مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

(التصحر والجفاف في العراق وتأثيره على التنمية الأنسانية ، تشخيص وتوصيات للأستدامة وحماية البيئة)

Prof. Qusay A. Omar

Professor at Great Bay community college, Portsmouth, NH, USA ,03801,

qusayomar2013@gmail.com

Dr. Daoud Hassan Kadhim , Dubai, UAE.

daoudkadhim50@hotmail.com

المستخلص

إن التغيرات المناخية التي يشهدها العالم حالياً و ظاهرة الاحتباس الحراري والتي تظهر في مناطق مختلفة من الأرض على شكل ارتفاع في درجات الحرارة وموجات المد البحري والأعاصير وغيرها ، قد شملت العراق في السنوات الأخيرة بارتفاع معدلات درجات الحرارة وزيادة نسب الإشعاع وزيادة في تكرار العواصف الترابية مما أدى إلى تأثيرات سلبية ,وتقويض القطاع الزراعي في العراق أضافة الى تهديد الامن المائي والغذائي والصحة العامة والبيئة .تهدف هذه الدراسة إلى عرض واقع التغير المناخي في العراق باعتباره واقعاً ضمن منطقة والتي تتميز بمناخ شبه صحراوي ووقوعه ضمن المنطقة شبه القاحلة. كما سلط الضوء على مدى تأثر العراق بهذه التغيرات بسبب الحروب والتلوث والجفاف والتأثيرات البيئية الضارة الأخرى، وغياب مناهج الاستدامة في التعامل مع المشكلات البيئية والتغيرات المناخية وكذلك استخدام الخطط الاستراتيجية والاساليب الحديثة في التجديد الحضري.

استخدمت في هذه الدراسة جداول وبيانا ت وتحليلات احصائية و مناخية لعناصرالمناخ، وصورالتحسس النائي والاقمار الصناعية ، والتي تم الحصول عليها من مشروع الموارد المائية التابع لبرنامج العلوم

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

التطبيقية التابع لوكالة ناسا الفضائية الامريكية ومركز برنامج العلوم الهيدرولوجية التابع لأدارة العلوم التطبيقية والذي ايظا يعود لوكالة ناسا كجهد مشترك بين مركز المراقبة وجامعة كالفورنيا . لقد أظهرت نتائج هذه الدراسة بأنحسارمساحات واسعة في الاحواض والخزانات المائية في القطر وهبوط حاد في مستوى المياه الجوفية ، وهناك تغير واضح في اغلب عناصر المناخ أدى إلى زيادة في المعدلات العامة لدرجات الحرارة رافقتها زيادة في نسب التبخر وكذلك في تكرار العواصف الترابية ، وزيادة المستويات اليومية لمجموعة الدقائق العالقة والقابلة للاستنشاق ، إضافة إلى التلوث البيئي .كما اظهرت النتائج الاحصائية والموديل الرياضي المستخدم في هذه الدراسة وجود فترة عودة للحدث المناخي تتطابق مع التغير المناخي .

توصي هذه الدراسة المختصين في مجال الصحة والبيئة إلى الإسراع في وضع البرامج والخطط الاستراتيجية السريعة والكفيلة بمواجهة أخطار هذه التغيرات المناخية والحد من النشاطات الضارة بالبيئة .

Desertification and drought in Iraq and its impact on human development, diagnosis and recommendations for sustainability and environmental protection.

ABSTRACT

The climate changes which the world witnesses now widely believed as a result from the greenhouse effect. It appears in different regions of the earth in the form of, temperature rising, drought, floods or lack of rain, sea tide waves, hurricanes and tornados, and others. They have involved Iraq in the latest years represented by increasing in the averages of temperatures, lack of rain, drought, dust storms, decline in the volume of waters of the Tigris and Euphrates rivers.

This study aims to show how much Iraq is affected by the climatic change, or perhaps other reasons that has contributed to desertification and drought, as Iraq is situated in a semi-arid region. This study also aims to apply sustainability approaches in dealing with environmental problems and climate changes, to use modern plans and methods in urban renewal, it proposes plans and remedies to advance to meet these challenges.

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

It focuses on the extent in which Iraq has been influenced by other changes, which have resulted from wars, lack of sustainability, pollution, lack of agricultural strategic for water utilization plan, also the disagreement with neighboring countries over water quotas, and other harmful environmental influences.

In this study, climatic tables and data of weather elements, remote sensing images and satellites were used, its obtained from the water resources project of the applied science program of NASA and the center of the hydrological sciences program of the department of applied science, which also belong to NASA as a joint effort between the monitoring center and the University of California.

The results of this study showed the decline of large areas in the water basins and reservoirs in the country and a sharp drop in the level of groundwater, as well as the obvious change in temperature averages.

The statistical analysis and the mathematical model which they used in this study have shown that the return period concept corresponds to the climatic change.

This study recommends the specialists in the fields of environment, water resources, agricultural, to be quick in setting strategic fast programs and use of sustainable development plans which they are ready enough to face the dangers of these challenges.

