الباحث

م.د. هدى برهان محمود

م.م. مروان ياسين سلطان

تحليل العناصر المناخية لمحطة جمجمال المناخية وبناء المؤشر المركب للجفاف باستخدام اسلوب التحليل العاملي : دراسة تطبيقية للمدة (٢٠٠٠_٢٠١٧)

Researcher

Huda Burhan Mahmood

Marwan Yassin Sultan

Analysis of Climatic Elements at Jamjamal Meteorological Station and the Construction of a Composite Drought Index through Factor Analysis An Applied Study for the Period 2000-2017

جمهورية العراق/وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/جامعة كركوك/كلية الآداب/مجلة آداب كركوك

معلومات الباحث

اسم الباحث الأول: **م.د. هدى برهان محمود**

البريد الالكتروني:
huda.burhan@uokirkuk.edu.iq

الاختصاص العام: الجغرافية

الاختصاص الدقيق: الجغرافية الطبيعية

مكان العمل (الحالي): كلية الآداب

القسم: الجغرافية التطبيقية

الكلية: الاداب

الجامعة او المؤسسة: جامعة كركوك

البلد: العراق

اسم الباحث الثاني: **م.م.مروان ياسين سلطان**

البريد الالكتروني:
marwanyassin@uokirkuk.edu.iq

الاختصاص العام: الجغرافية

الاختصاص الدقيق: الجغرافية البشرية

مكان العمل (الحالي): كلية الاداب

القسم: الجغرافية التطبيقية

الكلية: الاداب

الجامعة او المؤسسة: جامعة كركوك

البلد: العراق

الكلمات المفتاحية:
التحليل العاملي ، جمجمال ،المؤشر المركب للجفاف

عنوان البحث

تحليل العناصر المناخية لمحطة جمجمال المناخية وبناء المؤشر المركب للجفاف باستخدام اسلوب التحليل العاملي : دراسة تطبيقية للمدة (٢٠٠٠_٢٠١٧)

ملخص البحث

يهدف هذا البحث إلى تحليل العناصر المناخية الستة (الأمطار، الحرارة، الرطوبة، الرياح، الإشعاع الشمسي، والتبخر) لمحطة جمجمال المناخية في قضاء جمجمال للفترة ٢٠٠٠–٢٠١٧، وبناء مؤشر مركب للجفاف باستخدام التحليل العاملي، لتقدير شدة الجفاف وتصنيف السنوات وفق مستوى تحقق الظروف المناخية.

استخدمت الدراسة بيانات دقيقة مأخوذة من محطة جمجمال المناخية، تضمنت السجلات اليومية والشهرية للعناصر المناخية الستة خلال الفترة الزمنية المحددة. ولتحليل هذه البيانات الضخمة وتوحيد مقاييس العناصر المختلفة، تم الاعتماد على أسلوب التحليل العاملي (Factor Analysis)، الذي يسمح بتبسيط البيانات وتحديد العوامل الأكثر تأثيرا في الجفاف، وبناء مؤشر مركب يمثل مستوى شدة الجفاف بطريقة معيارية.

أظهرت النتائج أن الأحمال الحرارية والرياحية والإشعاعية كانت الأكثر تأثيرا في زيادة الجفاف، بينما ساهمت الأمطار والرطوبة في تخفيف شدته في بعض السنوات. كما أظهرت بعض السنوات مثل ٢٠٠٢ و٢٠٠٤ و٢٠١٥ و٢٠١٦ ذروة في شدة الجفاف، مقابل سنوات أقل جفافا مثل ٢٠١١ و٢٠١٢ و٢٠٠٦ و٢٠٠٨ و٢٠٠٩. وقد برهن المؤشر المركب على فعالية دمج العناصر المناخية وتوحيد وحداتها في تقييم دقيق للجفاف.

استنادا إلى هذه النتائج، يوصي البحث بـ: استخدام المؤشر المركب في التخطيط البيئي والزراعي، مراقبة العناصر الطردية التي تزيد من الجفاف، إجراء دراسات موسمية دقيقة لتوقع الفترات الحرجة، وتعزيز محطات الرصد البيئي لتحديث البيانات ودعم الدراسات المستقبلية.

Kirkuk Journal of Arts, Volume one, Number Three, June 2025

Researcher information

Researcher: Huda Burhan Mahmood

E-mail: huda.burhan@uokirkuk.edu.iq
General Specialization: Geography
Specialization: Natural geography
Place of Work (Current):College of Arts
Department:Applied Geography
College: College of Arts
University or Institution: Kirkuk University
Country: Iraq

Researcher: Marwan Yassin Sultan
E-mail: marwanyassin@uokirkuk.edu.iq
General Specialization: Geography
Specialization: Human geography
Place of Work (Current):College of Arts
Department:Applied Geography
College: College of Arts
University or Institution: Kirkuk University
Country: Iraq

Key words:
Factor analysis, jumjumal , composite drought index

college of Arts / Kirkuk University / Republic of Iraq Ministry of Higher education and scientific research

The Title

Analysis of Climatic Elements at Jamjamal Meteorological Station and the Construction of a Composite Drought Index through Factor Analysis: An Applied Study for the Period 2000-2017

Abstract

This study aims to analyze the six climatic elements (precipitation, temperature, humidity, wind, solar radiation, and evaporation) at the chamchal meteorological station in chamchal District for the period 2000–2017, and to construct a composite drought index using factor analysis to estimate drought intensity and classify years according to climatic conditions.

The study used precise data from the chamchal station, including daily and monthly records of the six climatic elements. Factor analysis was applied to simplify the dataset, identify the most influential factors on drought, and build a standardized composite index representing drought intensity.

Results showed that thermal, wind, and solar radiation loads were the most influential in increasing drought, while precipitation and humidity contributed to alleviating drought severity in some years. Peak drought years included 2002, 2004, 2015, and 2016, whereas years such as 2011, 2012, 2006, 2008, and 2009 experienced lower drought levels.

Based on these findings, the study recommends using the composite index in environmental and agricultural planning, monitoring the elements that increase drought, conducting precise seasonal studies to anticipate critical periods, and enhancing meteorological stations to update data and support future research.

المقدمة

يعد المناخ أحد أهم العوامل المحددة للحياة على سطح الأرض، إذ يؤثر بشكل مباشر في الموارد المائية، الإنتاج الزراعي، واستقرار النظم البيئية. وتتجلى أهمية دراسة المناخ في فهم الظواهر المتطرفة مثل الجفاف، الذي يعد من أكثر التحديات خطورة على التنمية المستدامة. إلا أن التعامل مع المناخ ليس أمرا بسيطا، فالعناصر المناخية تتداخل فيما بينها بعلاقات معقدة؛ فقد تتوافق الحرارة مع الإشعاع الشمسي والتبخر في زيادة الإجهاد المناخي، بينما تتنافر أحيانا مع عناصر أخرى مثل الأمطار أو الرطوبة التي تعمل على التخفيف من حدة الجفاف. هذه التشابكات تجعل من الصعب الاعتماد على عنصر واحد لتشخيص الظاهرة. ومن هنا تنبع أهمية بناء مؤشر مركب للجفاف، إذ يتيح لنا ضبط هذا الإيقاع بين العناصر المناخية المختلفة وتوحيد مقاييسها المتباينة في قيمة واحدة واضحة ومفهومة. وقد استخدم في هذا البحث التحليل العاملي كأداة إحصائية لتوحيد وحدات القياس المختلفة وتحويلها إلى مؤشر عددي يتراوح بين (٠–١)، يمثل صورة شاملة لظروف الجفاف في المنطقة المدروسة خلال الفترة (٢٠٠٠–٢٠١٧). وبهذا يصبح المؤشر أداة علمية تسهّل قراءة التعقيدات المناخية وتوفر أساسا أكثر دقة لفهم التغيرات المناخية وتقدير آثارها.

