هو الحال في مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI)، ومؤشر هطول المطر القياسي (SPI)، وهذان المؤشران هما اللذان استخدما في هذه الدراسة؛ كونهما يعدان من المؤشرات العالمية التي اعتمدتهما المنظمة العالمية للإرصاد الجوية (WMO) في حساب الجفاف، ويعتمد الأول في حسابه على عنصري الأمطار والتبخر/ النتح الممكن، بينما يستند الآخر في حسابه على عنصر الأمطار فقط.

- **مشكلة الدراسة:**

يعد الجفاف من المشكلات البيئية الخطيرة التي يعاني منها اليمن عامة ووادي حضرموت خاصة، كما يعد من الظاهرات المناخية بالغة الأهمية، وإحدى المشكلات التي تواجه عملية تنمية المجتمعات في العالم (ضيف الله، 2022، ص 97)؛ وذلك لما له من تأثيرات سلبية على المناطق التي يتعرض لها. وعلى ضوء ذلك يمكن صياغة مشكلة الدراسة في الأسئلة الآتية:

1- ما مدى فاعلية مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي (SPI) في الكشف عن حالات الجفاف في وادي حضرموت؟

2- هل هناك زيادة في تكرار موجات الجفاف في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربعة وفقًا لمؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي (SPI)؟

3- ما أوجه التباين المكاني والزماني في قيم مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI) والمطر القياسي (SPI)؟

- **فرضيات الدراسة:**

للإجابة عن تساؤلات الدراسة يمكن وضع الفرضيات الآتية:

1- أنَّ لمؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي (SPI) دوراً فعّالاً في الكشف عن حالات الجفاف في وادي حضرموت.

2- هناك زيادة واضحة في تكرار موجات الجفاف في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربعة وفقًا لمؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي (SPI).

3- تتباين قيم مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI) والمطر القياسي (SPI) مكانيًا وزمانيًا.

- **أهداف الدراسة:**

تستهدف الدراسة الآتي:

1- تحليل وتقييم الجفاف في وادي حضرموت بالاعتماد على مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي (SPI).

2- معرفة اتجاهات تكرار الجفاف في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة أربع وفقًا لمؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI)، والمطر القياسي.

3- إبراز أوجه التباين المكاني والزماني في قيم مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI) والمطر القياسي (SPI).

- **منهجية وأساليب الدراسة:**

تعد منهجية الدراسة إحدى الخطوات الأساسية للبحث العلمي، وقد اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الكَمِّي التحليلي؛ بهدف تحليل تكرارات حالات الجفاف في وادي حضرموت، ومعرفة تباياتها الزمانية والمكانية على مدى 40 سنة، من خلال تقسيمها إلى أربعة مُدد زمنية، طول كل مدة زمنية (10 سنوات). وقد استخدمت الدراسة لتطبيق مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI) والمطر القياسي (SPI) برنامج (Drin C 1.7) الذي صُمم لتحليل البيانات المناخية للخروج بنتائج تبيّن قيم ودرجات الجفاف في وادي حضرموت، ومن ثم تصنيفها وفق جداول مخصصة لهذا الغرض. كما استخدم برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS Pro.3.0.2) لرسم الخرائط التي تحتاجها الدراسة.

- **حدود الدراسة:**

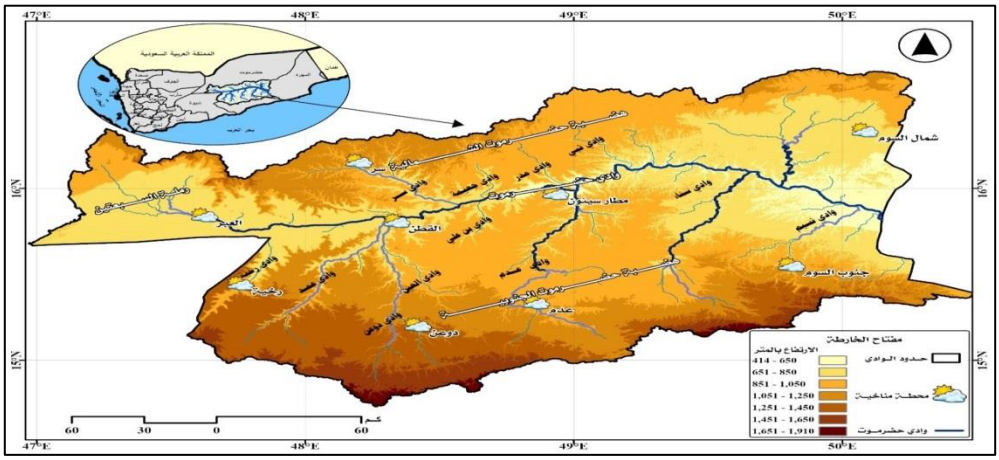
1- الحدود المكانية:

ينحصر وادي حضرموت إحداثيًّا بين دائرتي عرض ("49 '43 °14 - "55 '41 °16) شمال خط الاستواء، وخطي طول ("12 '58 °46 - "9 '30 °50) شرق خط جرينتش - الخارطة (1)-، أما مكانيًّا فيقع في قلب محافظة حضرموت الواقعة في الجزء الشرقي من الجمهورية اليمنية، ويمتد من الغرب إلى الشرق شاغلًا بذلك الثنية المقعرة بين الثنيتين المحدبتين (هضبتي حضرموت الشمالية والجنوبية)، وتنحصر حدوده بين رملة السبعتين غربًا ووادي المسيلة شرقًا عند منطقة (قَسَمْ) التي تفصلهما إلى واديين وادي حضرموت في الغرب ووادي المسيلة المتجه نحو الجنوب الشرقي ويصب في البحر العربي، أما من الشمال فتحده هضبة حضرموت الشمالية، وتحديدًا خط تقسيم المياه الفاصل بين الأودية التي تصب في صحراء الربع الخالي شمالًا، والأودية التي تصب في وادي حضرموت جنوبًا، بينما من الجنوب فتحده هضبة حضرموت الجنوبية وتحديدًا السلسلة الجبلية الساحلية التي تمثل خط تقسيم المياه بين الأودية المتجهة نحو وادي حضرموت شمالًا، وبين الأدوية المتجهة نحو البحر العربي جنوبًا.

2- الحدود الزمانية:

تتمثل الحدود الزمانية في المدة من 1983 – 2022م؛ بهدف تحليل وتقييم الجفاف في

وادي حضرموت بالاعتماد على مؤشري الجفاف الاستطلاعي (RDI) والمطر القياسي (SPI)، موزعة على تسع محطات إرصاديه هي (جنوب السوم، عِدِم، دَوْعَن، رَخْية، العبر، القطن، مطار سيئون، شمال السوم، سَر). الخارطة (1).



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:

نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، (دقة 30 متر)، تم تنزيلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) عبر الرابط: https://earthexplorer.usgs.gov

باستخدام برنامج (ArcGIS Pro.3.0.2).

الخارطة (1): الموقع الفلكي والجغرافي لوادي حضرموت

1: مؤشر الجفاف الاستطلاعي Reconnaissance Drought Index :(RDI)

يعد هذا المؤشر من المؤشرات المهمة والمعتمدة لتقييم شدة الجفاف الذي أصدرته المنظمة العالمية للإرصاد الجوية (WMO) ضمن البرنامج المتكامل لإدارة الجفاف حول العالم (IDMP) (دليل المؤشرات والأرقام القياسية لإدارة الجفاف، 2016، ص 17)، وقد وضع هذا المؤشر من قبل الباحثين Vangelis و Tsakiris في العام 2005م كمؤشر عالمي شامل يمكن استخدامه لحساب قيم الجفاف في العديد من المناطق ذات المناخات المختلفة (الجصاني، 2021م، ص 223)، ويستند في حسابه على بيانات هطول الأمطار (P) والتبخر/ النتح الممكن (PET) (الحبتي، 2017م، ص 6)، وهو يعد من المؤشرات الموثوق بها؛ لأنه يحسب مجموع الفرق بين الأمطار والتبخر/ النتح الممكن، كما أنه مثالي لدراسة عدم استقرار الظروف المناخية (Asadi, et al, 2013, P 2409).

ولتطبيق هذا المؤشر استخدم برنامج (Drin C 1.7) الذي صمم لهذا الغرض، ويعبر عن هذا المؤشر بثلاث صيغ رياضية: الصيغة الأولية

($RDI\ a_k$)، والصيغة العادية Normalised (RDI_n)، والصيغة المعيارية Standardised (RDI_{st}) (Tigkas, et al, 2015, PP 3,4) صورة (1). وقد تم الاعتماد على الصيغة الأولية ($RDI\ a_k$). إذ يمكن احتسابها على أساس شهري أو فصلي (3 أو 4 شهور.... أو أكثر) أو سنوي، والصيغة التي تم استخدامها هي السنوية (a_{12}). وتكتب المعادلة الرياضية لمؤشر الجفاف الاستطلاعي على النحو الآتي (Tigkas, et al, 2013, P 1335):

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

إذ إن:

P_{ij} = الأمطار لأي شهر (j) من أي سنة (i).

PET_{ij} = التبخر/ النتح الممكن لأي شهر (j) من أي سنة (i).

K = عدد شهور الدراسة (12 شهر).