Key Words: Drought, sustainability

المقدمة :

ما هو معروف الآن ، بأن التغيرات المناخية تحدث بسبب ما يسمى تأثير البيت الزجاجي ، والذي ينتج بشكل أساسي عن الأنشطة البشرية وانبعاثات الغازات من الدول الصناعية. ولكن هناك أسباب ونظريات أخرى تدل على ان التغيرات المناخية كانت قد حصلت في العصور القديمة.مثال على ذلك ان الجفاف وأنحسار الانهار قد يحصل في اي بقعة من العالم ثم تعود الارض والمياه والامطار الى طبيعتها وقد ورد مصطلح سنوات عجاف في كثير من المصادر على انها فترة محددة وليست مستمرة . من بين الأخطار

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

الطبيعية ، يعتبر الجفاف أذا طالت مدته من أكثر الأخطار تدميراً ، حيث يتسبب في اضطرابات مجتمعية كبيرة ، واستنزاف موارد المياه ، وهجرة الفلاحين وانخفاض كبير في إنتاج المحاصيل (FAO 2003، WMO , 2022).

ويعتقد ايظا بأن أحد الأسباب الكامنة وراء هذه التغيرات المناخية هو التغير في طبقة الأوزون [John. M. Wallace ,1986]، فتغير الإشعاع الشمسي الثابت يؤدي إلى تغير سمك هذه الطبقة. وبالتالي فإنه يؤدي إلى امتصاص الموجات فوق البنفسجية (290 – 320 نانو متر) بدرجات متفاوتة مما يتسبب في زيادة درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي المرتفعة [John. L. Monteith (1986), Pico, C. (1997)]. ثم التلوث الحالي خاصة في نفايات الفريون لمحركات الطائرات النفاثة CCl2 F2، CCIF3. قد تضع هذه المركبات حدًا للأوزون وخاصة مركب CCIX. تشير معظم الدراسات إلى أن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي تقريبًا إلى زيادة التيارات الحاملة وزيادة سرعة الرياح مع الارتفاع [Barry, 1982 ,Atkinson 1981].

وستتبعها تغيرات في التيارات الحرارية Thermal wind وأحزمة الرياح النفاثة Jet stream ، والعواصف والأعاصير والفيضانات على العديد من المناطق في العالم. بحسب مكتب الأرصاد الجوية الأسترالي [(2003) David. Sampson,]. تعرضت مدينة فيكتوريا لعاصفة ترابية في مارس 2003. وقد غطت المدينة بالظلام وحصلت حرائق تسببت في نفايات مدمرة لم يتم حدوثها من قبل في أستراليا وفي هذه المدينة من قبل [WMO,2009] ،كما تعرضت اليابان والصين وتايون والجزر الجنوبية في آسيا لعواصف وفيضانات وأعاصير لم يسبق لها مثيل من قبل. والعواصف الترابية التي هبت على العراق بعد مايسمى بحرب الخليج او خلال العقدين الماضيين

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

لم تسبقها عواصف بهذه الشدة والتكرار . [Anderson 1991, Ali al- Dousari ,2018, Munieet.eal 2020, Al Barakat et.al 2018]

وفقًا لدراسة جديدة لوكالة ناسا صدرت مؤخرا . فحص باحثو ناسا سجلات حلقات الأشجار في العديد من دول البحر الأبيض المتوسط لتحديد أنماط السنوات الجافة والرطبة على مدى 900 عام، بهدف التعرف على فترات الجفاف، وهذا يدعم ان الجفاف له فترات قد تطول او تقصر {NASA, report news Dec 2021,}

أن الخصائص التي تميز بها مناخ العراق والأرقام والبيانات التي تم تسجيلها خلال القرن الماضي والحالي ومدى تأثره بالضغوط المنخفضة والعالية والكتل الهوائية،كل هذه العناصر تضفي على العراق صفة التطرف.

تمت دراسة المناخ العراقي من قبل متخصصين [.2007 Q. Hamdi Hazem. T.1976,] وشملت معظم خصائص مناخ العراق. اذ يقع العراق في الجزء الشمالي من المنطقة شبه الاستوائية التي تميزه بفصل الشتاء بدرجات حرارة باردة نسبيًا وجاف وحار صيفًا ، مع موسمين قصيرين هما الربيع والخريف. و يمكن تلخيص الفترة المناخية بين عام 1941 إلى عام 2022 بالنقاط التالية:

1. المتوسطات الشهرية لدرجات حرارة الهواء فوق الصفر لمعظم شهور السنة في أكثر مناطق العراق. ما تعنيه هذه المناطق هي المناطق المناخية الثلاث ، مناطق الجبال والتلال في شمال العراق ، والجزيرة ومنطقة الصحراء الغربية ، ومنطقة الأرض المستوية.

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

2. إن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة آخذ في الازدياد من الشمال إلى الجنوب. تصبح 16 درجة مئوية في مدينة العمادية ، 21.6 درجة مئوية في الجزيرة ومنطقة الصحراء الغربية ، و 24 درجة مئوية في السهل الرسوبي.

3. يعتبر شهر يناير هو أبرد شهور السنة. متوسط درجات الحرارة (2 درجة مئوية – 4 درجات مئوية) في المنطقة الجبلية. وتتراوح درجات الحرارة بين (7 و 9 درجات مئوية) في الجزيرة والصحراء الغربية. تكون حوالي (10 درجة مئوية – 13 درجة مئوية) في منطقة السهل الرسوبية.

4. متوسط عدد الأيام التي تكون فيها درجات الحرارة 0 درجة مئوية أو أقل من ذلك ، لا تزيد عن 10 أيام في منطقة السهل الرسوبية. يصبح أكثر من 40 يومًا في المنطقة الجبلية و 20 يوما في الجزيرة. لا توجد معلومات دقيقة حول أدنى درجة حرارة في المنطقة الجبلية.

5. أدنى درجة حرارة في الصحراء الغربية (الرطبة) هي (– 14.5 درجة مئوية) و (– 4.5 درجة مئوية) في منطقة السهل الرسوبي.