اولا: مشكلة البحث

١. هل يمكن قياس تأثير كل عنصر من العناصر المناخية الستة على الأحمال المناخية للمنطقة وتبيان مدى تداخلها وتباينها ضمن الإطار الزماني والمكاني؟
٢. هل يمكن بناء مؤشر مركب للجفاف باستخدام هذه العناصر يعكس بدقة شدة الجفاف ومستوى تحقق الظروف المناخية؟

ثانيا: فرضية البحث

١. تحليل العناصر المناخية الستة بشكل منفرد ضمن بيانات محطة جمجمال المناخية يتيح تحديد تأثير كل عنصر ومدى تداخله مع العناصر الأخرى، مع الأخذ بالبعد الزماني والمكاني في التفسير.
٢. توحيد مقاييس العناصر المناخية الستة باستخدام التحليل العاملي يمكّن من بناء مؤشر مركب للجفاف يعكس شدة الجفاف وتصنيف السنوات المناخية وفق مستوى تحقق الظروف المناخية.

ثالثا: أهداف البحث:

١. يهدف البحث أولا إلى تحليل العناصر المناخية الستة (الأمطار، الحرارة، الرطوبة، الرياح، الإشعاع، التبخر) بشكل منفرد ومترابط بأسلوب التحليل العاملي والكشف عن تباينها الزماني والمكاني ومدى

تأثيرها على الأحمال المناخية، بما يتيح توفير قاعدة علمية معيارية يمكن الإفادة منها في الدراسات المناخية اللاحقة، فضلا عن إيضاح انعكاسات التباين المناخي على شدة الجفاف كظاهرة بيئية.

٢. كما يهدف البحث ثانيا إلى بناء مؤشر مركب للجفاف باستخدام أسلوب التحليل العاملي لتوحيد مقاييس العناصر المناخية وتقدير شدة الجفاف وتصنيف السنوات المناخية، وبذلك يقدّم أداة كمية يمكن الاستناد إليها في التحليلات المناخية، ويمهّد لدراسات مستقبلية يمكن أن توظّف نتائجها في مجالات مثل الزراعة، وإدارة المياه، والتخطيط البيئي.

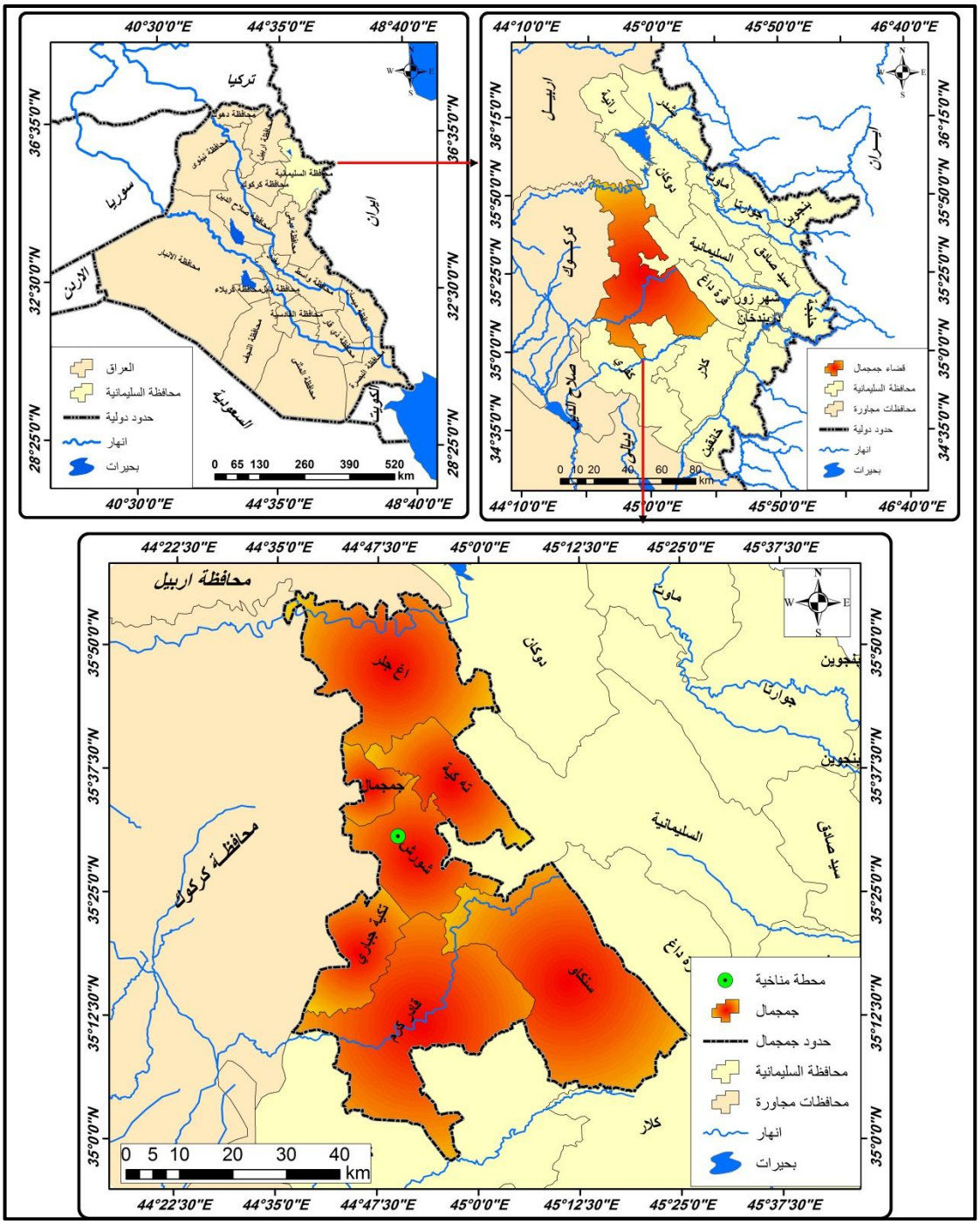
رابعا: منهج البحث

اعتمد البحث على المنهج الجغرافي التحليلي في دراسة العناصر المناخية وربطها ببعضها للكشف عن انعكاساتها الزمانية والمكانية على ظاهرة الجفاف، كما وظّف المنهج الاستقرائي في جمع البيانات المناخية وتتبع أنماطها وصولا إلى تعميمات علمية، والمنهج الكمي في استخدام الأساليب الإحصائية، ولا سيما التحليل العاملي (Factor Analysis) لبناء مؤشر مركب للجفاف يدمج المتغيرات المناخية المختلفة في قيمة واحدة.

خامسا:حدود البحث المكانية والزمانية.