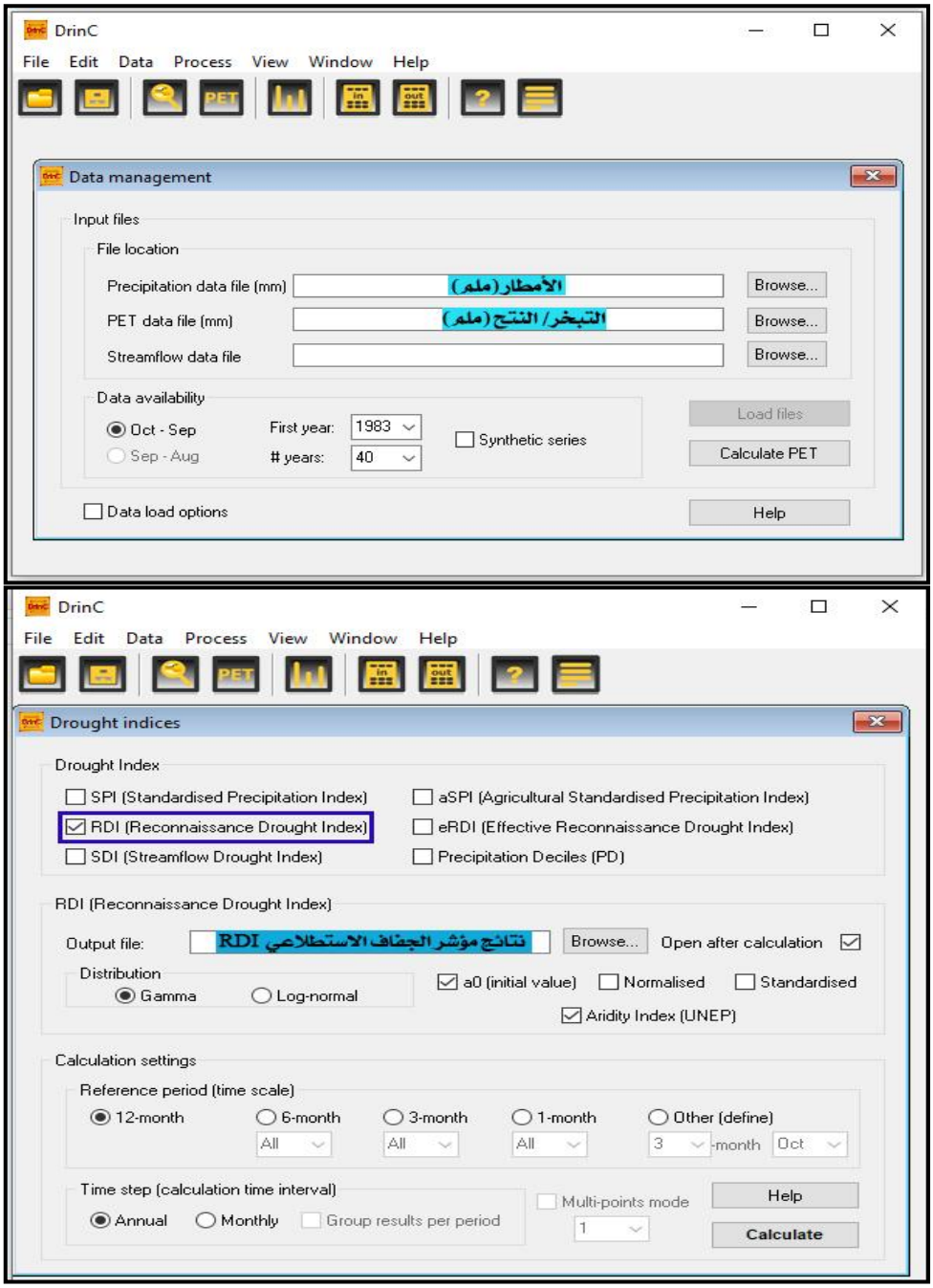
N = عدد سنوات الدراسة (40 سنة).

ويتيح هذا المؤشر حرية حساب التبخر/ النتح بطريقة بنمان مونتيث، أو بطريقة ثورنثويت، وقد تم استخراج بيانات التبخر/ النتح المحسوبة بطريقة بنمان مونتيث من خلال موقع (Terra Climate) الممول من قِبَل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA)، وحُسِبَتْ قيم الجفاف هذا المؤشر وفق طريقته. وتتباين قيم ودرجات الجفاف في هذا المؤشر بحسب شدتها ودرجة قوتها إلى خمس فئات كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول (1): درجات الجفاف والرطوبة حسب معامل الجفاف الاستطلاعي (RDI)

معيار الجفاف	طريقة بنمان مونتيث	طريقة ثورنثويت
شديد الجفاف Hyper–Arid	أقل من 0.03	أقل من 0.05
جاف Arid	0.20 – 0.03	0.20 – 0.05
شبه جاف Semi–Arid	0.50 – 0.20	0.50 – 0.20
شبه رطب Sub–Humid	0.75 – 0.50	0.65 – 0.50
رطب Humid	أكبر من 0.75	أكبر من 0.65

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



صورة (1): واجهة برنامج (Drin C 1.7) ومدخلات مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI)

1-1: تحليل تكرار موجات الجفاف وفقًا لمؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI):

من خلال الجدول السابق الذي يبين درجات الجفاف والرطوبة حسب معامل الجفاف الاستطلاعي (RDI) تم تحليل تكرار قيم الجفاف الاستطلاعي في محطات وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع التي أظهرت نتائجها في الجدول (2)، إذ تبين أن وادي حضرموت يعاني من الجفاف خلال مُدد الدراسة الأربع التي تراوحت بين نوعين من المناخ هما: المناخ الجاف، والمناخ شديد الجفاف لكل محطة مناخية، ويمكن تفصيل ذلك على النحو الآتي:

1-1-1: المناخ الجاف Arid:

سجل صنف المناخ الجاف تكرارات متباينة خلال مُدد الدراسة الأربعة، وقد سجل أعلى تكرار لهذا المناخ في محطتي (جنوب السوم، ودوعن)، إذ بلغ (5، 10، 9، 9) سنوات في محطة (جنوب السوم) لكل مدة زمنية على الترتيب، بينما بلغ (7، 6، 5، 5) سنوات في محطة (دوعن) لكل مدة زمنية على الترتيب، ويلاحظ على هذا المناخ في هاتين المحطتين (جنوب السوم، ودوعن) أنه انخفض في تكراره خلال المدتين الثالثة والرابعة؛ مما يعني ظهور مناخ أكثر منه شدة تمثل في صنف المناخ شديد الجفاف؛ ولعل ذلك يعود إلى ارتفاع كمية التبخر/النتح، أما أقل تكرار لهذا الصنف من المناخ فقد سجلته محطت (العبر، والقطن) إذ بلغ (3، 2، 0، 3) سنوات في محطة (العبر) لكل مدة زمنية على الترتيب، في حين بلغ (5، 3، 1، 4) سنوات في محطة (القطن) لكل مدة زمنية على الترتيب.

1-1-2: المناخ شديد الجفاف Hyper-Arid:

سجل هذا النوع من المناخ تكرارات متباينة خلال مُدد الدراسة الأربع، وتزداد هذه التكرارات خلال المدتين الثالثة والرابعة في جميع المحطات المناخية؛ وهذا يعني اتجاه المناخ نحو الشدة، عدا محطة (جنوب السوم) التي يقل فيها تكرار هذا النوع من المناخ خلال هاتين المدتين (الثالثة والرابعة)، أما من حيث المحطات فقد سجل أعلى تكرار في محطات (العبر، والقطن، ومطار سيئون)، إذ بلغ (7، 8، 10، 7) سنوات في محطة العبر لكل مدة على الترتيب، في حين بلغ (5، 7، 9، 6) سنوات في محطة القطن لكل مدة على الترتيب، بينما بلغ (6، 3، 9، 8) سنوات في محطة سيئون لكل مدة على الترتيب؛ ولعل زيادة تكرار هذا النوع من المناخ يعود إلى انخفاض كمية الأمطار في هذه المحطات مقارنة ببقية المحطات الأخرى، أما أقل تكرار فقد سجلته محطة (جنوب السوم) بتكرار بلغ (5، 0، 1، 1) سنوات لكل مدة على الترتيب.

الجدول (2): تكرار مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربعة

المحطة	المدة الأولى 1983 – 1992م		المدة الثانية 1993 – 2002م		المدة الثالثة 2003 – 2012م		المدة الرابعة 2013 – 2022م	
	جاف	شديد الجفاف	جاف	شديد الجفاف	جاف	شديد الجفاف	جاف	شديد الجفاف
جنوب السوم	5	5	10	0	9	1	9	1
عدم	5	5	5	5	3	7	4	6
دوعن	7	3	6	4	5	5	5	5
رخية	6	4	4	6	3	7	4	6
العبر	3	7	2	8	0	10	3	7
القطن	5	5	3	7	1	9	4	6
مطار سيئون	4	6	7	3	1	9	2	8
شمال السوم	5	5	3	7	3	7	5	5
سر	5	5	5	5	3	7	4	6

المصدر: من عمل الباحث بوساطة مخرجات برنامج (Drin C 1.7) بالاعتماد على الملحق (1).

2-1: النمذجة المكانية لمؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI):

يتضح من خلال الجدول (3) أن هناك تبايناً مكانياً وزمانياً في قيم مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI)، إذ تقع جميع المحطات المناخية وفقًا لهذا المؤشر ضمن نوعين من المناخ هما (المناخ الجاف، والمناخ شديد الجفاف)، إلّا أن هذه المحطات تتباين فيما بينها في قيم ودرجات الجفاف يمكننا تفصيلها على النحو الآتي:

الجدول (3): معدل مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربعة

المحطة	المدة الأولى 1983 – 1992م		المدة الثانية 1993 – 2002م		المدة الثالثة 2003 – 2012م		المدة الرابعة 2013 – 2022م	
	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ
جنوب السوم	0.04	جاف	0.04	جاف	0.04	جاف	0.05	جاف
عدم	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	شديد الجفاف	0.03	جاف
دوعن	0.05	جاف	0.03	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف
رخية	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	شديد الجفاف	0.03	جاف
العبر	0.03	جاف	0.02	شديد الجفاف	0.01	شديد الجفاف	0.02	شديد الجفاف
القطن	0.03	جاف	0.02	شديد الجفاف	0.02	شديد الجفاف	0.03	جاف
مطار سيئون	0.03	جاف	0.03	جاف	0.02	شديد الجفاف	0.02	شديد الجفاف
شمال السوم	0.03	جاف	0.03	جاف	0.03	جاف	0.03	جاف
سر	0.04	جاف	0.02	شديد الجفاف	0.02	شديد الجفاف	0.03	جاف

المصدر: من عمل الباحث بوساطة مخرجات برنامج (Drin C 1.7) بالاعتماد على الملحق (1).

– سجلت محطة جنوب السوم قيماً متباينة من درجات المناخ الجاف خلال مُدد الدراسة الأربع، إذ بلغت قيمة الجفاف (0.4، 0.4، 0.04، 0.05) لكل مدة زمنية على الترتيب، وعلى الرغم من ثبات قيمة الجفاف في المُدد الزمنية الأولى والثانية والثالثة في هذه المحطة، إلّا أنها ارتفعت قليلًا في المدة الرابعة، وتعود هذه الزيادة الطفيفة إلى زيادة في كمية الأمطار الساقطة في هذه المحطة.