6. أعلى درجات الحرارة في يوليو / تموز. المتوسط حوالي (29.8 درجة مئوية – 31 درجة مئوية) في المنطقة الجبلية والتلال كذلك. يصبح منخفضًا في قمم الجبال. ما بين (25درجة مئوية – 27 درجة مئوية). في الجزيرة والصحراء الغربية حوالي (31.4 درجة مئوية – 34 درجة مئوية) أو (31 درجة مئوية) في الرطبة. تصل إلى (36 درجة مئوية – 38 درجة مئوية) في مستوى الأرض أو حوالي (36درجة مئوية) في البصرة.

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

7. متوسط درجة الحرارة العظمى في شهر كانون الثاني (يناير) حوالي (6°C ° 7 – C) في المنطقة الجبلية ، في أقصى شمال شرق العراق. و حوالي (14 درجة مئوية – 16 درجة مئوية) في منطقة الجبال والتلال. وترتفع إلى أكثر من (19 درجة مئوية) في منطقة السهل الرسوبية.

8. أقصى درجة حرارة مطلقة مسجلة في الموصل هي (51.4 درجة مئوية) ، (48 درجة مئوية) في الرطبة ، (51.5)درجة مئوية في بغداد ، وتم تسجيلها في الناصرية والبصرة (52 درجة مئوية).) و (51.6 درجة مئوية) على التوالي اذ تشير البيانات والمعلومات المسجلة للسنوات الاخيرة إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة لبعض المحطات المناخية في العراق.

لا توجد معلومات دقيقة عن جميع المناطق والمحطات ، بسبب توقف هذه المحطات في زمن الحرب مع إيران ثم حرب الخليج . وتوقفت تماما بعد حرب الخليج ثم عادت للعمل. في حين أن المتوسطات التي سجلها العاملون في هذه الدراسة في بعض مناطق العراق تشير إلى أن بعض درجات معظم شهور السنة لم تتجاوز المعدلات العامة. هناك زيادة في متوسطات أشهر الصيف. هذه الزيادة هي (3 درجات مئوية – 3.7 درجة مئوية) في المنطقة الغربية على المعدل العام.

منطقة السهل الرسوبية هي (3.8 درجة مئوية –4.5 درجة مئوية) في المتوسط العام. وهذه الزيادة كافية لإحداث تغير مناخي في عناصر التبخر والرياح والعواصف الترابية وغيرها. تجتاح العراق عواصف ترابية خاصة في منطقة غرب البصرة وجنوب الناصرية والتي تشمل السماوة والسلمان والمنطقة الواقعة غرب بغداد وجنوب بغداد وقد شملت هذه العواصف اغلب مناطق العراق في السنوات الثلاث الأخيرة اذ امتدت لتشمل السليمانية واربيل واجزاء من المنطقة الشمالية

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

و يتأثر العراق بالعديد من المنخفضات في هذه المناطق ، مصحوبة عادة برياح غربية شمالية أو جنوبية غربية نشطة.

وبسبب العواصف الشديدة تظهر ظاهرة الغبار. من المعروف أن الغبار االعالق والناتج عن جسيمات لا تزيد اقطارها في الغالب عن ميكرون واحد، تبقى هذه الجسيمات لفترة بضعة ايام أثناء وبعد العواصف. تشير معظم الدراسات إلى أن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي تقريبًا إلى زيادة التيارات الحاملة وزيادة سرعة الرياح مع الارتفاع [T.L.T. Du, et al. 2020]. سيؤدي ذلك إلى حمل جزيئات الغبار. غالبية هذه الجسيمات التي تحملها العواصف هي نوع شكل إبري تتميز بتأثيرها السلبي على نظام التنفس. هذه الجزيئات لها تأثير سلبي على من يعانون من الربو والتهيج وأمراض االحساسية . وتحدث الان في معظم الاشهر بسبب الجفاف وقلة الامطار منذ عام 2014 وحتى عام 2022 بعد ان كانت تحدث غالبا في شهري تموز وآب .

أدت حرب الخليج إلى زيادة تركيز الغبار العالق في الهواء[Kliot , N 2005]. وقد لوثت بعض الجزيئات العالقة والغبار التي حملتها العواصف الترابية باليورانيوم المنضب او العناصر المشعة المضرة بالصحة في جنوب العراق والمنطقة الوسطى بالمواد المشعة [McIntosh. D. H,1989. et, al Pico ,C 1977] ,[Perira,1998]أوضحت الدراسات والتقارير ان هذه الجسيمات الملوثة قد ادت الى تأثيرًا سلبيًا كبيرًا على حياة الناس والأجسام الحية الأخرى والبيئة ، رافق ذلك زيادة في عدد العواصف خاصة في مناطق التفجيرات خلال السنوات التي تلت الحرب.

تقوم تركيا ببناء 22 سدا من شأنها أن تقلل بشكل كبير من تدفق المياه إلى العراق ،أذ كانت تزوده بحوالي 25 مليار متر مكعب من المياه سنويًا عبر نهر الفرات ، في حين قامت ايران

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

ايظا بقطع الروافد التي تغذي انهار العراق ومن الناحية النظرية , يمكن للأنهار والجداول التي لها مصادر في إيران أن توفر حوالي 11 مليار متر مكعب في السنة.