تمتد منطقة قضاء جمجمال فلكيا بين دائرتي عرض(٣٥ ْ ٥٣ ً ٥٧ َ_٣٤ ْ ٥٦ ً ٢٥ َ) شمالا وبين خطي طول (٤٥ ْ ٢٦ ً ٠٣ َ_٤٤ ْ ٣٨ ً ١٢ َ) شرقا، خريطة (1) في شمال شرقي العراق ضمن المنطقة شبه الجبلية بين نطاقي الجبال العالية والمستوية ضمن الحدود الإدارية لمحافظة السليمانية، حيث تحده من الشرق اقضية (قرة داغ، السليمانية، دوكان) ومن الغرب محافظة كركوك، ومن الشمال محافظة اربيل ومن الجنوب الشرقي نهر (ئاوه سبى) وتبلغ مساحته ٢٣٦١,٣٢ كم^{٢} (فرحان، ٢٠٢٤، صفحة ١٧) ولهذا الموقع اثره في الظروف المناخية السائدة من حيث التساقط ودرجات الحرارة والرياح الهابة والضغط الجوي بين فصول السنة وتغلب عليها صفة المناخ القاري لبعدها النسبي عن البحار باستثناء البحر المتوسط الذي يتمتع بمساحة اكبر وكذلك لوقوعها في مسار الرياح العكسية المطيرة وعدم وجود المرتفعات التي تعيق حركة الرياح وتتأثر بدرجة اقل بمؤثرات الخليج العربي (احمد، ٢٠١٢، صفحة ٣) كما ان المنطقة تمتلك مقومات وموارد طبيعية وبشرية سيكون لها دور في تحقيق التنمية الزراعية بعد معالجة المعوقات والتنوع الزراعي (الشاطي، ٢٠١٤، صفحة ١٣)

خريطة (١) موقع منطقة البحث بالنسبة للعراق ومحافظة السليمانية



المصدر: من عمل الباحثين اعتمادا على : خريطة العراق الادارية بمقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ وخريطة محافظة السليمانية الادارية بمقياس ١:٥٠٠٠٠٠. ومخرجات برنامج ARC GIS10.8.

***التحليل العاملي**

هو اسلوب احصائي يهدف الى حصر الاعداد الكبيرة من المتغيرات الى اقل عدد ممكن من العوامل وذلك باستخدام معامل الارتباط بين كل متغير واخر من الظواهر المراد قياسها، من خلال ابراز اكثر المتغيرات اسهاما في تفسير تباين الظاهرة الجغرافية، اي تجميع المتغيرات ذات الخصائص المشتركة في تركيب متجانس ومرتبط داخليا فيما بينه بتكوين يسمى "العامل" بحيث يرتبط كل متغير بهذا العامل وبحمل معين تبعا لقوة ارتباطه بالعامل (درويش و عمران، ٢٠١٥، صفحة ١٢٠)

اذ استخدم الباحث اسلوب التحليل العاملي لتحقيق هدفين رئيسيين: الأول يتمثل في ترويض البيانات المناخية الضخمة التي كانت موزعة على أيام وأشهر تلك السنوات للعناصر المناخية، وتحويلها إلى صورة مبسطة قابلة للتحليل، أما الهدف الثاني فهو توحيد مقاييس هذه العناصر المختلفة في وحدة معيارية واحدة تتيح استخراج مؤشر مركب للجفاف يعبّر بدقة عن مجمل التأثيرات المناخية كالتالي:

اولا: الاحمال الحرارية

عند دراسة الأحمال الحرارية للسنوات من عام ٢٠٠٠ وحتى ٢٠١٧، يظهر تباين واضح في مستويات الحرارة بين هذه السنوات، مما يعكس نمطا زمنيا يمكن تتبعه وفق المنهج الجغرافي المناخي. تظهر السنة ٢٠٠٢ اعلى حمل حراري بقيمة ١ تليها السنوات ٢٠٠٤ و٢٠١٤ و٢٠١٥ و٢٠١٦ بأعلى الأحمال الحرارية بقيمة ٠,٩٩٩ ، (ينظر جدول١) وشكل(١)، وهو ما يشير إلى فترات من ذروة الحرارة خلال هذه الفترة الزمنية، وقد تعكس هذه السنوات ظروفا مناخية استثنائية أو موجات حرارة متكررة أثرت على المنطقة. تليها السنوات ٢٠٠٣ و٢٠٠٥ و٢٠٠٦ و٢٠٠٧ و٢٠٠٨، التي بلغت قيمتها ٠,٩٩٨، وهي تمثل مستويات حرارة مرتفعة لكنها أقل قليلا من ذروة السنوات السابقة، مما يشير إلى استقرار نسبي في الأحمال الحرارية خلال هذه الفترة مع ارتفاع ملحوظ عن المعدلات المتوسطة. أما سنة ٢٠٠١ فبلغت قيمة الحرارة فيها ٠,٩٩٧، مما يجعلها ضمن الفئة العالية نسبيا، بينما السنوات ٢٠١١ و٢٠١٣ و٢٠١٧ سجلت ٠,٩٩٦.

جدول(١)

احمال المتغيرات المناخية على العامل في قضاء جمجمال للمدة (٢٠٠٠_٢٠١٧)

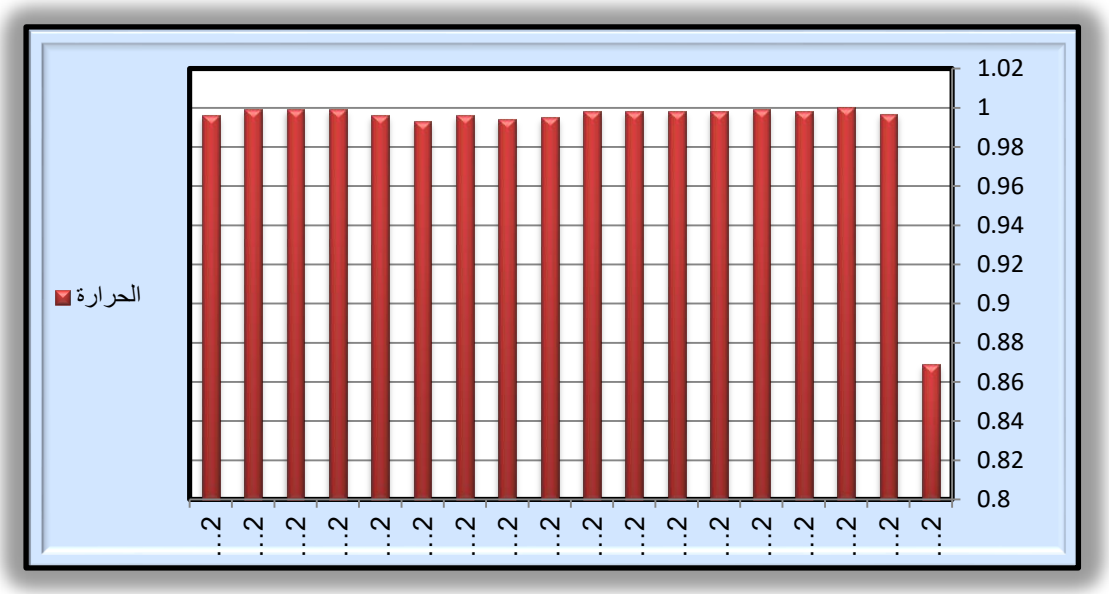
Component Matrix[a]										
السنوات	Component									
	الحرارة	(١-الامطار)	الامطار	(١-الرطوبة)	الرطوبة	الرياح	الاشعاع الشمسي	التبخر	مؤشر الجفاف	الدرجة المعيارية
2000	0.869	0.002	0.998	0.315	0.685	0.449	0.444	1	0.513	-0.47
2001	0.997	0.001	0.999	0.003	0.997	0.539	0.496	1	0.506	-0.67
2002	1	0	1	0.002	0.998	0.608	0.940	1	0.592	1.72
2003	0.998	0.001	0.999	0.003	0.997	0.578	0.679	1	0.543	0.36
2004	0.999	0	1	0.002	0.998	0.671	0.878	1	0.592	1.72
2005	0.998	0	1	0.003	0.997	0.484	0.619	1	0.517	-0.36
2006	0.998	0.001	0.999	0.003	0.997	0.491	0.463	1	0.493	-1.03
2007	0.998	0.001	0.999	0.003	0.997	0.527	0.703	1	0.539	0.25
2008	0.998	0.001	0.999	0.003	0.997	0.493	0.468	1	0.494	-1.00
2009	0.995	0.001	0.999	0.006	0.994	0.447	0.524	1	0.496	-0.94
2010	0.994	0.001	0.999	0.006	0.994	0.53	0.539	1	0.512	-0.50
2011	0.996	0.001	0.999	0.004	0.996	0.412	0.541	1	0.492	-1.06
2012	0.993	0.002	0.998	0.007	0.993	0.54	0.345	1	0.481	-1.36
2013	0.996	0.001	0.999	0.004	0.996	0.539	0.561	1	0.517	-0.36
2014	0.999	0	1	0.002	0.998	0.502	0.850	1	0.559	0.81
2015	0.999	0	1	0.002	0.998	0.658	0.883	1	0.59	1.67
2016	0.999	0	1	0.002	0.998	0.544	0.868	1	0.569	1.08
2017	0.996	0.001	0.999	0.005	0.995	0.663	0.527	1	0.532	0.06
Extraction Method: Principal Component Analysis.										
a. 1 components extracted.										