– أما محطة عدم فقد تباين نوع المناخ فيها بين مدة زمنية وأخرى، إذ تقع هذه المحطة ضمن فئة المناخ الجاف في المدتين الأولى

والثانية بمعدل جفاف بلغ (0.04، 0.03) لكل منهما، في حين انتقلت إلى فئة المناخ شديد الجفاف في المدة الثالثة بمعدل جفاف بلغ (0.02)؛ ولعل هذا الانخفاض يعود إلى قلة كمية الأمطار وارتفاع كمية التبخر/النتح في هذه المدة الثالثة، بينما عاودت هذه المحطة إلى الانتقال إلى فئة المناخ الجاف في المدة الرابعة بمعدل جفاف بلغ (0.03)؛ مما يعني ارتفاع كمية الأمطار في هذه المدة الرابعة.

– في حين وقعت محطة دوعن ضمن فئة المناخ الجاف في جميع المُدد الأربعة، إلّا انها تتباين في قيم الجفاف، إذ بلغ معدل الجفاف فيها (0.05، 0.03، 0.03، 0.04) لكل مدة زمنية على الترتيب.

– وقد تباين نوع المناخ في محطة رخية بين المناخ الجاف، والمناخ شديد الجفاف، إذ تقع ضمن فئة المناخ الجاف في المدتين الأولى والثانية بمعدل جفاف بلغ (0.04، 0.03) لكل منهما، في حين انخفضت قيمة الجفاف في المدة الثالثة إلى (0.02) مما أدى إلى انتقال هذه المحطة إلى فئة المناخ شديد الجفاف؛ وهذا يرجع إلى قلة الأمطار الساقطة، بينما أخذ معدل قيمة الجفاف بالارتفاع في المدة الرابعة إلى (0.03)، وهذا يعني أن هذه المحطة عاودت الانتقال إلى فئة المناخ الجاف.

– أما محطة العبر فقد سجلت خلال المدة الأولى قيمة جفاف بلغت (0.03)، مما يجعلها تدخل ضمن فئة المناخ الجاف، في حين انخفضت قيم الجفاف في هذه المحطة خلال المُدد الزمنية الثانية والثالثة والرابعة بمعدل بلغ (0.02، 0.01، 0.02)، مما يعني انخفاضاً في كمية الأمطار الساقطة في هذه المحطة وهذا جعلها تنتقل إلى فئة المناخ شديد الجفاف.

– أما محطة القطن فقد سجلت خلال المدة الأولى قيمة جفاف بلغت (0.03)، وهي بهذه القيمة تدخل ضمن فئة المناخ الجاف، بينما انخفضت قيم الجفاف في هذه المحطة خلال المدتين الزمنيتين الثانية والثالثة إلى (0.02) لكل منهما، مما يجعل فئة المناخ هذه تدخل ضمن فئة المناخ شديد الجفاف، أما في المدة الرابعة فقد ارتفعت قيمة الجفاف قليلًا إلى (0.03)، وهذا جعلها تنتقل إلى فئة المناخ الجاف.

– وهكذا بالنسبة لمحطة مطار سيئون التي تدخل ضمن فئة المناخ الجاف خلال المدتين الأولى والثانية بمعدل جفاف بلغ (0.03) لكل منهما، في حين أنها انتقلت إلى فئة المناخ الشديد الجفاف خلال المدتين الثالثة والرابع بمعدل جفاف بلغ (0.02) لكل منهما؛ مما يعني الزيادة في شدة الجفاف في هذه المحطة.

– في حين دخلت محطة شمال السوم ضمن فئة المناخ الجاف في جميع المدد الأربعة، بمعدل جفاف بلغ (0.03) لكل منها على الترتيب.

– وفيما يتعلق بمحطة سر فقد سجلت أعلى معدل جفاف لها في المدة الأولى بلغ (0.04)، وهي بذلك تقع ضمن فئة المناخ

الجاف، في حين انخفض معدل الجفاف في هذه المحطة إلى (0.02) خلال المدتين الثانية والثالثة، مما جعلها تنتقل إلى فئة المناخ الشديد الجفاف؛ وهذا يرجع إلى قلة كمية الأمطار خلال هاتين المدتين الزمنيتين، أما في المدة الرابعة فقد عاودت هذه المحطة الانتقال إلى فئة المناخ الجاف مرة أخرى بمعدل جفاف بلغ (0.03)، وهذا يعني زيادة كمية الأمطار خلال هذه المدة الرابعة.

أما النمذجة الخرائطية لأقاليم الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت التي تباينت بين المناخ الجاف والمناخ شديد الجفاف، فيلاحظ من خلال الجدول (4) والخرائط (2، 3، 4، 5) أنَّ هناك تبايناً في نطاق تأثيرهما المساحي بين المحطات المناخية خلال مُدد الدراسة الأربعة، ويمكن تفصيل هذا التباين على النحو الآتي:

الجدول (4): مساحة أقاليم مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربعة

إقليم معامل الجفاف الاستطلاعي (RDI)	المدة الأولى 1983 - 1992م		المدة الثانية 1993 - 2002م		المدة الثالثة 2003 - 2012م		المدة الرابعة 2013 - 2022م	
	مساحة الإقليم كم^2	النسبة %	مساحة الإقليم كم^2	النسبة %	مساحة الإقليم كم^2	النسبة %	مساحة الإقليم كم^2	النسبة %
شديد الجفاف	0.0	0	21225.7	46.5	35439.6	77.7	18978.1	41.6
جاف	45629.4	100	24403.7	53.5	10189.8	22.3	26651.3	58.4
المجموع	45629.4	100	45629.4	100	45629.4	100	45629.4	100

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (3) باستخدام برنامج ArcGIS Pro.3.0.2 .

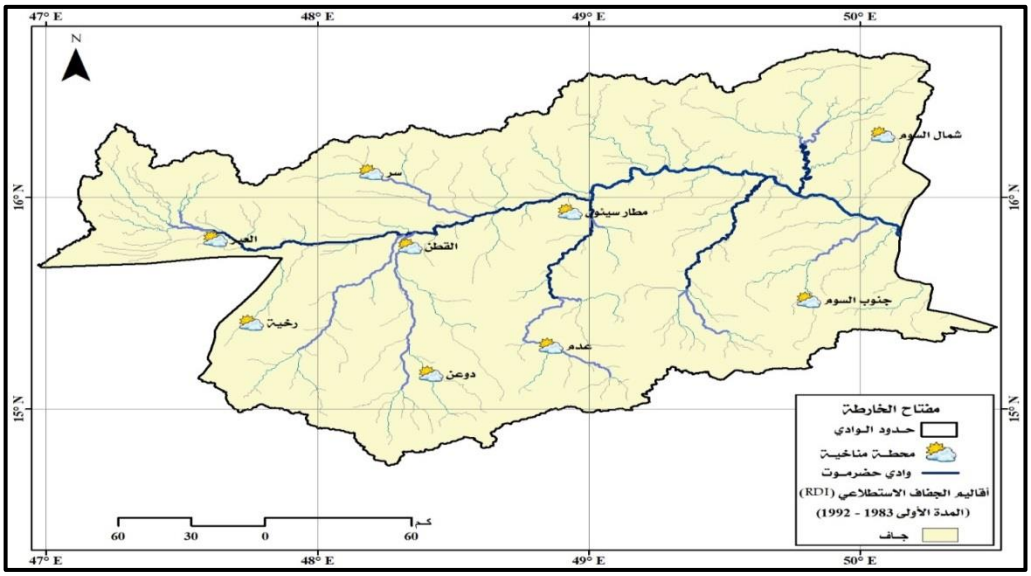
1-2-1: المناخ الجاف Arid:

وهو المناخ السائد في معظم محطات وادي حضرموت المناخية، إذ يغطي مساحة كبيرة مقارنة بالمناخ الشديد الجفاف، فهو يغطي كامل مساحة منطقة الدراسة (45629.4 كم^2) خلال المدة الأولى (1983 - 1992م) بوزن نسبي قدره (100%)، شاغلًا بذلك جميع المحطات المناخية، وقد تناقصت مساحة هذا المناخ في المدة الثانية (1993 - 2002م) إلى (24403.7 كم^2) وهو ما يعادل (53.5%) من مساحة منطقة الدراسة، ويشغل بهذه المساحة محطات (جنوب السوم، وعدم، ودوعن، ورخية، ومطار سيئون، وشمال السوم)؛ ويعود الانخفاض في مساحة هذا

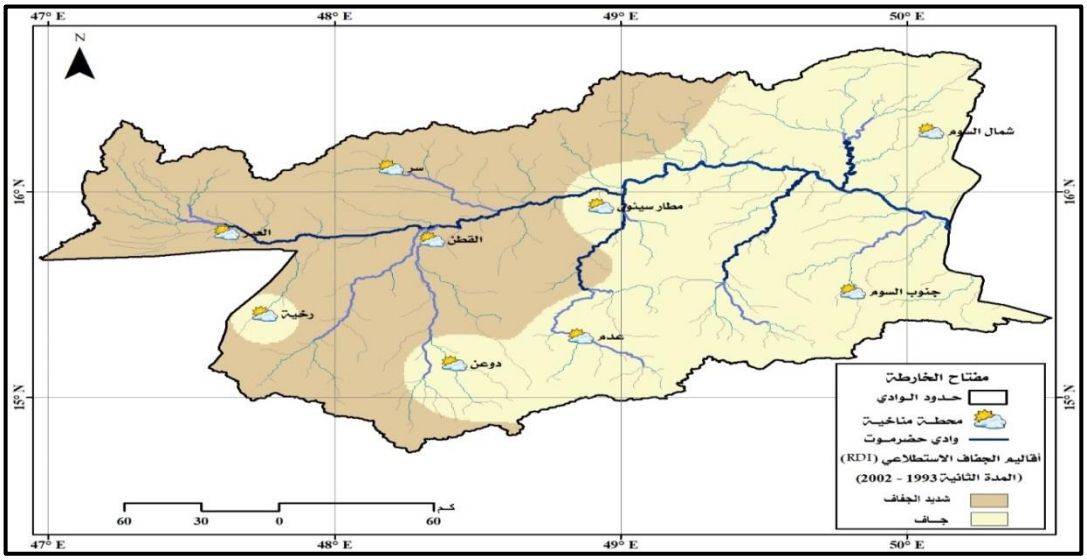
المناخ إلى ظهور مناخ آخر أشد جفافًا منه وهو المناخ الشديد الجفاف، وقد استمرت مساحة هذا المناخ في التناقص في المدة الثالثة (2003– 2012م) إلى (10189.8 كم^2) وهو ما نسبته (22.3%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويشمل محطات (جنوب السوم، ودوعن، وشمال السوم)، أما في المدة الرابعة (2013 – 2022م) فقد ارتفعت مساحة هذا الإقليم المناخي الجاف لتصل إلى (26651.3 كم^2) وهو ما يعادل (58.4%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويشمل بهذه المساحة محطات (جنوب السوم، وعدم، ودوعن، ورخية، والقطن، وشمال السوم، وسر)؛ ولعل زيادة المساحة في هذه المدة يعود إلى الارتفاع في كمية الأمطار الساقطة مقارنة بالمدتين الثانية والثالثة.