قد يواجه القطاع الزراعي العراقي ضروف قاسية في المستقبل بسبب انخفاض منسوب المياه. وعلى الرغم من أن الزراعة تساهم بأقل من 5٪ من الناتج المحلي الإجمالي ، إلا أنها توظف ما يقرب من ثلث العراقيين الذين يعيشون في المناطق الريفية واللذين يعتمدون على الزراعة . أن متوسط هطول الأمطار السنوي أنخفض كثيرا منذ سبعينيات القرن الماضي اذ انخفض بنسبة 15 – 10٪ في العشرين عامًا الماضية على مدى العقود الثلاثة الماضية.

على هذا الاساس يمكن ان نعتبر وجود عاملين مؤثرين في نشوء التصحر والجفاف في مناخ العراق ، العامل الاول هو بفعل تدخل الانسان ويشمل قطع مجاري الانهارواالروافد من خارج القطر وبناء السدود ،وكذلك الاخلال بالنظام البيئي من الداخل ، والعامل الثاني هو التغير المناخي العالمي والذي يعتقد بأنه مرتبط بالنظام الشمسي والدورة العامة للطبيعة وتغير المناخ مع الزمن .

يمكن انجاز خارطة للتنبؤ عن الامطار القصوى ومدة عودتها لجميع مناطق القطر وقد تساعد على كثير من المشاكل المتعلقة بالجفاف ، بأستخدام مفهوم فترة العودة للحدث ونموذج كامبل الاحصائي [Gumbel, E,J .1985, Wilbly J ,1989]، ويمكن استخدام الطريقة للتنبئ عن العواصف وتكرارها في جميع مناطق العراق(Hamdi Qusay ,et.al 2002) . جرى توظيف مدة عودة الحدث بنجاح في كثير من دول العالم كاليابان ومنغوليا والولايات المتحدة الامريكية والعراق . تُعرف فترة العودة أيضًا باسم فترة التكرار ، وهي متوسط الوقت بين الأحداث

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

مثـل الـزلازل والفيضـانات أو تـدفقات تصـريف الأنهـار وسـقوط المطـر الشـديد ، ويفتـرض التحليـل احتمـال وقـوع الحـدث لا يتغيـر بمـرور الوقـت ومسـتقل عـن الماضـي الأحـداث. [Ning et al, 2012]

Data and Methodology:

البيانات وطرق العمل

وظفت في هذه الدراسة جداولا وبيانات وتحليلات احصائية و مناخية لعناصرالمناخ، وصورالتحسس النائي والاقمار الصناعية ، والتي تم الحصول عليها من مشروع الموارد المائية التابع لبرنامج العلوم التطبيقية التابع لوكالة ناسا الفضائية الامريكية ومركز برنامج العلوم الهيدرولوجية التابع لأدارة العلوم التطبيقية والذي ايظا يعود لوكالة ناسا كجهد مشترك بين مركز المراقبة وجامعة كالفورنيا .

وتشمل بيانات وصور للخزانات المائية والأنهار والسدود والمسطحات المائية العراقية واستخدمت الصور الفضائية للمسطحات المائية للسدود والخزانات والبحيرات لسنوات العقدين الاخيرين وأستخدمت للمقارنة عند حدوث انحسار للمياه وتقلص مساحات المسطحات المائية بسبب انقطاعها عن التزود بالماء او التبخر واسباب اخرى.

كما تم الحصول على بعض البيانات والجداول المناخية من هيئة الانواء الجوية العراقية التابعة لوزارة المواصلات للمدة من 1941 -2022 .وتمت مقارنتها ببيانات المنظمة العالمية للأنواء (WMO)

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

وتعويض بعض البيانات المفقودة نتيجة لعدم اكتمال بعض البيانات بسبب حرب الخليج وانقطاع بعض المحطات عن تسجيل عناصر المناخ وشملت تلك البيانات جداول للأمطار ودرجات الحرارة العضمى والصغرى والمعدلات الشهرية والسنوية والعواصف الترابية وتكرارها ، للمناطق المناخية الثلاث ، فضلا عن إلى بعض التقارير المناخية التفصيلية وخرائط الطقس في مناطق العراق المختلفة.وقد تمت دراستها ومقارنتها مع بعض البيانات الدولية المسجلة عن طريق الاقمار الصناعية . وجرى تحليلها وفقاً للمفاهيم والنظريات السائدة في علم الأرصاد الجوية والفيزياء والطبيعة.

أعتمدت الدراسة استخدام الصور والبيانات لأحواض الأنهار العراقية العابرة للحدود وهي القادسية والموصل ودوكان وكذلك المسطحات المائية التي تتغذى من الروافد والمياه الجوفية وتشمل الحبانية والرزازة وكذلك بحيرة ساوة وبناءً على الاختلافات في الحدود الإدارية – داخل العراق وخارجه. استخدت قياسات و بيانات ناسا FLDAS و AVHRR و LANDSAT للتحقيق في الاختلافات في ظروف الجفاف داخل و خارج العراق خلال 33 عامًا (1987–2019) والتعرف على مؤشرات الجفاف .

استخدمت ايظا بعض الجداول والبيانات التي جرى الحصول عليها من محطة مطار الكويت الدولي ، وشملت تتبع لحركة العواصف الترابية والتي هي مطابقة لتسجيلات محطة البصرة وتغطي النقص لبعض التسجيلات المفقودة في محطة البصرة بسبب الحروب .وأستخدمت تقنية الاستشعار عن بعد لتعقب العواصف الترابية وتحديد مساراتها وتعقب مصادرها عن طريق ميتو سات (Meto sat) الجيل الثاني .