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على:

١. جمهورية العراق، وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بغداد،٢٠١٧، بيانات غير منشورة.

٢. مخرجات برنامج (spss)

شكل(١) الحمل الحراري في قضاء جمجمال



المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول(١)

ما يعكس استمرار تأثير الأحمال الحرارية المرتفعة في العقد الثاني من القرن، وإن بدرجة أقل من ذروة السنوات الخمس الأعلى. وعلى مستوى أقل، نجد أن سنة ٢٠٠٩ سجلت ٠,٩٩٥ وسنة ٢٠١٠ بلغت ٠,٩٩٤، فيما سجلت سنة ٢٠١٢ ٠,٩٩٣، مما يوضح وجود فترات من تراجع الحرارة نسبيا بعد الذروات، مما يشير إلى تباين طبيعي ضمن النمط المناخي السنوي. أخيرا، تظهر سنة ٢٠٠٠ أقل قيمة حرارية بمقدار ٠,٨٦٩ ، ما يجعلها سنة أبرد بشكل واضح مقارنة ببقية السنوات، ويمكن تفسير ذلك كجزء من التغير الطبيعي أو التذبذب المناخي طويل المدى. بشكل عام، يوضح هذا التوزيع أن الفترة بين ٢٠٠٢ و٢٠١٦ شهدت ارتفاعا ملحوظا في الأحمال الحرارية، مع تباين بين الذروات والفترات الأقل حرارة، وهو ما يتيح لاحقا إمكانية ربط هذه البيانات بالعناصر المناخية الأخرى لفهم شامل للتغير المناخي في المنطقة.

ثانيا: الاحمال المطرية

عند دراسة الأحمال المطرية للسنوات من ٢٠٠٠ وحتى ٢٠١٧، يظهر تباين واضح في مستويات الهطول. سجلت السنوات ٢٠٠٢ و٢٠٠٤ و٢٠٠٥ و٢٠١٤ و٢٠١٥ و٢٠١٦ أعلى الأحمال المطرية بقيمة ١، ينظر جدول(١) شكل(٢)، مما يشير إلى فترات هطول غزيرة ومستقرة. بعض هذه السنوات،

مثل ٢٠١٤ و٢٠٠٢، تتزامن مع ارتفاع درجات الحرارة، ما قد يعكس حالات مناخية استثنائية تجمع بين دفء الجو وهطولات مطرية كبيرة.

أما السنوات ٢٠٠١ و٢٠٠٣ و٢٠٠٦ و٢٠٠٧ و٢٠٠٨ و٢٠٠٩ و٢٠١٠ و٢٠١١ و٢٠١٣ و٢٠١٧ فقد سجلت قيمة ٠,٩٩٩، وهي مرتفعة جدا لكنها أقل قليلا من ذروة السنوات السابقة، مما يدل على استمرار هطول الأمطار بغزارة مع بعض التفاوت السنوي، دون وجود ارتباط واضح مع ذروة درجات الحرارة في كل سنة.

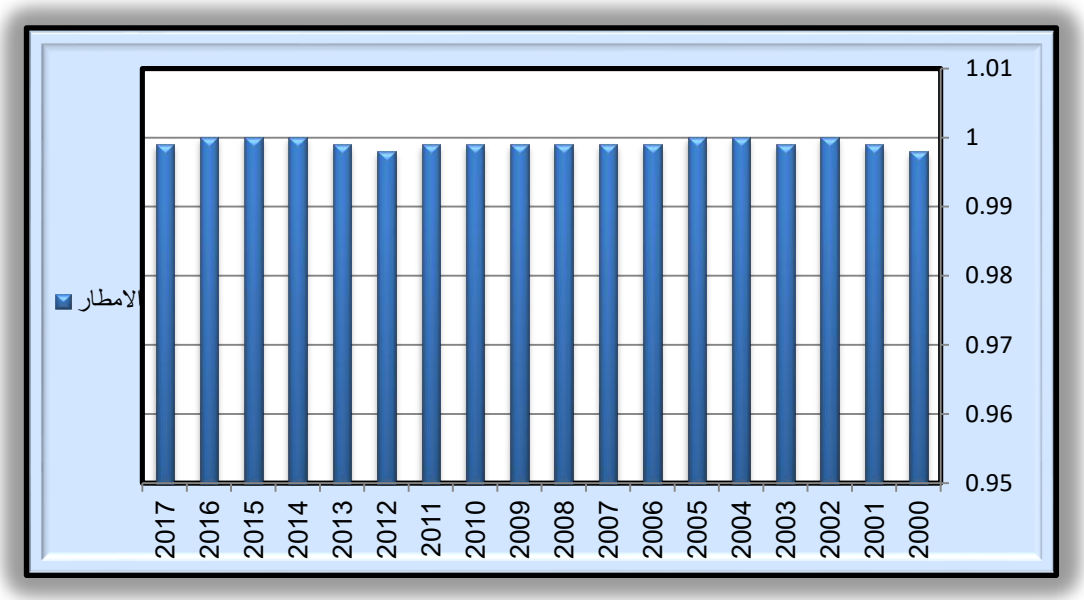
في المقابل، سنتا ٢٠٠٠ و٢٠١٢ سجلتا ٠,٩٩٨، وهي مستويات مرتفعة أيضا لكنها أقل نسبيا مقارنة بذروة السنوات، ما يعكس تراجعا بسيطا في الهطول.

بشكل عام، يظهر هذا التوزيع أن الأحمال المطرية مرتفعة خلال معظم السنوات، مع بعض التباين الطبيعي بين الذروات والفترات الأقل هطولا، وقد لوحظ في بعض السنوات ارتباط منطقي بين ارتفاع الحرارة وزيادة الأمطار مثل سنة ٢٠١٤، بينما بقيت باقي السنوات مستقلة عن اتجاهات الحرارة بشكل واضح.