1-2-2: المناخ شديد الجفاف Hyper-Arid:

يشغل هذا الإقليم المناخي مساحة قليلة مقارنة بالإقليم الجاف، وتتباين مساحته بين مُدد الدراسة الأربع، فهو يختفي خلال المدة الأولى (1983 – 1992م)، إذ لم يسجل أي مساحة تذكر خلال هذه المدة؛ أما في المدة الثانية (1993 – 2002م) فقد ظهر هذا الإقليم في منطقة الدراسة شاغلًا مساحةً قدرها (21225.7 كم^2)، وهو ما نسبته (46.5%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويشمل بذلك محطات (العبر، والقطن، وسر)، وهذا يعني اشتداد الجفاف في منطقة الدراسة، في حين ارتفعت مساحة هذا الإقليم المناخي في المدة الثالثة (2003 – 2012م) لتصل إلى (35439.6 كم^2) وهو ما يمثل (77.7%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويشغل بهذه المساحة محطات (عدم، ورخية، والعبر، والقطن، ومطار سيئون، وسر)، أما المدة الرابعة (2013 – 2022م) فقد انخفضت مساحة هذا الإقليم المناخي إلى (18978.1 كم^2) وهو ما يعادل (41.6%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويشمل محطتي (العبر، ومطار سيئون).

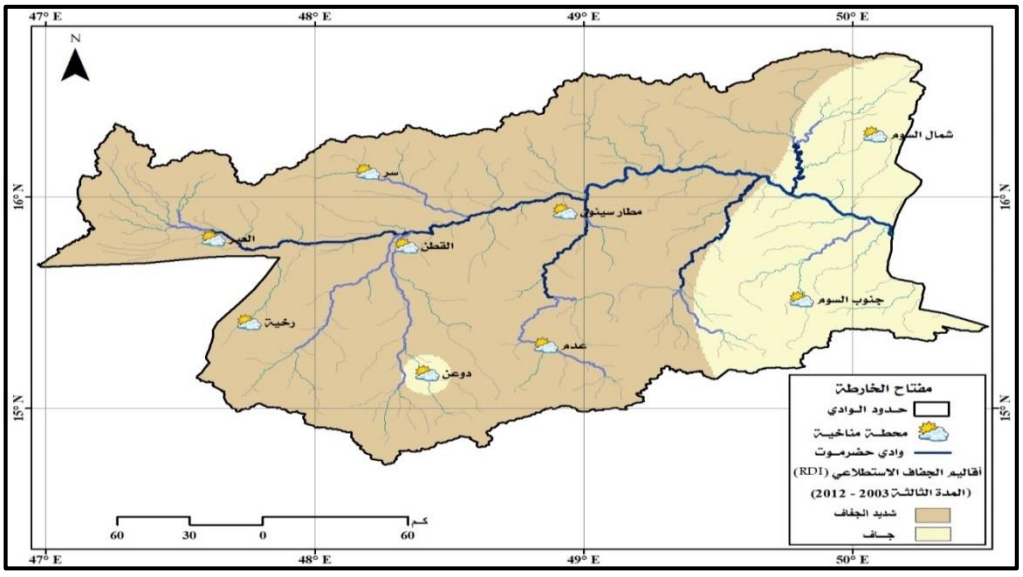


الخارطة (2): أقاليم الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت
خلال المدة الأولى (1983 –1992م)

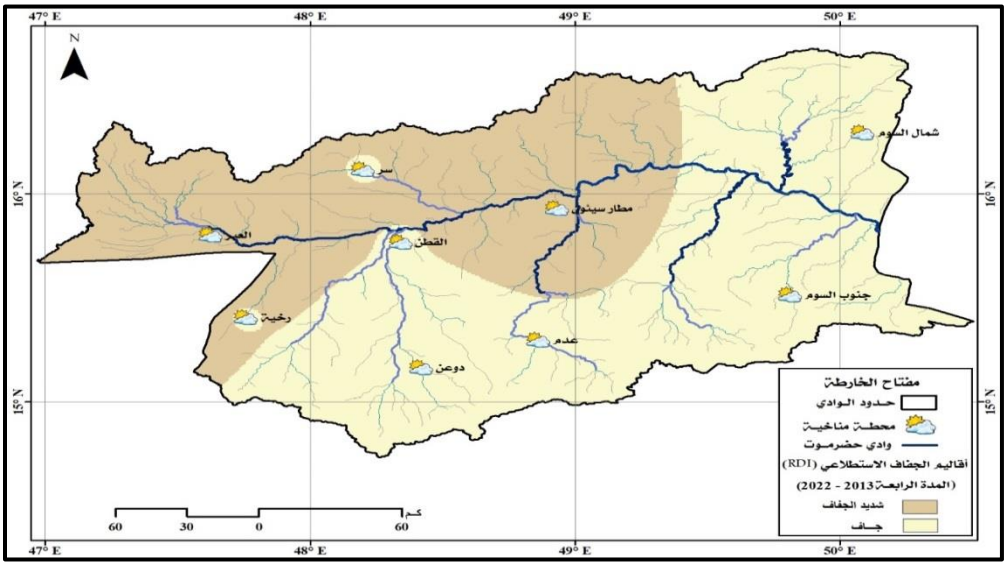


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (4) باستخدام برنامج ArcGIS Pro.3.0.2.

الخارطة (3): أقاليم الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت
خلال المدة الثانية (1993 –2002م)



الخارطة (4): أقاليم الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت خلال المدة الثالثة (2003 –2012م)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (4) باستخدام برنامج ArcGIS Pro.3.0.2.

الخارطة (5): أقاليم الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت خلال المدة الرابعة (2013 –2022م)

2: مؤشر المطر القياسي Standardized Precipitation Index(SPI):

يطلق على هذا المؤشر كذلك اسم مؤشر المطر المعياري، وصُمم من قبل (Teal Mackee وآخرون) لتقييم العجز في كمية الأمطار (Atiyah, et al, 2023, P 1536)، وقد تم تطوير هذا الدليل أو المؤشر لفهم تأثير الأمطار على خصائص رطوبة التربة ليناسب عدة مقاييس زمنية لتحليل الأمطار، لهذا يتم احتساب قيم هذا المؤشر لفترات تبلغ (3، 6، 12، 24) شهرًا حسب الغاية من التحليل (الجنابي، 2023، ص 362). ويعد هذا المؤشر من المؤشرات العالمية، لذا اعتمدته المنظمة العالمية للإرصاد الجوية (WMO) في عام 2009م كأداة عالمية لقياس حالات الجفاف في مجال الإرصاد الجوية (Ben Youssef, at al, 2024, P 201)، ولتطبيق هذا المؤشر استخدم برنامج (Drin C 1.7).

يتعامل مؤشر المطر القياسي (SPI) مع كل محطة مطرية منفردة، وهذا يعطي مؤشرًا للجفاف لكل محطة بدلًا من التعميم على كامل منطقة الدراسة (الحبتي، 2015، ص 295)، إذ يمثل المعدل العام للأمطار في تلك المحطة الحد الفاصل بين الرطوبة والجفاف، وبذلك فإن مصطلح الجفاف لا يرتبط بالمحطات ذات معدلات المطر المنخفضة، كما لا يرتبط مصطلح الرطوبة بالمحطات ذات معدلات المطر المرتفعة (رشيد، 2010، ص 61)، فعلى سبيل المثال إذا كانت كمية الأمطار الساقطة في سنة ما على محطة مطرية ذات معدل (1000 ملم) تساوي (900 ملم) تصنف هذه السنة على أنها سنة جافة، أما إذا سقطت كمية أمطار (120 ملم) على محطة مطرية ذات معدل (100 ملم) تصنف هذه السنة على أنها سنة رطبة. لذلك يمكن الاستفادة من هذا المؤشر في متابعة التغيرات المناخية في أي موقع من العالم، إذ يمكن ملاحظة أي تغير في كمية الأمطار سواء كان نحو الزيادة أو النقصان (رشيد، 2010، ص 61). ويفضَّل لحساب هذا المؤشر وجود بيانات مطرية لمدة زمنية لا تقل عن 30 عامًا (قاسم، وآخرون، 2021، ص118). وقد حدد (Mackee) طبقًا لهذا المؤشر فئات للسنوات الجافة والرطبة كما هو موضح في الجدول (5).