جرى توظيف موديل رياضي لمفهوم مدة العودة وتوزيع القيم القصوى وتكرارها للحدث ، كالامطار والعواصف وتتطلب الطريقة والموديل الرياضي للحدث ومدة التكرار جداول لفترات طويلة من الزمن ويعتمد عليها احصائيا واعتمدت محطة البصرة للأنواء الجوية كمنطقة مناخية لجنوب العراق كذلك محطة مطار

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

الكويت الدولي واعتمدت محطة الموصل للأنواء الجوية كمنطقة لشمال القطر .كما أجريت حسابات دقيقة للمعدلات والانحرافات المعيارية للقيم المستخدمة في الجداول المستخدمة كافة في هذه الدراسة .

.أن مدة العودة تعرف على انها معدل السنوات التي يتوقع فيها حصول الحدث المراد معرفته كأمطار او فيضانات او عواصف ويتحقق ذلك على اساس العلاقة بين فترة عودة الحدث واحتمالية ذلك الحدث وتكون العلاقة علاقة عكسية اذ ان مدة العودة للحدث تتناسب عكسيا مع أحتمالية ذلك الحدث .

، فأذا افترضنا ان الاحتمالية (p) للعواصف الترابية (D) التي ستحدث مرة واحدة على الأقل على انها أعلى قيمة مسجلة لعدد من السنوات (r) ، هو مجموع احتمالات تلك الأحداث للسنتين الأولى والثانية إلى (r ^ th) من السنين لذلك الاحتمال. ولحساب عدد العواصف الرملية اوالترابية القصوى او كمية الامطار القصوى المتوقعة والتي تساوي او تزيد عن المعدل مرة واحدة فقط كل T من السنوات

$$D = D` + \frac{S}{S_N}(Y - Y`)$$

=D`المعدل السنوي

=Dالكمية او العدد المتوقع

=Sالأنحراف القياسي

=Y`أنخفاض المعدل

$= S_N$أنخفاض الانحراف القياسي

$$P = 1 - (1 - \frac{1}{T})^r \ldots\ldots\ldots(1)$$

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

حيث ان (T) هي عدد السنوات المراد ادخالها عند أحتساب الاحتمالية ومعادلة(1) تستخدم لحساب احتمالية قيم المتغير الذي هو اكبر من او مساويا الى (D) والتي يمكن ان تحصل في مدة عودة (T) من السنين .

$$P = 1 - (1 - \frac{1}{T})^T \text{.....(2)}$$

) Weibull استخدمت معادلة(لأستخراج فترة العودة

$$T = \frac{n+1}{m} \text{.....(3)}$$

=1m, تمثل أعلى قيمة مسجلة في الحدث

=n m, تمثل عدد المرات المسجلة للحدث لأوطأ قيمة

عند أدخال القيم في معادلة 3 نحصل على فترات العودة مرتبة بشكل تنازلي ، يمكن توظيف ورق كامبل البياني الذي يتطلب دقة بالغة وعناية في تمثيل البيانات

DISCUSSION RESULTS & النتائج والمناقشة

أظهرت صورالقمر الصناعي (Land Sat) لحساب مساحة خزانات الموصل والقادسية ودوكان النتائج الرئيسية التالية :

(1) تبين ان هطول الأمطار أقل بكثير في العراق عند مقارنته بالخارج خصوصا في حوضي نهري القادسية والموصل ، درجة حرارة الهواء أعلى بكثير داخل العراق عند مقارنتها بالقيم المقابلة خارج العراق.

(2) أوضحت الصور الاختلافات في المساحات السطحية للخزانات وانحسارها بشكل واضح عند المقارنة في حوضي نهر القادسية ونهر الموصل. خصوصا لعام 2009 والذي يظهر بشكل واضح. شكل(1، 2)

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

(3)أظهر التباين الزمني لمؤشرات الجفاف المختلفة من 1987 إلى 2019 في أحواض أنهار القادسية والموصل ودوكان تفاقمًا كبيرًا للجفاف في العراق خلال الفترات 1989-1991 ، 2000-2003 ، 2007-2012 ، و2015-2018. تطابقت أحداث الجفاف هذه مع بيانات وزارة الموارد المائية ووزارة الزراعة في العراق .. شكل رقم ,{1,2,3,4، }، كما تظهر الاشكال (5,6,7) صور القمر land sat لبحيرات الحبانية وساوة وعين التمر على التوالي والتباين الزمني بالمساحة واضح عند المقارنة .

كما أظهر الشكل (8) تغير مساحات الاحواض المائية القادسية والموصل ودوكان وللفترة من 1985 ولغاية 2000 ويظهر الشكل التباين الزمني لمساحة الخزانات . الخط الازرق هو انحدار بين المساحة والسنة .

(4) أظهرت النتائج ان هناك مؤشرات للجفاف لكنها ليست طويلة الأمد حيث (1) هناك علاقة جيدة بين قيم وتسجيلات الارصاد الجوية (لفترة أخذت لأكثر من نصف قرن) وبين التوقعات المحسوبة لفترة عودة للجفاف اوالامطار ؛ (2) خصائص الجفاف والتي تشمل مدة الجفاف وشدته فرق ذو دلالة إحصائية ، وبشكل خاص عند ما يؤخذ بالاعتبار توظيف مفهوم مدة عودة الجفاف او الامطار، جدول رقم (1، 2) .

وعليه فأن توقعات النتائج متفائلة بخصوص عودة الامطار وأرتفاع مناسيب مياه الأحواض و المسطحات المائية وكذلك المياه الجوفية في فترة لن تطول .