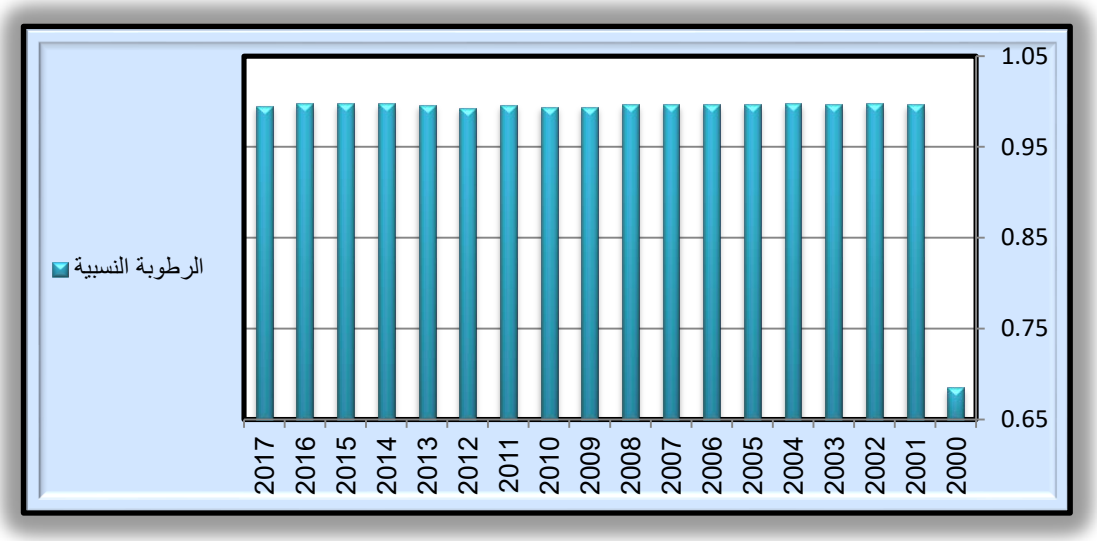
ثالثا: احمال الرطوبة النسبية

عند دراسة الأحمال الرطوبة للسنوات من ٢٠٠٠ وحتى ٢٠١٧، يظهر تباين واضح بين السنوات مع مستويات رطوبة مرتفعة إلى منخفضة. سجلت السنوات ٢٠٠٢ و٢٠٠٤ و٢٠١٤ و٢٠١٥ و٢٠١٦ قيمة ٠,٩٩٨، ينظر جدول(١) شكل(٣) وهي تمثل مستويات رطوبة مرتفعة نسبيا، وقد تتزامن بعض هذه السنوات، مثل ٢٠٠٢ و٢٠٠٤ و٢٠١٤ و٢٠١٥ و٢٠١٦، مع ذروات الحرارة، مما قد يشير إلى ظروف مناخية حارة ورطبة في آن واحد.

شكل(٢) الاحمال المطرية في قضاء جمجمال



المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول(١)



شكل(٣) احمال الرطوبة النسبية في قضاء جمجمال

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول(١)

أما السنوات ٢٠٠١ و٢٠٠٣ و٢٠٠٥ و٢٠٠٦ و٢٠٠٧ و٢٠٠٨، فقد سجلت قيمة ٠,٩٩٧، وهي مرتفعة أيضا لكنها أقل قليلا، ما يعكس استمرار تأثير الرطوبة العالية على المنطقة مع بعض التفاوت بين السنوات، دون ارتباط مباشر مع ذروات الحرارة في كل حالة.

في المقابل، السنوات ٢٠١١ و٢٠١٣ سجلت ٠,٩٩٦، وسنة ٢٠١٧ سجلت ٠,٩٩٥، بينما السنوات ٢٠٠٩ و٢٠١٠ بلغت ٠,٩٩٤، ما يدل على انخفاض نسبي في الرطوبة خلال هذه الفترات مقارنة بالسنوات الأعلى، ويلاحظ أن بعض هذه السنوات، مثل ٢٠٠٨، شهدت حرارة مرتفعة، لكن الرطوبة أقل، مما يعكس عدم وجود ارتباط صارم بين ارتفاع الحرارة والرطوبة دائما.

أما السنة ٢٠١٢، فقد سجلت ٠,٩٩٣، وهي أقل من السنوات السابقة، رغم أنها كانت من ذروات الحرارة والأمطار، ما يشير إلى أن الرطوبة لم تتزامن بالضرورة مع الارتفاع في الحرارة والأمطار في هذه السنة. أخيرا، السنة ٢٠٠٠ سجلت أدنى قيمة رطوبة بمقدار ٠,٦٨٥، وهو انخفاض كبير مقارنة ببقية السنوات، ويعكس جفافا ملحوظا رغم أن الحرارة كانت مرتفعة نسبيا، ما يدل على تباين كبير بين الحرارة والرطوبة في بعض الحالات.

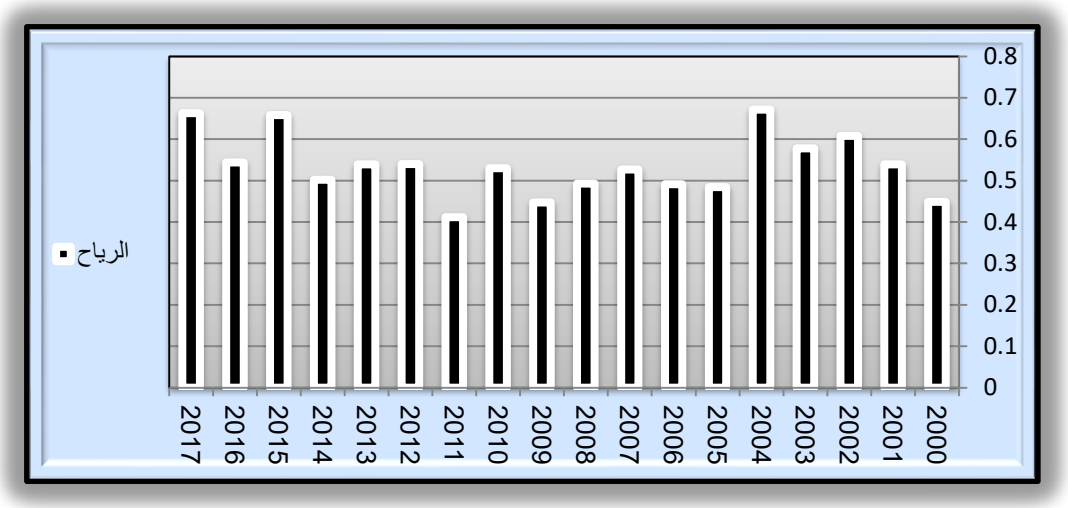
بشكل عام، يظهر تحليل الرطوبة أن معظم السنوات شهدت مستويات مرتفعة مع تباين بسيط، وأن الارتباط بين الرطوبة والحرارة موجود جزئيا في بعض السنوات، لكنه ليس قاعدة عامة، حيث توجد سنوات حارة منخفضة الرطوبة وأخرى رطبة بدرجات حرارة معتدلة، مما يعكس التعقيد الطبيعي للتغيرات المناخية في المنطقة.

رابعا: الأحمال الرياحية

عند دراسة الأحمال الرياحية للسنوات من ٢٠٠٠ حتى ٢٠١٧، يظهر تباين كبير بين السنوات. سجلت سنة ٢٠٠٤ أعلى قيمة للرياح بمقدار ٠,٦٧١، ينظر جدول(١) شكل(٤)، تليها سنوات ٢٠١٧ (٠,٦٦٣)، و٢٠١٥ (٠,٦٥٨)، و٢٠٠٢ (٠,٦٠٨)، ما يشير إلى فترات نشاط ريحي ملحوظة يمكن أن تؤثر على تبخر المياه وانتقال الرطوبة.

مقارنة بالحرارة والأمطار، نلاحظ أن سنة ٢٠٠٤ كانت من ذروات الحرارة (٠,٩٩٩) ومستوى الأمطار مرتفع (١)، مما يعكس تزامن حرارة مرتفعة مع نشاط ريحي قوي، وهو نمط قد يزيد من معدلات التبخر رغم هطول الأمطار. بالمثل، سنة ٢٠١٥ شهدت حرارة عالية (٠,٩٩٩)

شكل(٤) الاحمال الرياحية في قضاء جمجمال



المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول(١)

وأمطار مرتفعة نسبيا (٠,٩٩٩)، مع رياح قوية (٠,٦٥٨)، ما يعكس ظروف مناخية متقلبة تجمع بين الحرارة العالية والأمطار والرياح النشطة.