الجدول (5): فئات مؤشر المطر القياسي (SPI)

قيم SPI	التصنيف
$\geq (2)$	شديد الرطوبة جدًا (Extremely wet)
$(1.5) - (1.99)$	شديد الرطوبة (Severely wet)
$(1) - (1.49)$	متوسط الرطوبة (Moderately wet)
$(0) - (0.99)$	معتدل الرطوبة (Mild wet)
$(-0.99) - (0)$	معتدل الجفاف (Mild drought)
$(-1.49) - (-1)$	متوسط الجفاف (Moderately drought)
$(-1.99) - (-1.5)$	شديد الجفاف (Severely drought)
$\leq (-2)$	شديد الجفاف جدًا (Extremely drought)

McKee, T. B. Doesken, N.J& Kleist, J. (2003), The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Seals. Preprints", Eight conf. on Applied Climatology, Anaheim California, USA, PP.179-184

2-1: تحليل تكرار موجات الجفاف(*) وفقًا لمؤشر المطر القياسي (SPI):

من خلال الجدول (5) الذي يبين درجات الجفاف والرطوبة حسب مؤشر المطر القياسي (SPI) تم تحليل تكرار قيم مؤشر المطر القياسي في محطات وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع والتي أظهرت نتائجها في الجدول (6):

يتضح من الجدول (6) أن السنوات الجافة كانت الأكثر تكرارًا خلال مدة الدراسة من السنوات الرطبة في جميع المحطات المناخية، ما عدا محطة (جنوب السوم) التي كانت فيها السنوات الرطبة الأكثر تكرارًا من السنوات الجافة خاصة في مُدد الدراسة الثانية والثالثة والرابعة. ويلاحظ من الجدول (6) أن هناك تبايناً مكانياً في تكرار السنوات الجافة خلال مدة الدراسة (1983-2022م)، إذ سجل أعلى تكرار للجفاف في محطة (شمال السوم) بلغ (26 سنة)، وهو ما يعادل (65%) من إجمالي سنوات الدراسة البالغة (40 سنة)، في حين سجل أدنى تكرار للجفاف في محطة (جنوب السوم) بلغ (16 سنة)، وهو ما نسبته (40%) من إجمالي سنوات الدراسة.

الجدول (6): تكرار السنوات الجافة(*) والرطبة(**) حسب مؤشر المطر القياسي (SPI) في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع

المدة	التصنيف	المحطة / التكرار	جنوب السوم	عدم	دوعن	رخية	العبر	القطن	مطار سيئون	شمال السوم	سر
المدة الأولى 1983 –1992م	معتدل الجفاف	التكرار	1	4	3	3	3	3	1	5	3
	متوسط الجفاف	التكرار	3	0	0	0	1	1	3	2	1
	شديد الجفاف	التكرار	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	شديد الجفاف جدا	التكرار	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	السنوات الجافة	التكرار	6	5	4	4	4	4	5	7	4
	السنوات الرطبة	التكرار	4	5	6	6	6	6	5	3	6
المدة الثانية 1993 – 2002م	معتدل الجفاف	التكرار	2	2	2	3	4	3	2	7	4
	متوسط الجفاف	التكرار	0	2	3	3	1	2	1	0	2
	شديد الجفاف	التكرار	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	السنوات الجافة	التكرار	2	5	5	6	6	5	3	7	6
	السنوات الرطبة	التكرار	8	5	5	4	4	5	7	3	4
المدة الثالثة 2003 – 2012م	معتدل الجفاف	التكرار	2	5	4	4	4	3	5	6	3
	متوسط الجفاف	التكرار	1	2	3	3	3	4	1	1	4
	السنوات الجافة	التكرار	3	7	7	7	7	7	6	7	7
	السنوات الرطبة	التكرار	7	3	3	3	3	3	4	3	3
المدة الرابعة 2013 – 2022م	معتدل الجفاف	التكرار	4	6	5	4	4	5	5	3	6
	متوسط الجفاف	التكرار	0	0	1	2	1	0	1	2	0
	شديد الجفاف	التكرار	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	السنوات الجافة	التكرار	5	6	6	6	5	5	6	5	6
	السنوات الرطبة	التكرار	5	4	4	4	5	5	4	5	4
مدة الدراسة 1983 – 2022م	مجموع السنوات الجافة	التكرار	16	23	22	23	22	21	20	26	23
		%	40	57.5	55	57.5	55	52.5	50	65	57.5
	مجموع السنوات الرطبة	التكرار	24	17	18	17	18	19	20	14	17
		%	60	42.5	45	42.5	45	47.5	50	35	42.5

المصدر: من عمل الباحث بوساطة مخرجات برنامج (Drin C 1.7) بالاعتماد على الملحقين (2– أ)، (2– ب).

(*) جُمِعَتْ تكرارات أصناف السنوات الجافة المتمثلة في: (معتدل الجفاف، متوسط الجفاف، شديد الجفاف، شديد الجفاف جدًا) تحت مسمى السنوات الجافة.

(**) دُمِجَتْ أصناف السنوات الرطبة المتمثلة في: (معتدل الرطوبة، متوسط الرطوبة، شديد الرطوبة، شديد الرطوبة جدًا) تحت مسمى السنوات الرطبة، ثم جُمِعَتْ تكراراتها.

ولدراسة أكثر تفصيلًا يمكننا توضيح التباين الزماني والمكاني لكل صنف من أصناف الجفاف وفق مؤشر المطر القياسي (SPI) بين مُدد الدراسة الأربعة على النحو الآتي:

2-1-1: المدة الأولى (1983 - 1992م):

تمثل المدة الأولى (1983 - 1992م) أقل مُدد الدراسة جفافًا، إذ يزداد فيها تكرار السنوات الرطبة، في معظم المحطات المناخية؛ ويعود ذلك إلى زيادة كمية الأمطار في هذه المدة مقارنة بالمُدد الزمنية الأخرى، وتتباين السنوات الجافة مكانيًا في هذه المدة، إذ سجل أعلى تكرار لها في محطة (شمال السوم) بلغ (7 سنوات)، في حين سجل أدنى تكرار للجفاف في محطات (دوعن، ورخية، والعبر، والقطن، وسر) إذ بلغ (4 سنوات) لكل محطة.

كما أن هناك تبايناً مكانياً لكل صنف من أصناف الجفاف التي حددها مؤشر المطر القياسي (SPI) خلال هذه المدة الأولى (1983 - 1992م) التي تمثلت في (معتدل الجفاف، متوسط الجفاف، شديد الجفاف، شديد الجفاف جدًا)، فالنسبة للصنف (معتدل الجفاف) فقد سجلت محطة (شمال السوم) أعلى تكرار له بعدد (5 سنوات)، في حين سجلت محطتي (جنوب السوم، ومطار سيئون) أدنى تكرار لهذا الصنف بعدد (سنة واحدة) لكل محطة. أما الصنف (متوسط الجفاف) فقد سجل أعلى تكرار له في محطتا (جنوب السوم، ومطار سيئون) بلغ (3 سنوات) لكل محطة، في حين اختفى هذا الصنف من محطات (عدم، ودوعن، ورخية)، بينما الصنف (الشديد الجفاف) فقد سجلت محطات (جنوب السوم، وعدم، ودوعن، ورخية) أعلى تكرار له بعدد (سنة واحدة) لكل محطة، في حين اختفى هذا الصنف من بقية المحطات المناخية الأخرى. وبالنسبة للصنف (الشديد الجفاف جدًا) فظهر هذا الصنف فقط في محطتي (جنوب السوم، ومطار سيئون) بتكرار بلغ (سنة واحدة) لكل محطة منهما، بينما اختفى من بقية المحطات المناخية الأخرى.

2-1-2: المدة الثانية (1993 - 2002م):

يزداد عدد السنوات الجافة من حيث تكرارها في هذه المدة الزمنية عن المدة الأولى، مما يدل على زيادة حدة الجفاف الناتج عن قلة الأمطار في منطقة الدراسة، وهناك تباين مكاني في تكرار السنوات الجافة في هذه المدة، إذ سجل أعلى تكرار لها في محطة (شمال السوم) بلغ (7 سنوات)، في حين سجل أدنى تكرار للجفاف في محطة (جنوب السوم) بلغ سنتين.

أما من حيث أصناف الجفاف فقد حدد مؤشر المطر القياسي (SPI) ثلاثة أصناف منها خلال هذه المدة الثانية (1993 - 2002م) هي: (معتدل الجفاف، متوسط الجفاف، شديد الجفاف)، وهذه الأصناف تتباين مكانيًا في تكرارها، إذ سجل أعلى تكرار للصنف (معتدل الجفاف) في محطة (شمال السوم) بلغ (7 سنوات)، في سجل أدنى تكرار له في محطات

(جنوب السوم، وعدم، ودوعن، ومطار سيئون) بلغ سنتين، أما الصنف (متوسط الجفاف) فقد سجلت محطتا (دوعن، ورخية) أعلى تكرار له بلغ (3 سنوات)، بينما لم تسجل محطات (جنوب السوم، وشمال السوم) أي تكرار له، وبالنسبة للصنف (شديد الجفاف) فقد ظهر فقط في محطتي (عدم، والعبر) بتكرار بلغ (سنة واحدة) لكل محطة منهما، بينما اختفى من بقية المحطات المناخية الأخرى.

2-1-3: المدة الثالثة (2003 - 2012م):

تعد المدة الثالثة من أكثر مُدد الدراسة تكرارًا في عدد السنوات الجافة، وتتباين السنوات الجافة مكانيًا في هذه المدة، إذ سجل أعلى تكرار لها في محطات (عدم، ودوعن، ورخية، والعبر، والقطن، وشمال السوم، وسر) بمقدار بلغ (7 سنوات) لكل محطة، في حين سجلت محطة (جنوب السوم) أدنى تكرار للسنوات الجافة بلغ (3 سنوات).

وبالنسبة لأصناف الجفاف فقد حدد مؤشر المطر القياسي (SPI) في هذه المدة الثالثة صنفين هما: (معتدل الجفاف، متوسط الجفاف) وهذان الصنفان يتباينان مكانيًا، إذ سجل أعلى تكرار للصنف (معتدل الجفاف) في محطة (شمال السوم) بمقدار بلغ (6 سنوات)، في حين سجل أدنى تكرار لهذا الصنف في محطة (جنوب السوم، ومطار سيئون، وشمال السوم) بمقدار (سنة واحدة) لكل محطة، أما الصنف (متوسط الجفاف) فقد سجلت محطتا (دوعن، ورخية) أعلى تكرار له بلغ (3 سنوات)، بينما لم تسجل محطات (جنوب السوم، وشمال السوم) أي تكرار له، وبالنسبة للصنف (شديد الجفاف) فقد ظهر فقط في محطتي (عدم، والعبر) بتكرار بلغ (سنة واحدة) لكل محطة منهما، بينما اختفى من بقية المحطات المناخية الأخرى.