أضهرت الدراسة :

(5) أن قطع المياه عن الارض وتغير مسارات الانهار وأنشاء السدود والخزانات خلافا للأعراف الدولية يعتبر نوع من الاخلال في المعايير البيئية من قبل الانسان، وذلك سيؤدي حتما الى زيادة نسب الجفاف والتصحر وتفكك التربة وزيادة نسب التبخر والعواصف الترابية وزيادة الغبار العالق والمتصاعد .

لا يمكن السيطرة على العواصف الترابية كليا الا انه يمكن التقليل من اضرارها عن طريق حل المشكلات المرتبطة بنشاطات الانسان واخلاله بالبيئة .

(6) بسبب تأثيراتتغير المناخ ونقص الواردات المائية من تركيا الى 50% ومن ايران الى الى صفر ، ووفقا لبرنامج الامم المتحدة عام 2018 فأن العراق يخسرحوالي 25000 هكتار من الاراضي الصالحة للزراعة سنويا ووفقا لمؤشر الاجهاد المائي فأن العراق معرض لمخاطرمائية وتحتل المرتبة 20 من بين الدول التي

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

تعاني من الاجهاد المائي بحلول عام 2040 ، ولا يمثل نقص المياه خطرا على الزراعة والامن المائي لأقليم كردستان العراق فحسب بل يؤدي الى تأجيج الخلافات بين أقليم كردستان والحكومة في بغداد ،وتأثرت العديد من العوائل الفلاحية والتي تعتمد على الزراعة والانتاج الزراعي في معيشتها وحياتها عموما مما اضطر العديد منها الى هجرة قراها الى المدن القريبة او المحافظات الاخرى بحثا عن الرزق البديل عما فقدوه من موارد مائية وأسباب المعيشة بسبب هذه الظروف التي فاقمتها ضعف الحكومة التي لم تحسن ادارة الموارد المائية منذ سقوط النظام السابق ولحد الان .

وقد أدى ذلك كله الى ضياع فرص في التنمية الانسانية والتي تستجيب لمتطلبات تحقيق اهداف التنمية المستدامة السبعة عشر.

أستخدام مفهوم مدة العودة والاحتمالية :

أظهرت نتائج هذه الدراسة والذي ساعد مفهوم الاحتمالية الرياضي على تخمينها بأن هناك تغيرات مناخية وبشكل خاص الجفاف وانحسار المياه الجوفية ، سببها الرئيسي اضطراب في توزيع دورة المياه في الطبيعة والتي تحصل بفترات زمنية غير معروفة وقد يكون هناك توقيتات فلكية منتظمة وليس بفعل نشاط الانسان على الكوكب ، وتظهر نتائج ذلك بأزدياد في درجات الحرارة ومعدلات التبخر والعواصف الترابية وان هناك موجة جيبية تختلف في سعتها تمثل فترة زمنية قد تطول او تقصر تبعا لسعة هذه الموجة شكل رقم (11) يوضح ازدياد ونقصان االعواصف الترابية في منطقة جنوب العراق والخليج بشكل متناوب يتراوح بين 9-11 عاما ، ربما تكون فترة الجفاف هي بضعة سنين ثم تعود الامطار ووفرة المياه الجوفية ورطوبة التربة الى سابق عهدها وتتناقص أعداد العواصف الترابية والرملية كونها مرتبطة بنوعية التربة من حيث الرطوبة والجفاف .

القيم الموضحة في الجدول (2) تمثل N و R` و Yn و Sn والصيغة التجريبية التي تمثل العلاقات النظرية التي تم الحصول عليها باستخدام المعادلة (2) ، و N هو معدل سقوط المطر الشديد ، والتي هي أعلى قيمة خلال الشهر وتسمى القيمة القصوى (extreme) وأعلى قيمة للعواصف الترابية ، لكل حدث و بشكل منفصل وطبقت الصيغة عليهما ،وأستخدمت جداول معدلات عدد العواصف الرملية والترابية لمحطة الانواء الجوية في البصرة وكذلك جرى مقارنتها بمحطة مطار الكويت المناخية أذ تتطابق وتكون هذه المحطة

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

قريبة جدا من الموقع الجغرافي لمدينة البصرة جنوب العراق . وأستخدمت الصيغة التجريبية الواردة في الجدول (2) لحساب قيم هطول الأمطار ومدة العودة ، كما جرى مقارنة فترات العودة لمحطات اخرى مثل الموصل و بغداد ، عن طريق وضع قيم الامطار او العواصف في الصيغة التجريبية ، على سبيل المثال R = 70 ملم فترة العودة ستكون (37) سنة . وشكل(9) يوضح فترة عودة العواصف الترابية ومعدل تكرارها لجنوب العراق ،البصرة وشكل رقم (10) يوضح الصيغة التجريبية للأمطار لمدينة البصرة وفترة عودتها .