أما السنوات التي سجلت أدنى الأحمال الرياحية، مثل ٢٠٠٩ (٠,٤٤٧) و٢٠٠٠ (٠,٤٤٩) و٢٠٠٥ (٠,٤٨٤)، فهي تتزامن في بعض الحالات مع انخفاض الحرارة أو مستويات أمطار أقل، كما في سنة ٢٠٠٠، التي كانت أقل سنة حرارة (٠,٨٦٩) و الأحمال المطرية (٠,٩٩٨)، ما يدل على أن الرياح المنخفضة في هذه السنة لم تؤثر على هطول الأمطار، أي أن تأثير الرياح لم يكن مرتبطا دائما بمستوى الهطول.

بقية السنوات تقع بين هذه القيم، مع تباين طبيعي يعكس تذبذب الأحمال الرياحية من سنة إلى أخرى، دون ارتباط صارم ومستمر مع كل من الحرارة أو الأمطار أو الرطوبة، لكنها تلعب دورا في ديناميكية التبخر ونقل الرطوبة الجوية خلال الفترات الحرارية العالية.

خامسا: احمال الاشعاع الشمسي

عند دراسة الأحمال الإشعاعية الشمسية للفترة من ٢٠٠٠ حتى ٢٠١٧، يظهر تباين ملحوظ بين السنوات، حيث سجلت سنة ٢٠٠٢ أعلى قيمة بمقدار ٠,٩٤٠،ينظر جدول(١) شكل(٥) تليها سنة

٢٠٠٤ (٠,٨٧٨) وسنة ٢٠١٥ (٠,٨٨٣)، مما يشير إلى فترات قوية من التعرض الشمسي. هذه الذروات تتزامن في الغالب مع سنوات الحرارة العالية، مثل ٢٠٠٢ و٢٠١٥ و٢٠٠٤، ما يعكس ارتباطا منطقيا بين ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع الإشعاع الشمسي.

سنة ٢٠١٦ سجلت ٠,٨٦٨، وهي أيضا عالية نسبيا، تزامنا مع حرارة مرتفعة (٠,٩٩٩) ورياح نشطة (٠,٥٤٤)، ما يشير إلى تأثير الإشعاع الشمسي على تبخر المياه وزيادة الأحمال الحرارية.

أما السنوات الأقل إشعاعا، مثل ٢٠١٢ (٠,٣٤٥) و٢٠٠٦ (٠,٤٦٣) و٢٠٠٨ (٠,٤٦٨)، فقد تزامنت في بعض الحالات مع انخفاض الحرارة أو الرياح المعتدلة، ما يدل على أن انخفاض الإشعاع لم يمنع بعض السنوات من تسجيل مستويات حرارة أو أمطار مرتفعة، كما في سنة ٢٠٠٨ حيث الحرارة ٠,٩٩٨ والأمطار ١، مما يوضح عدم وجود ارتباط صارم دائم بين كل العناصر المناخية والإشعاع الشمسي.

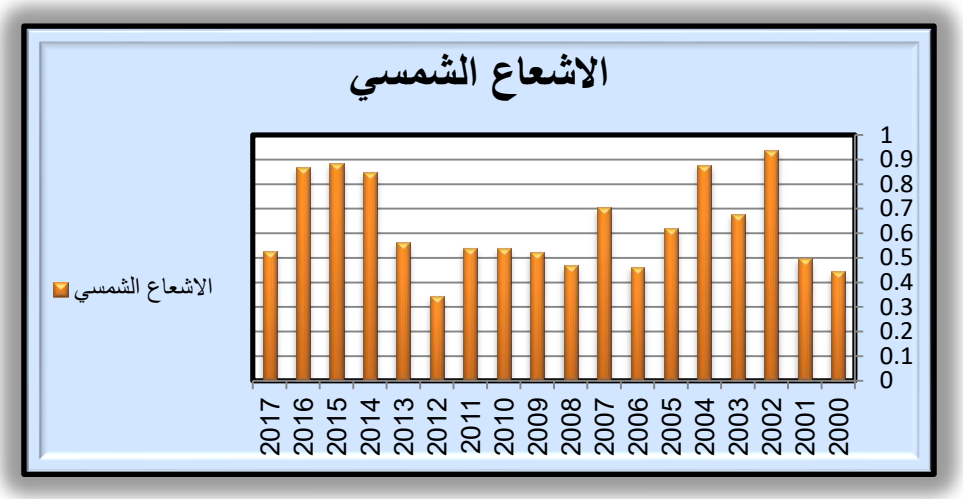
البقية من السنوات تقع بين هذه القيم، مع تباين طبيعي يعكس دور الإشعاع الشمسي في تحديد الأحمال الحرارية والتبخر، خصوصا في السنوات التي تتزامن فيها ذروات الحرارة والرياح، وهو ما يعزز فهمنا للتقلبات المناخية السنوية في المنطقة.

سادسا: الأحمال التبخرية

بالنظر إلى بيانات التبخر، نجد أن جميع السنوات من ٢٠٠٠ حتى ٢٠١٧ سجلت قيمة ١، أي أن التبخر مرتفع بشكل ثابت دون أي تباين سنوي. هذا يوضح أن التبخر في المنطقة يعتبر عامل ثابت وقوي التأثير، بغض النظر عن التغيرات في الحرارة أو الأمطار أو الرطوبة أو الرياح أو الإشعاع الشمسي خلال السنوات المختلفة.

يمكن تفسير ذلك بعدة عوامل مناخية وجغرافية:

شكل(٥) احمال الاشعاع الشمسي في قضاء جمجمال



المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول(١)

١. الظروف الجغرافية المستقرة: المنطقة قد تتميز بخصائص مناخية تجعل التبخر مرتفعا دائما، مثل التعرض المستمر للشمس ووفرة الرياح السطحية.

٢. التأثير المركب للعناصر الأخرى: على الرغم من وجود تفاوت في الحرارة أو الأمطار أو الرطوبة أو الرياح أو الإشعاع، إلا أن التبخر يبقى عند أعلى مستوياته، مما يشير إلى أن العوامل الجغرافية والموسمية تلعب دورا أكبر من التغير السنوي للعناصر الفردية.

٣. محدودية تأثير التباين السنوي: التباينات في الحرارة أو الأمطار أو الرطوبة أو الإشعاع قد تكون غير كافية لتغيير معدلات التبخر بشكل ملحوظ، خاصة إذا كانت المنطقة ذات ظروف مناخية جافة أو شبه جافة بشكل دائم.

ان التبخر عامل ثابت في المنطقة يعكس طبيعة المناخ السائد ويستمر كقوة مهيمنة، ما يجعل أي مؤشر للجفاف يجب أن يأخذ هذا الثابت في الحسبان عند احتساب المتوسط لجميع المتغيرات المناخية الأخرى.

مؤشر الجفاف المركب

يعدّ قياس الجفاف من القضايا الجوهرية في الدراسات المناخية والهيدرولوجية، نظرا لتأثيره المباشر على الموارد المائية والأنشطة الزراعية والبيئية. غير أن التحدي الرئيس في بناء مؤشر للجفاف يتمثل في تعدد

العناصر المناخية المؤثرة وتنوع وحدات قياسها؛ فالحرارة تقاس بالدرجة المئوية، والأمطار بالمليمتر، والرطوبة بالنسبة المئوية، والرياح بالمتر في الثانية، والإشعاع الشمسي بوحدات الطاقة، بينما التبخر له وحدات خاصة به. ومن هنا جاءت الحاجة إلى استخدام التحليل العاملي كأداة إحصائية لتوحيد هذه المقاييس المختلفة وجعلها قابلة للمقارنة والدمج في مؤشر واحد.