2-1-4: المدة الرابعة 2013 - 2022م:

تقل عدد السنوات الجافة قليلًا في هذه المدة الرابعة عن المدة الثالثة، إلا أنها لا تزال تسجل سنوات جافة أكثر تكرارًا من المدتين الأولى والثانية، وهي تتباين مكانيًا، إذ سجل أعلى تكرار للسنوات الجافة في محطات (عدم، ودوعن، ورخية، ومطار سيئون، وسر) بمقدار بلغ (6 سنوات) لكل محطة، في حين سجلت محطات (جنوب السوم، والعبر، والقطن، وشمال السوم) أدنى تكرار لها بلغ (5 سنوات). وتتباين أصناف الجفاف مكانيًا وفقًا لمؤشر المطر القياسي (SPI) في هذه المدة الرابعة، إذ حدد هذا المؤشر ثلاثة أصناف للجفاف هي (معتدل الجفاف، متوسط الجفاف، شديد الجفاف)، وقد سجل أعلى تكرار للصنف (معتدل الجفاف) في محطتا (عدم، وسر) بلغ (6 سنوات) لكل منها، في حين سجل أدنى تكرار له في محطة (شمال السوم) بلغ (3 سنوات)، أما الصنف (متوسط الجفاف) فقد سجلت محطتي (رخية، وشمال السوم) أعلى تكرار له بلغ (سنتين)، بينما لم تسجل محطات (جنوب السوم، وعدم، والقطن، وسر) أي تكرار له، وبالنسبة للصنف (شديد الجفاف) فقد ظهر فقط في محطة (جنوب السوم) بتكرار بلغ (سنة واحدة)، بينما اختفى من بقية المحطات المناخية الأخرى.

النتائج:

1- أوضحت الدراسة أن لمؤشري الجفاف الاستطلاعي(RDI)، والمطر القياسي (SPI) دوراً فعّالاً في تحليل وتقييم ظاهرة الجفاف في وادي حضرموت.

2- أظهرت الدراسة من خلال تطبيق مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) أن جميع محطات وادي حضرموت المناخية تقع ضمن نوعين من المناخ هما: المناخ الجاف، والمناخ شديد الجفاف.

3- بيَّنت الدراسة عن تطبيق مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) أنَّ أعلى تكرار للمناخ الجاف سجلته محطتا (جنوب السوم، ودوعن)، إذ بلغ (5، 10، 9، 9) سنوات في محطة (جنوب السوم) لكل مدة زمنية على الترتيب، بينما بلغ (7، 6، 5، 5) سنوات في محطة (دوعن) لكل مدة زمنية على الترتيب، أما أقل تكرار لهذا الصنف من المناخ فقد سجلته محطتا (العبر، والقطن) إذ بلغ (3، 2، 0، 3) سنوات في محطة (العبر) لكل مدة زمنية على الترتيب، في حين بلغ (5، 3، 1، 4) سنوات في محطة (القطن) لكل مدة زمنية على الترتيب. كما أوضحت الدراسة أن أعلى تكرار للمناخ شديد الجفاف سجلته محطات (العبر، والقطن، ومطار سيئون)، إذ بلغ (7، 8، 10، 7) سنوات في محطة العبر لكل مدة على الترتيب، في حين بلغ (5، 7، 9، 6) سنوات في محطة القطن لكل مدة على الترتيب، بينما بلغ (6، 3، 9، 8) سنوات في محطة سيئون لكل مدة على الترتيب، أما أقل تكرار فقد سجلته محطة (جنوب السوم) بتكرار بلغ (5، 0، 1، 1) سنوات لكل مدة على الترتيب.

4- أوضحت الدراسة من خلال النمذجة الخرائطية لأقاليم الجفاف الاستطلاعي (RDI) في وادي حضرموت أن المناخ الجاف هو السائد في معظم محطات وادي حضرموت المناخية، إذ يغطي مساحة كبيرة مقارنة بالمناخ شديد الجفاف، ويشغل هذا المناخ الجاف مساحة بلغت نسبتها (100%، 53.5%، 22.3%، 58.4%) خلال مُدد الدراسة الأربع، في حيت يشغل صنف المناخ شديد الجفاف مساحة بلغت نسبتها (0%، 46.5%، 77.7%، 41.6%) خلال مُدد الدراسة الأربع.

5- بيَّنت الدراسة وفقًا لمؤشر المطر القياسي (SPI) أنَّ السنوات الجافة كانت الأكثر تكرارًا خلال مدة الدراسة (1983 -2022م) من السنوات الرطبة في جميع المحطات المناخية، ما عدا محطة (جنوب السوم) التي كانت فيها السنوات الرطبة الأكثر تكرارًا من السنوات الجافة خاصة في مُدد الدراسة الثانية والثالثة والرابعة.

6- أوضحت الدراسة من خلال مؤشر المطر القياسي (*SPI*) أنَّ هناك تبايناً مكاناً في تكرار السنوات الجافة خلال مدة الدراسة (1983 - 2022م)، إذ سجل أعلى تكرار للجفاف في محطة (شمال السوم) بلغ (26 سنة)، وهو ما يعادل 65% من إجمالي سنوات الدراسة البالغة (40 سنة)، في حين سجل أدنى تكرار للجفاف في محطة (جنوب السوم) بلغ (16 سنة)، وهو ما نسبته 40% من إجمالي سنوات الدراسة.

التوصيات:

1- القيام بالعديد من الدراسات البحثية في مجال الجفاف وتأثيره في الزراعة، والإنتاج الزراعي، والموارد المائية.

2- توعية المجتمع اليمني عامة والحضرمي خاصة بمخاطر الجفاف من خلال البرامج التوعوية بمفاهيم ترشيد استخدام الموارد الطبيعية بشكل عام، والموارد المائية بشكل خاص، خاصة وأنَّ وادي حضرموت يقع ضمن إقليمي المناخ الجاف والشديد الجفاف كما وضحته هذه الدراسة.

3- وضع الخطط الاستراتيجية للحد من آثار الجفاف في اليمن عامة، ووادي حضرموت خاصة، ومحاولة معالجتها.

الهوامش :

(*) السنوات الجافة وأصناف الجفاف هي التي تم تحليلها؛ لتوضيح تكرارها وتباينها خلال مُدد الدراسة الأربعة.

المصادر والمراجع:

1- الجصاني، نسرين عواد، والشمري، حسين موسى، وجاسم، حوراء راضي، (2021)، تحليل الجفاف باستخدام المؤشر القياسي لهطول الأمطار(SPI) ومؤشر الجفاف الاستطلاعي(RDI) في محافظة النجف للمدة 1978 – 2018م، مجلة البحوث الجغرافية، العدد 34.

2- الجمهورية اليمنية، الهيئة العامة للطيران المدني والإرصاد، حركة الرصد الجوي، مطار سيئون الدولي، بيانات مطرية غير منشورة، 1983-2022م.

3- الجنابي، حميد رجب، (2023)، التحليل المناخي للجفاف وأثره على الغطاء النباتي في قضاء هيت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة الأنبار للعلوم الإنسانية، المجلد 20، العدد 1.

4- الحبتي، أبوبكر عبد الله، (2015)، التحليل المكاني والزماني للجفاف في سهل الجفارة باستخدام دليل المطر القياسي (Standard Precipitation Index) SPI، مجلة القلعة، جامعة المرقب، ليبيا، العدد 3.

5- الحبتي، أبوبكر عبد الله، (2017)، تحليل الجفاف في شمال ليبيا باستخدام مؤشر الجفاف الاستطلاعي RDI (Reconnaissance Drought Index)، المؤتمر الدولي للتقنيات الجيومكانية، طرابلس، ليبيا.

6- دليل المؤشرات والأرقام القياسية لإدارة الجفاف، (2016)، البرنامج المتكامل لإدارة الجفاف، المنظمة العالمية للإرصاد الجوية (WMO)، المركز الوطني للتخفيف من آثار الجفاف (NDMC) لولاية نبراسكا.

7- رشيد، أنس محمود، (2010)، تحليل فترات جفاف الأمطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي SPI، مجلة الرافدين، المجلد 18، العدد 2.

8- ضيف الله، علي أحمد، (2022)، التحليل الجغرافي لظاهرة الجفاف في إقليم المرتفعات الوسطى من اليمن (خلال الفترة الزمنية 1950 -2020)، مجلة آداب الحديدة، العدد 15.

9- قاسم، سماح محمد، ويونس، عبد الوهاب محمد، وعبد الغني، عمر مقداد، (2021)، التحليل الزماني والمكاني باستخدام مؤشر هطول الأمطار القياسي للمنطقة الشمالية الغربية من العراق، مجلة الرافدين للطاقة، المجلد 26، العدد 1.

10- موقع (Terra Climate) الممول من قِبَل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) من خلال الرابط: http://www.climatologylab.org/terraclimate.html، تاريخ التنزيل 2023/4/6م.

11- نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، (دقة 30 متر)، تم تنزيلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) عبر الرابط: https://earthexplorer.usgs.gov

12- Asadi, Arash, Vahdat, Seyed Vahdat,(2013), The Efficiency of Meteorological Drought Indices for Drought Monitoring and Evaluating in Kohgilouye and Boyerahmad Province, Iran, International Journal of Modern Engineering Research, Vol 3, Issue 4.

13- Atiyah, Hiba , Khazael Sajaa, Makhool ,Assel, (2023), Spatiotemporal Drought Monitoring Using Remote Sensing Technique in Babel-Iraq, Iraqi Journal of Science, Vol 64, Issue 3.

14- G. Tsakiris, and H. Vangelis, (2005), Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration, Lab. of Reclamation Works & Water Resources Management National Technical University of Athens, Iroon Polytechniou, Athens – Greece.

15- McKee, T. B. Doesken, N.J& Kleist, J. (2003), the Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Seals. Preprints, Eight conf. On Applied Climatology, Anaheim California, USA.

16- Said Benyoussef1, Mourad Arabi, Yassine Abdaoui1, Maryam Azirar, Latifa Mechkirrou, Younes Zegzouti, Ali Boughrous, (2024), Climate Change and Water Resources Management in the Ghis-Nekor Watershed (North of Morocco) – A Comprehensive Analysis Using SPI, RDI and DI Indices, Ecological Engineering & Environmental Technology, Vol 25, Issue 2.

17- Tigkas .D, Vangelis. H, Tsakiris. G, (2013), the Drought Indices Calculator (Drin C), 8th International Conference of EWRA.