Discussion

شهدت العقود الثلاثة تغيرات في المساحة لأكبر البحيرات في العراق تقلبًا في مستويات المياه بسبب الجفاف وتنافس الدول المتشاطئة على المياه. حيث شهدت بحيرتان على وجه الخصوص الرزازة و الحبانية – انخفاضات كبيرة في مستويات المياه .[R. Al barakat, 2018, Al Quraishi et al 2021]

كما انخفضت مناسيب بحيرة ساوة الى حد لم تصل اليه مسبقا . تقع بحيرة سوا شمال غرب السماوة في محافظة المثنى الجنوبية. تشتهر البحيرة بمستوى عالٍ من الملح ، وقد ترك الجفاف ساعة اعداد هذه الدراسة البحيرة وكأنها قطعة من الملح.يرى بعض المختصين إن تغير الصفائح التكتونية وبعض الزلازل التي تعرضت لها المنطقة ربما تكون قد دمرت الرافد الرئيسي المغذي للبحيرة،كما يرى أخرون بأن من غير المسبوق أن يتعطل تدفق المياه السطحية والجوفية بسبب الزلازل ، على الرغم من أن تجفيف البحيرة الموثق الناجم عن الزلزال قد يكون أمرًا غير معتاد.ربما مفهوم التغير المناخي الذي يشهده العالم هو اكثر تقبلا من هذه الفرضيات . لازال الغموض وعدم وجود تفسير مقبول كليا لهذه الظواهر يكتنف مشهد الجفاف خصوصا ان هذه البحيرة لا تتغذى من اي رافد من خارج او داخل القطر.

يرى البعض ان الحزام الاخضر وعدم وجوده حول المدن والمجمعات المدنية هو سبب العواصف الترابية وهذا ليس صحيحا . اذ تم مراقبة بداية نشوء عاصفة ترابية كبيرة بفعل رياح الشمال أدت من خلال التأثير الإشعاعي إلى تطور الأعاصير فوق صحراء الربع الخالي،ثم بدأ التكوّن الحلقي فوق هذه المنطقة وأدى الى عاصفة ترابية كثيفة ثانية والتي تطورت وأثرت على نقطة الانطلاق لمدة 3 أيام متتالية. وصل الغبار

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

المنبعث من الإعصار إلى ارتفاع 5 كيلومتر والمعروف ان اي غطاء نباتي هو دون ذلك الارتفاع بكثير، كما ان ذرات الغبار متناهية الصغر وتبقى عالقة في الجو لمدة قد تمتد لعشرة ايام .

هناك عوامل غيرمباشرة قد أثرت بشكل واضح على المنطقة والعراق بشكل خاص ، ان من اهم هذه العوامل هو النزاع الاقليمي للدول المتشاطئة على المياه وانشاء السدود وقطع الانهار بشكل جائر وخلافا للقوانين الدولية ، وقدر تعلق الامر بالعراق كان من الممكن تجنب التأثير الشديد والضار على المستويات كافة ،غير ان الافتقار إلى حسن الإدارة وعدم توظيف خطط الاستدامة ، قد أدى الى مشاكل عديدة تخص الاقتصاد والزراعة وحياة المواطن وصحته ،أضافة الى هجرة المزارعين الى المدن ، حيث تقلصت مساحة الأراضي الزراعية بسبب الجفاف ، وتفقد البلاد لحظة اعداد هذه الدراسة ثمانية مليارات متر مكعب من المياه سنوياً ،والتغيرات تشير الى زيادة في المتوسطات العامة لدرجة الحرارة مصحوبة بزيادة في معدلات التبخر ، وقد صحب ذلك زيادة في تكرار العواصف الترابية ، وزيادة في المستويات اليومية لإجمالي الجزيئات العالقة الضارة القابلة للتنفس ، وزيادة في التلوث البيئي .

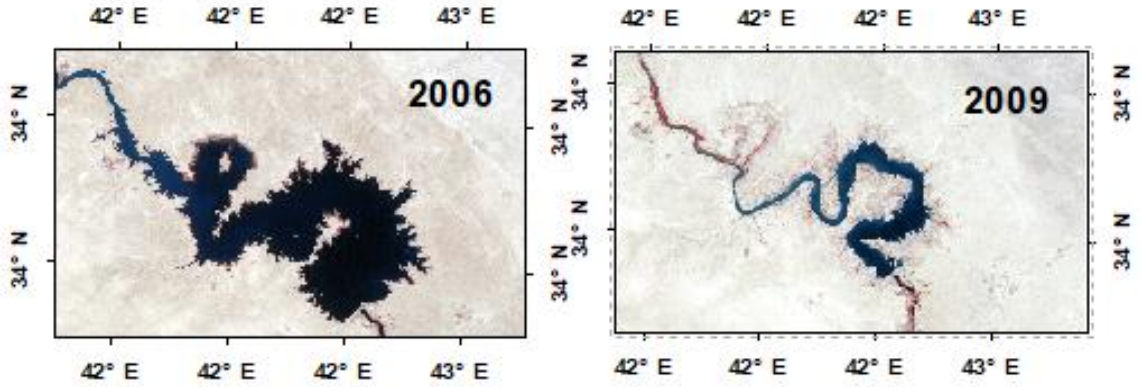
أن تطبيق مفهوم التنبئ عن كمية الامطار اليومية القصوى وتكرارها بتوظيف مفهوم مدة العودة أظهر دقة جيدة في تطابق البيانات بنسبة عالية . كما ان دراسة استجابة المناطق الاخرى من العراق بأستخدام هذه الطريقة سيعمل على انجاز خارطة للتنبؤ عن الامطار ومدة عودتها ، سيكون لذلك بالغ الاثرفي حسابات الموازنة المائية واستغلال المياه بالشكل الامثل .

أن الجفاف وقلة الامطار او زيادة نسب العواصف الترابية لا يمكن السيطرة على أضرارها بشكل تام ، ألا انه يمكن السيطرة على انتشارها بشكل جزئي عن طريق حل المشكلات المرتبطة بنشاطات الانسان وأخلاله بالتوازن البيئي .