وبما أن بعض العناصر تؤثر في الجفاف بصورة طردية (مثل الحرارة، الرياح، التبخر، الإشعاع الشمسي) حيث أن زيادتها تعني تفاقم حالة الجفاف، في حين أن عناصر أخرى تؤثر بصورة عكسية (مثل الأمطار والرطوبة النسبية) حيث أن زيادتها تقلل من شدة الجفاف، فقد كان من الضروري معالجة هذا التباين في الاتجاه. ولتحقيق ذلك، جرى عكس قيم الأمطار والرطوبة النسبية باستخدام المعادلة الآتية:

(Andy Field, 2013, p. 129) $y = 1 - X$

حيث(X) تمثل القيمة المعيارية للأمطار أو الرطوبة النسبية، بينما(y) تمثل القيمة المعدلة بعد العكس. وبذلك أصبحت جميع المتغيرات تسير في الاتجاه نفسه: أي أن زيادة القيمة تعني زيادة الجفاف.

وبناء على ذلك، تم بناء معادلة خاصة لقياس مؤشر الجفاف، وهي من تصميم الباحث، استنادا إلى المبادئ المتبعة في مؤشرات الجفاف العالمية مثل مؤشر بالمر (PDSI) و مؤشر SPI و مؤشر SPEI، التي تعتمد بدورها على مبدأ توحيد المقاييس المعيارية وتحويل المتغيرات المختلفة إلى مؤشر مركب. وقد صيغ المؤشر النهائي لمعدل الجفاف وفق المعادلة التالية:

$$DI = \frac{T + W + E + S + (1-x) + (1-x^1)}{N}$$

حيث(DI) يمثّل مؤشر الجفاف، و(T) الحرارة، و(W) الرياح، و التبخر(E) ، و(S) الإشعاع الشمسي، بينما يشير(1−x) إلى الأمطار و($1-x^1$) إلى الرطوبة النسبية و(N) الى عدد المتغيرات والنتيجة النهائية تكون بين مدى(٠_١) .

يشير المؤشر الناتج عن المعادلة الخاصة بالعناصر المناخية المدروسة (الحرارة، الرياح، التبخر، الإشعاع الشمسي، الأمطار، والرطوبة النسبية) إلى ان درجة الجفاف نظريًا ضمن نطاق ٠−١. ومع

ذلك، لا يشترط أن تمتد قيم المؤشر فعليًا على كامل هذا المدى في جميع الحالات، فقد تظهر القيم ضمن نطاق ضيق أو أوسع حسب طبيعة البيانات المناخية الفعلية لكل سنة، كما حدث في سنوات الدراسة والتي امتدت على مستوى ضيق على نطاق بلغ مداه (٠,٥٠–٠,٥٦)، ما يجعل التمييز بين درجات الجفاف ضعيفًا نسبيا إذا اعتمدنا النطاق فقط. لذا تم تطبيق اسلوب التصنيف بالدرجة المعيارية (Z–score) لإعادة تصنيف القيم ضمن أربع مستويات واضحة: جفاف مرتفع، جاف منخفض، رطوبة منخفضة ورطوبة مرتفعة، بما يعكس التباين الفعلي بدقة أكبر ويظل مرتبطًا بالمعادلة الأصلية.

ويُعد هذا المؤشر من المؤشرات المرنة، إذ لا يشترط وجود عناصر مناخية معينة بذاتها، بل يمكن تطبيقه على أي عناصر مناخية أو بيانات جغرافية متاحة. كما أنه لا يحتاج إلى سنوات طويلة من البيانات، ولا إلى تباين شديد بين العناصر أو السنوات ليكون القياس صالحًا، فحتى مع عدد سنوات محدود، أو مدى ضيق للقيم، أو تباين ضعيف، يمكن الحصول على تصنيف موضوعي وواضح لدرجات الجفاف.

ووفقا لما سبق تم تقسيم مستويات الجاف في منطقة البحث الى اربعة مستويات بحسب الدرجة المعيارية(ينظر جدول١) كالتالي:

١. سنوات ذات مؤشر جفاف مرتفع (من ١_ فأكثر)

(٢٠٠٢،٢٠٠٤،٢٠١٥،٢٠١٦):

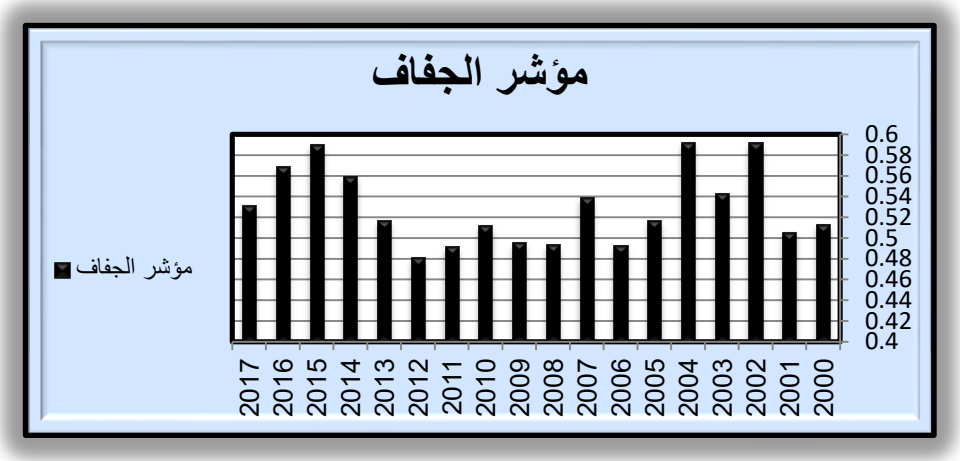
هذه السنوات تمثل ذروة الجفاف خلال فترة الدراسة.

جاءت سنة ٢٠٠٢ في الترتيب الاول ضمن هذه الفئة فضلا عن ترتيبها الاول ضمن سنوات الدراسة في ارتفاع مستوى الجفاف حيث بلغت حرارة قصوى (١) مع إشعاع مرتفع (٠,٩٤٠) ورياح قوية (٠,٦٠٨)، مما أنتج جفافا مرتفعا رغم الأمطار الغزيرة. (ينظر جدول١) شكل (٦).

سنة ٢٠٠٤ جاءت في الترتيب الثاني اذ بلغت حرارة قصوى (٠,٩٩٩) وإشعاع عالٍ (٠,٨٧٨) ورياح قوية (٠,٦٧١)، ما جعلها واحدة من أكثر السنوات جفافا رغم وفرة الأمطار والرطوبة.

وفي الترتيب الثالث جاءت سنة ٢٠١٥ كحالة مشابهة، حرارة قصوى (٠,٩٩٩) مع إشعاع شمسي قوي (٠,٨٨٣) ورياح عالية (٠,٦٥٨)، رغم الأمطار الجيدة (١).

شكل(6) مؤشر الجفاف المركب لمنطقة جمجمال



المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على بيانات جدول(١)

واخيرا سنة ٢٠١٦ بلغت حرارة قصوى (٠,٩٩٩) مع رطوبة منخفضة (٠,٩٩٧) وأمطار شبه كاملة (١)، لكن ارتفاع التبخر والإشعاع الشمسي (٠,٨٦٨) والرياح (٠,٥٤٤) رفعا مؤشر الجفاف لمستوى عالٍ.

٢. سنوات ذات مؤشر جفاف منخفض (من ٠_٠,٩٩)

(٢٠١٤، ٢٠٠٣ ، ٢٠٠٧ ، ٢٠١٧):

سنة ٢٠١٤ كانت حالة خاصة حيث الحرارة من أعلى القيم (٠,٩٩٩) مع أمطار غزيرة جدا (١,٠٠٠) ورطوبة منخفضة نسبيا (٠,٩٩٨) وإشعاع قوي (٠,٨٥٠)، أي أن التناقض بين الحرارة و الإشعاع الشمسي من جهة والأمطار من جهة أخرى نتج عنه مستوى جفاف مرتفع نسبيا.