18- Tigkas. D, Vangelis .H, Tsakiris .G, (2015), Drin C: a software for drought analysis based on drought indices. Earth Science Informatics, Vol 8, Issue 3.

الملحق (1): قيم مؤشر الجفاف الاستطلاعي (RDI) في محطات وادي حضرموت للمدة 1983 – 2022م

السنوات	المحطة	جنوب الصوم		عدم		دوعن		رغيّة		العر		القطن		مطار سيئون		شمال الصوم		سر	
		القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ
1983		0.08	جاف	0.09	جاف	0.10	جاف	0.08	جاف	0.06	جاف	0.07	جاف	0.04	جاف	0.07	جاف	0.08	جاف
1984		0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.00	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
1985		0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
1986		0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
1987		0.03	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف	0.03	جاف
1988		0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.00	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
1989		0.10	جاف	0.10	جاف	0.12	جاف	0.09	جاف	0.06	جاف	0.08	جاف	0.07	جاف	0.08	جاف	0.09	جاف
1990		0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
1991		0.04	جاف	0.06	جاف	0.07	جاف	0.06	جاف	0.04	جاف	0.04	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.04	جاف
1992		0.05	جاف	0.05	جاف	0.05	جاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.05	جاف	0.06	جاف	0.03	جاف
1993		0.04	جاف	0.06	جاف	0.07	جاف	0.05	جاف	0.04	جاف	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.04	جاف
1994		0.04	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.02	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
1995		0.06	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.05	جاف	0.05	جاف	0.02	ش.الجفاف
1996		0.05	جاف	0.03	جاف	0.05	جاف	0.05	جاف	0.03	جاف	0.03	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف
1997		0.05	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	جاف	0.03	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.05	جاف	0.03	جاف
1998		0.04	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
1999		0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.04	جاف	0.02	جاف	0.01	ش.الجفاف
2000		0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.00	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
2001		0.03	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
2002		0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
2003		0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف

تابع الملحق رقم (1)

2004	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.00	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.05	جاف	0.01	ش.الجفاف
2005	0.05	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
2006	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
2007	0.05	جاف	0.04	جاف	0.05	جاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.10	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف
2008	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.00	ش.الجفاف	0.04	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف
2009	0.04	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف
2010	0.04	جاف	0.04	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
2011	0.04	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	ش.الجفاف
2012	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
2013	0.04	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف
2014	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
2015	0.04	جاف	0.04	جاف	0.04	جاف	0.03	جاف	0.02	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.04	جاف	0.03	جاف
2016	0.07	جاف	0.07	جاف	0.07	جاف	0.08	جاف	0.06	جاف	0.08	جاف	0.07	جاف	0.07	جاف	0.09	جاف
2017	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.03	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
2018	0.04	جاف	0.04	جاف	0.06	جاف	0.06	جاف	0.03	جاف	0.03	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.03	ش.الجفاف	0.04	جاف
2019	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف
2020	0.12	جاف	0.07	جاف	0.07	جاف	0.05	جاف	0.03	جاف	0.04	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.04	جاف
2021	0.07	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.03	جاف	0.02	جاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.04	جاف	0.02	جاف
2022	0.03	جاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.01	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف	0.02	ش.الجفاف

المصدر: من عمل الباحث بواسطة مخرجات برنامج (Drin C 1.7) بالاعتماد على:

(1) الجمهورية اليمنية، الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد، حركة الرصد الجوي، مطار سيئون الدولي، بيانات مطرية غير منشورة، مرجع سابق، 1983-2022م.

(2) موقع (Terra Climate) المعمل من قبل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) من خلال الرابط: http://www.climatologylab.org/terraclimate.html، مرجع سابق، تاريخ التنزيل 2023/4/6م.

الملحق (2-أ): قيم مؤشر المطر القياسي (SPI) في محطات وادي حضرموت للمدة 1983 – 2022م

المحطة	جزيب السوم		عدم		لريض		رخية		العر	
السنوات	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ
1983	1.61	شديد الرطوبة	2.07	شديد الرطوبة جدا	2.09	معتدل الرطوبة	2.08	شديد الرطوبة جدا	2.14	معتدل الرطوبة
1984	-2.58	شديد الجفاف جدا	-1.57	شديد الجفاف	-1.52	معتدل الجفاف	-1.33	شديد الجفاف	-1.43	معتدل الجفاف
1985	-1.17	متوسط الجفاف	-0.29	معتدل الجفاف	-0.56	معتدل الجفاف	-0.39	معتدل الجفاف	-0.38	معتدل الجفاف
1986	-1.21	متوسط الجفاف	-0.26	معتدل الجفاف	0.01	معتدل الجفاف	0.18	معتدل الرطوبة	0.09	معتدل الرطوبة
1987	-0.50	معتدل الجفاف	0.26	معتدل الرطوبة	0.26	معتدل الرطوبة	0.46	معتدل الرطوبة	0.61	معتدل الرطوبة
1988	-1.82	شديد الجفاف	-0.54	معتدل الجفاف	-0.22	معتدل الجفاف	-0.13	معتدل الجفاف	-0.39	معتدل الجفاف
1989	2.11	شديد الرطوبة جدا	2.48	شديد الرطوبة جدا	2.54	معتدل الرطوبة	2.36	شديد الرطوبة جدا	2.45	معتدل الرطوبة
1990	-1.38	متوسط الجفاف	-0.44	معتدل الجفاف	-0.43	معتدل الجفاف	-0.12	معتدل الجفاف	-0.15	معتدل الجفاف
1991	0.19	معتدل الرطوبة	1.34	متوسط الرطوبة	1.41	معتدل الرطوبة	1.46	متوسط الرطوبة	1.37	معتدل الرطوبة
1992	0.36	معتدل الرطوبة	0.93	معتدل الرطوبة	0.85	معتدل الرطوبة	0.50	معتدل الرطوبة	0.32	معتدل الرطوبة
1993	0.12	معتدل الرطوبة	1.23	متوسط الرطوبة	1.34	معتدل الرطوبة	1.34	متوسط الرطوبة	1.30	متوسط الرطوبة
1994	0.14	معتدل الرطوبة	0.17	معتدل الرطوبة	0.17	معتدل الرطوبة	-0.04	معتدل الرطوبة	-0.08	معتدل الجفاف
1995	1.00	متوسط الرطوبة	0.32	معتدل الرطوبة	0.15	معتدل الرطوبة	0.03	معتدل الرطوبة	0.08	معتدل الرطوبة
1996	0.28	معتدل الرطوبة	0.37	معتدل الرطوبة	0.82	معتدل الرطوبة	1.18	معتدل الرطوبة	0.75	معتدل الرطوبة
1997	0.31	معتدل الرطوبة	0.33	معتدل الرطوبة	0.46	معتدل الرطوبة	0.39	معتدل الرطوبة	0.41	معتدل الرطوبة
1998	0.17	معتدل الرطوبة	-0.54	معتدل الجفاف	-0.53	معتدل الجفاف	-0.51	معتدل الجفاف	-0.35	معتدل الجفاف
1999	0.13	معتدل الرطوبة	-1.50	شديد الجفاف	-1.46	معتدل الجفاف	-1.37	معتدل الجفاف	-1.13	معتدل الجفاف
2000	0.12	معتدل الرطوبة	-1.23	متوسط الجفاف	-1.40	معتدل الجفاف	-1.50	متوسط الجفاف	-1.61	معتدل الجفاف
2001	-0.29	معتدل الجفاف	-1.12	متوسط الجفاف	-1.13	معتدل الجفاف	-0.61	متوسط الجفاف	-0.21	معتدل الجفاف

تابع الملحق رقم (2-أ)

2002	-0.47	معتدل الجفاف	-0.21	معتدل الجفاف	-0.30	معتدل الجفاف	-0.33	معتدل الجفاف	-0.11	معتدل الجفاف	
2003	-1.23	متوسط الجفاف	-0.44	متوسط الجفاف	-0.63	معتدل الجفاف	-0.74	معتدل الجفاف	-0.75	معتدل الجفاف	
2004	0.18	معتدل الرطوبة	-1.18	متوسط الجفاف	-1.30	معتدل الجفاف	-1.33	متوسط الجفاف	-1.39	معتدل الجفاف	
2005	0.56	معتدل الرطوبة	-0.11	معتدل الجفاف	-0.16	معتدل الجفاف	-0.43	معتدل الجفاف	-0.42	معتدل الجفاف	
2006	0.14	معتدل الرطوبة	-0.97	معتدل الجفاف	-0.99	معتدل الجفاف	-0.85	متوسط الجفاف	-0.93	معتدل الجفاف	
2007	0.43	معتدل الرطوبة	0.84	معتدل الرطوبة	0.70	معتدل الرطوبة	0.52	معتدل الرطوبة	0.19	معتدل الرطوبة	
2008	0.14	معتدل الرطوبة	-0.95	معتدل الجفاف	-0.64	معتدل الجفاف	-1.31	معتدل الجفاف	-1.36	معتدل الجفاف	
2009	-0.08	معتدل الجفاف	0.32	معتدل الرطوبة	0.17	معتدل الرطوبة	0.15	معتدل الرطوبة	0.14	معتدل الرطوبة	
2010	0.12	معتدل الرطوبة	0.73	معتدل الرطوبة	0.56	معتدل الرطوبة	0.09	معتدل الرطوبة	0.00	معتدل الرطوبة	
2011	0.09	معتدل الرطوبة	-0.23	معتدل الجفاف	-0.18	معتدل الجفاف	-0.12	معتدل الجفاف	-0.24	معتدل الجفاف	
2012	-0.23	معتدل الجفاف	-1.41	متوسط الجفاف	-1.37	معتدل الجفاف	-1.13	متوسط الجفاف	-1.18	معتدل الجفاف	
2013	0.12	معتدل الرطوبة	-0.27	معتدل الجفاف	-0.42	معتدل الجفاف	-0.48	معتدل الجفاف	-0.33	معتدل الجفاف	
2014	-0.20	معتدل الجفاف	-0.73	معتدل الجفاف	-0.75	معتدل الجفاف	-0.78	معتدل الجفاف	-0.89	معتدل الجفاف	
2015	-0.07	معتدل الجفاف	0.70	معتدل الرطوبة	0.47	معتدل الرطوبة	0.10	معتدل الرطوبة	0.14	معتدل الرطوبة	
2016	1.39	متوسط الرطوبة	1.69	شديد الرطوبة	1.52	شديد الرطوبة	2.10	شديد الرطوبة	2.52	شديد الرطوبة	
2017	-0.05	معتدل الجفاف	-0.72	معتدل الجفاف	-0.36	معتدل الجفاف	-0.32	معتدل الجفاف	-0.23	معتدل الجفاف	
2018	0.23	معتدل الرطوبة	0.62	معتدل الرطوبة	1.17	معتدل الرطوبة	1.45	متوسط الرطوبة	1.08	معتدل الرطوبة	
2019	-1.82	شديد الجفاف	-0.83	معتدل الجفاف	-0.61	معتدل الجفاف	-0.37	معتدل الجفاف	-0.47	معتدل الجفاف	
2020	2.64	شديد الرطوبة جدا	1.78	شديد الرطوبة	1.48	شديد الرطوبة	1.06	متوسط الرطوبة	1.10	معتدل الرطوبة	
2021	1.19	متوسط الرطوبة	-0.07	معتدل الجفاف	-0.29	معتدل الجفاف	-0.21	متوسط الجفاف	0.04	معتدل الرطوبة	
2022	-0.66	معتدل الجفاف	-0.87	معتدل الجفاف	-1.15	معتدل الجفاف	-1.37	متوسط الجفاف	-1.11	معتدل الجفاف	