اما سنة ٢٠٠٣ فكانت الحرارة ٠,٩٩٨ مع رطوبة مرتفعة (٠,٩٩٧)، لكن مع إشعاع شمسي ٠,٦٧٩ ورياح متوسطة، مما رفع مؤشر الجفاف نسبيا.

وسنة ٢٠٠٧ حرارة ٠,٩٩٨ ورطوبة متوسطة (٠,٩٩٧) وأمطار قوية (١)، لكن الرياح والإشعاع أسهما في رفع مستوى الجفاف.

اما سنة ٢٠١٧ حرارة ٠,٩٩٦ وأمطار قوية (٠,٩٩٩)، لكن الرياح كانت مرتفعة (٠,٦٦٣) والإشعاع الشمسي أقل (٠,٥٢٧)، وهذا التباين رفع مؤشر الجفاف رغم غزارة المطر.

٣. سنوات ذات مؤشر رطوبة منخفض (من -٠,٠_-٠,٩٩)

(٢٠٠٩،٢٠٠١،٢٠١٠،٢٠٠٠،٢٠١٣،٢٠٠٥):

سنة ٢٠٠٩ رغم انخفاض الحرارة (٠,٩٩٥) إلا أنها تزامنت مع أمطار متوسطة نسبيا (٠,٩٩٩) ورطوبة منخفضة (٠,٩٩٤)، فجعلت هذه السنة من السنوات الرطبة.

سنة ٢٠٠١ حرارة ٠,٩٩٧ وأمطار قوية (٠,٩٩٩) ورطوبة عالية (٠,٩٩٧)، ما يفسر انخفاض المؤشر في هذه السنة، لكن الحرارة المرتفعة كانت عائقا في رفع مستوى رطوبة هذه السنة.

سنة ٢٠١٠ حرارة منخفضة نسبيا (٠,٩٩٤) ورطوبة عالية (٠,٩٩٤) مع أمطار قوية (٠,٩٩٩)، لكن ضعف الرياح (٠,٥٣٠) والإشعاع الشمسي (٠,٥٣٩) ساهما بشكل ايجابي في رطوبة هذه السنة.

سنة ٢٠١٣ حرارة ٠,٩٩٦ مع رطوبة شديدة الانخفاض (٠,٦٨٥)، ورغم الأمطار الجيدة (٠,٩٩٩) إلا أن الرطوبة لازالت ضمن المستوى المنخفض.

اما سنة ٢٠٠٥ فكانت في الترتيب الاخير ضمن هذه الفئة.

٤. سنوات ذات مؤشر رطوبة مرتفع (من-١ _فأقل)

(٢٠١٢،٢٠١١،٢٠٠٦،٢٠٠٨):

هذه السنوات تمثل اعلى مستوى للرطوبة، أي أن الظروف المناخية كانت أقل قسوة نسبيا.

سنة ٢٠١٢ تزامنت مع انخفاض الحرارة (٠,٩٩٣) وارتفاع الرطوبة (٠,٩٩٣)، ما يوضح اعتدالا نسبيا ساهم في تقليل الجفاف.

سنة ٢٠١١ أظهرت حرارة متوسطة (٠,٩٩٦) مع رطوبة مرتفعة (٠,٩٩٧)، مما يتفق مع انخفاض مؤشر الجفاف.

سنة ٢٠٠٦ تميزت بحرارة عالية (٠,٩٩٨) لكن مع رطوبة مرتفعة (٠,٩٩٧) وأمطار قوية (٠,٩٩٩)، فانعكس ذلك على مؤشر جفاف منخفض ، بسبب التعويض الذي وفرته الأمطار.

سنة ٢٠٠٨ كانت مشابهة للسنة التي سبقتها.

_الاستنتاجات

١. تباين العناصر المناخية: الحرارة، الأمطار، الرطوبة، الرياح، والإشعاع الشمسي أظهرت تفاوتا واضحا بين السنوات (٢٠٠٠-٢٠١٧)، مما يؤثر بشكل مباشر على شدة الجفاف.
٢. ثبات التبخر وأهميته: التبخر كان مرتفعا وثابتا طوال الفترة، مما يجعله عاملا رئيسيا في تحديد مستوى الجفاف.
٣. أهمية العناصر الطردية: العناصر الطردية (حرارة، ريح، إشعاع، تبخر) تؤثر بشكل أكبر على شدة الجفاف مقارنة بالعناصر العكسية (أمطار، رطوبة).
٤. فاعلية المؤشر المركب: استخدام التحليل العاملي لبناء مؤشر الجفاف مكن من دمج جميع العناصر المناخية وتوحيد وحداتها، ما أسهم في تقييم دقيق للجفاف السنوي.

٥. يعد المؤشر المركب اداة مرنة اذ يمكن تطبيقها على البيانات المناخية المتاحة سواء من حيث عدد العناصر المناخية او طول الفترة الزمنية مع الحفاظ على فعالية التقيم وتصنيف الجفاف بشكل دقيق وفق البيانات المتاحة.

_المقترحات

١. يوصى باستخدام المؤشر المركب في الدراسات المناخية المستقبلية لتقييم الجفاف السنوي، لما يتمتع به من مرونة وقدرة على دمج مختلف العناصر المناخية وتطبيقه على بيانات متاحة سواء كانت قصيرة المدى أو محدودة العدد، مع الحفاظ على دقة التصنيف والموضوعية.

٢. اعتماد المؤشر المركب في التخطيط البيئي والزراعي: لتوجيه سياسات إدارة المياه والزراعة في المنطقة.

٣. مراقبة العناصر المناخية الطردية: متابعة الحرارة، الرياح، الإشعاع، والتبخر بشكل دوري لأنها الأكثر تأثيرا على الجفاف.

٤. توسيع الدراسات المناخية: إجراء تحليل موسمي وسنوي للعناصر المناخية لتوقع الفترات الحرجة واتخاذ التدابير الوقائية.

٥. تعزيز محطات الرصد البيئي: زيادة عدد المحطات وتحديث البيانات لدعم بناء مؤشرات دقيقة للتغيرات المناخية

المراجع

١. الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ. (٢٠١٧). بينات غير منشورة. بغداد: جمهورية العراق، وزارة النقل،.

٢. بشرى احمد عباس فرحان. (٢٠٢٤). دراسة مؤشرات جودة مياه الابار في قضاء جمجمال في شمال شرق العراق. مجلة دراسات في الانسانيات والعلوم التربوية،العدد٧.

٣. عتاب درويش، و عتاب عمران. (٢٠١٥). التحليل العاملي واهميته في الكشف عن محددات الوعي التامني. سوريا ، اللاذقية: مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، العدد١، المجبد٣٧.

٤. غسان خليل ابراهيم الشاطي. (٢٠١٤). التباين المكاني لاستعمالات الارض الزراعية قضاء جمجمال. كركوك: مجلة جامعة كركوك للدراسات الانسانية، جامعة كركوك، كلية التربية للعلوم الانسانية.

٥. مراد اسماعيل احمد. (٢٠١٢). التغيير المكاني لاستعمالات الاراض الزراعية في محافظة السليمانية باستخدام تقنية الانحدار الخطي. كركوك: مجلة جامعة كركوك للدراسات الانسانية، العدد٢، جامعة كركوك، كلية التربية للعلوم الانسانية.

المصادر الاجنبية

1. Andy Field. (2013). Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics, 4th Edition. London, United Kingdom,: SAGE Publications Ltd.