المصدر: من عمل الباحث بواسطة مخرجات برنامج (Dim C 1.7) بالاعتماد على:

(1) الجمهورية اليمنية، الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد، حركة الرصد الجوي، مطار سيئون الدولي، بيانات مطرية غير منشورة، مرجع سابق، 1983-2022م.

(2) موقع (Terra Climate) المحمل من قبل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) من خلال الرابط: http://www.climatologylab.org/terraclimate.html، مرجع سابق، تاريخ التنزيل 4/6/2023م.

الملحق (2-ب): قيم مؤشر المطر القياسي (SPI) في محطات وادي حضرموت للمدة 1983 – 2022م

المحطة	القطن		مطار سيئون		شمال السوم		سر	
السنوات	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ	القيمة	نوع المناخ
1983	2.05	معتدل الرطوبة	1.09	معتدل الرطوبة	1.61	معتدل الرطوبة	2.11	معتدل الرطوبة
1984	-1.46	معتدل الجفاف	-1.09	معتدل الجفاف	-1.41	معتدل الجفاف	-1.44	معتدل الجفاف
1985	-0.38	معتدل الجفاف	-1.06	معتدل الجفاف	-0.25	معتدل الجفاف	-0.25	معتدل الجفاف
1986	0.04	معتدل الرطوبة	0.08	معتدل الرطوبة	-0.35	معتدل الرطوبة	0.16	معتدل الرطوبة
1987	0.51	معتدل الرطوبة	1.29	معتدل الرطوبة	-0.04	معتدل الجفاف	0.62	معتدل الجفاف
1988	-0.62	معتدل الجفاف	-2.25	معتدل الجفاف	-1.22	معتدل الجفاف	-0.61	معتدل الجفاف
1989	2.55	معتدل الرطوبة	2.31	معتدل الرطوبة	1.83	معتدل الرطوبة	2.59	معتدل الرطوبة
1990	-0.20	معتدل الجفاف	-1.36	معتدل الجفاف	-0.66	معتدل الجفاف	-0.09	معتدل الجفاف
1991	1.29	معتدل الرطوبة	-0.30	معتدل الرطوبة	-0.02	معتدل الجفاف	1.15	معتدل الرطوبة
1992	0.55	معتدل الرطوبة	1.48	معتدل الرطوبة	1.21	معتدل الرطوبة	0.40	معتدل الرطوبة
1993	1.11	معتدل الرطوبة	-0.69	معتدل الرطوبة	-0.77	معتدل الجفاف	1.14	معتدل الرطوبة
1994	0.05	معتدل الرطوبة	0.90	معتدل الرطوبة	-0.61	معتدل الرطوبة	-0.06	معتدل الجفاف
1995	0.15	معتدل الرطوبة	1.59	معتدل الرطوبة	1.04	معتدل الرطوبة	0.12	معتدل الرطوبة
1996	0.49	معتدل الرطوبة	0.88	معتدل الرطوبة	0.81	معتدل الرطوبة	0.46	معتدل الرطوبة
1997	0.50	معتدل الرطوبة	0.81	معتدل الرطوبة	0.99	معتدل الرطوبة	0.55	معتدل الرطوبة
1998	-0.68	معتدل الجفاف	-0.45	معتدل الجفاف	-0.28	معتدل الجفاف	-0.67	معتدل الجفاف
1999	-1.33	معتدل الجفاف	1.31	معتدل الرطوبة	-0.70	معتدل الجفاف	-1.21	معتدل الجفاف
2000	-1.29	معتدل الجفاف	-1.18	معتدل الجفاف	-0.81	معتدل الجفاف	-1.36	معتدل الجفاف
2001	-0.58	معتدل الجفاف	0.60	معتدل الجفاف	-0.77	معتدل الرطوبة	-0.31	معتدل الجفاف
2002	-0.22	معتدل الجفاف	0.60	معتدل الجفاف	-0.18	معتدل الرطوبة	-0.16	معتدل الجفاف
2003	-0.52	معتدل الجفاف	-0.73	معتدل الجفاف	-0.84	معتدل الجفاف	-0.60	معتدل الجفاف
2004	-1.41	معتدل الجفاف	-0.63	معتدل الجفاف	1.05	معتدل الرطوبة	-1.48	معتدل الجفاف
2005	-0.38	معتدل الجفاف	-0.40	معتدل الجفاف	-0.22	معتدل الجفاف	-0.43	معتدل الجفاف
2006	-1.05	معتدل الجفاف	0.01	معتدل الرطوبة	-0.61	معتدل الجفاف	-1.14	معتدل الجفاف

تابع الملحق رقم (2-ب)

2007	0.85	معتدل الرطوبة	0.30	معتدل الرطوبة	2.49	معتدل الرطوبة	0.79	معتدل الرطوبة
2008	-1.10	معتدل الجفاف	0.94	معتدل الرطوبة	-0.61	معتدل الجفاف	-1.19	معتدل الجفاف
2009	0.24	معتدل الرطوبة	-0.88	معتدل الجفاف	-0.12	معتدل الجفاف	0.35	معتدل الرطوبة
2010	0.31	معتدل الرطوبة	0.29	معتدل الرطوبة	-0.52	معتدل الجفاف	0.07	معتدل الرطوبة
2011	-0.28	معتدل الجفاف	-0.39	معتدل الجفاف	0.06	معتدل الرطوبة	-0.32	معتدل الجفاف
2012	-1.31	معتدل الجفاف	-1.34	معتدل الجفاف	-1.21	معتدل الجفاف	-1.27	معتدل الجفاف
2013	-0.20	معتدل الجفاف	1.29	معتدل الرطوبة	-0.86	معتدل الجفاف	-0.14	معتدل الجفاف
2014	-0.82	معتدل الجفاف	-0.72	معتدل الجفاف	-0.47	معتدل الجفاف	-0.93	معتدل الجفاف
2015	0.44	معتدل الرطوبة	0.34	معتدل الرطوبة	-1.28	معتدل الجفاف	0.34	معتدل الرطوبة
2016	2.53	معتدل الرطوبة	0.76	معتدل الرطوبة	1.67	معتدل الرطوبة	2.56	معتدل الرطوبة
2017	-0.79	معتدل الجفاف	-0.79	معتدل الجفاف	0.11	معتدل الجفاف	-0.62	معتدل الجفاف
2018	0.73	معتدل الرطوبة	-1.11	معتدل الجفاف	0.39	معتدل الجفاف	0.87	معتدل الرطوبة
2019	-0.43	معتدل الجفاف	-0.46	معتدل الجفاف	-1.43	معتدل الجفاف	-0.73	معتدل الجفاف
2020	1.11	معتدل الرطوبة	-0.52	معتدل الجفاف	2.06	معتدل الرطوبة	1.03	معتدل الرطوبة
2021	0.09	معتدل الرطوبة	0.29	معتدل الرطوبة	0.68	معتدل الرطوبة	-0.38	معتدل الجفاف
2022	-0.94	معتدل الجفاف	-0.91	معتدل الجفاف	-0.11	معتدل الجفاف	-0.38	معتدل الجفاف

المصدر: من عمل الباحث بواسطة مدونات برنامج (DrIn C 1.7) بالاعتماد على:

(1) الجمهورية اليمنية، الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد، مركز الرصد الجوي، مطار سيئون الدولي، بيانات مطيرة غير منشورة، مرجع سابق، 1983-2022م.

(2) موقع (Terra Climate) المعول من قبل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) من خلال الرابط: http://www.climatologylab.org/terraclimate.html، مرجع سابق، تاريخ التنزيل 6/4/2023م.

Geographical Analysis of Climatic Drought in Wadi Hadhramout / Yemen (A study in Applied Climatology)

Salem Obaid Ahmed Banawas

Abstract

This study analyzed the climatic drought in Wadi Hadhramout, the Republic of Yemen, during the period from 1983 to 2022. It aimed at identifying drought frequency trends and highlighting the spatial and temporal variations in its values, based on the Reconnaissance Drought Index (RDI) and the Standardized Precipitation Index (SPI), both of which are global indices adopted by the World Meteorological Organization (WMO) for drought calculation. The researcher used the (Drin C 1.7) software to extract drought values on an annual basis for each meteorological station .

The study concluded that the RDI and SPI indices played an effective role in analysing and assessing drought in Wadi Hadhramout. The results of the study, through the application of the RDI, showed that all the climate stations in Wadi Hadhramout fell under two climate types: dry and extremely dry climates. According to the SPI, the study indicated that dry years were more frequent during the study period (1983-2022) compared to wet years at all climate stations, except for the southern Al-Soum station, where wet years were more frequent than dry years, particularly during the second (1993 - 2002), third (2003 - 2012), and fourth (2013 - 2022) study periods.

Keywords: Climatic drought, Reconnaissance Drought Index (RDI), Standardized Precipitation Index (SPI), Wadi Hadhramout.