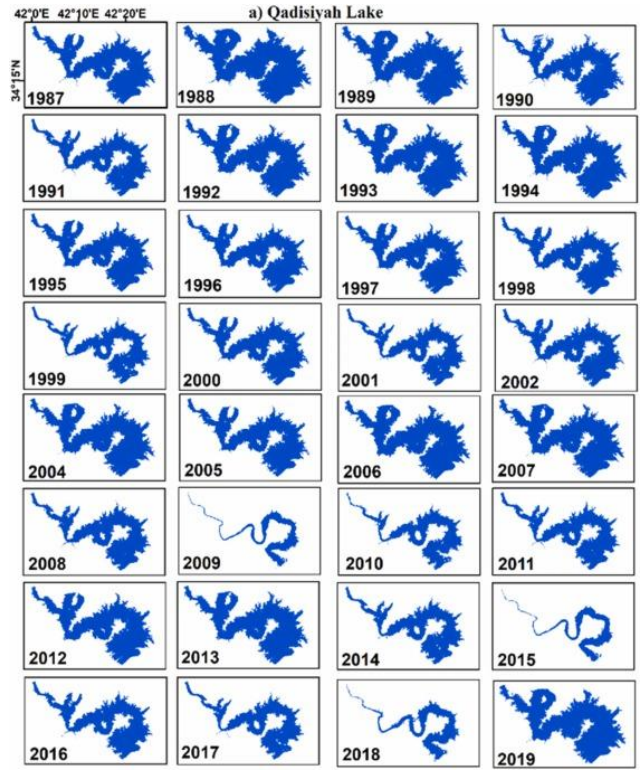
توصي هذه الدراسة بتوسيع الأحزمة الخضراء وزراعة الأراضي بأساليب الري الحديثة مثل الري بالتنقيط والرش. من الضروري أيضًا سن القوانين الخاصة بالبيئة المستدامة. يجب أن تكون هناك مبادرة تتعاون فيها دول الجوار والدول العربية وتشارك في خطط لخزانات المياه وبناء السدود. وسيساهم إشراك القطاع الخاص في تسريع الخطط و حماية المزارعين و المنتج الزراعي المحلي من المنتج المستورد ودعم المحاصيل وزيادة مساحة الأراضي المزروعة للحد من الجفاف والتصحر.

مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369



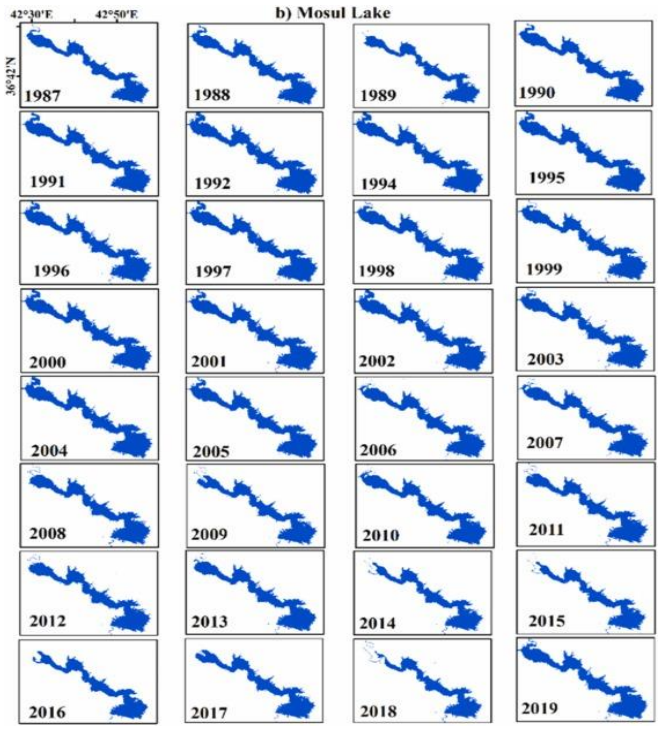
شكل رقم (1) يوضح التغير في مساحة حوض القادسية بين عام 2006 و2009 . الصورة من ناسا



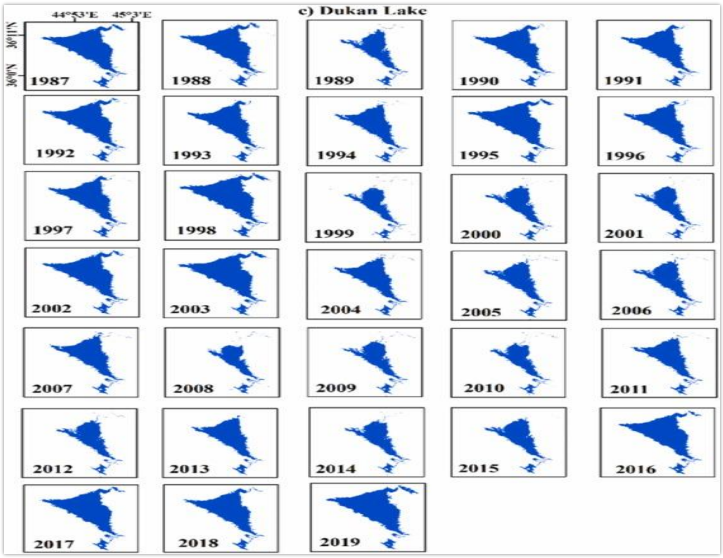
مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

شكل رقم (2) حوض القادسية للمدة من عام 1987 ولغاية 2019 . الصورة من ناسا



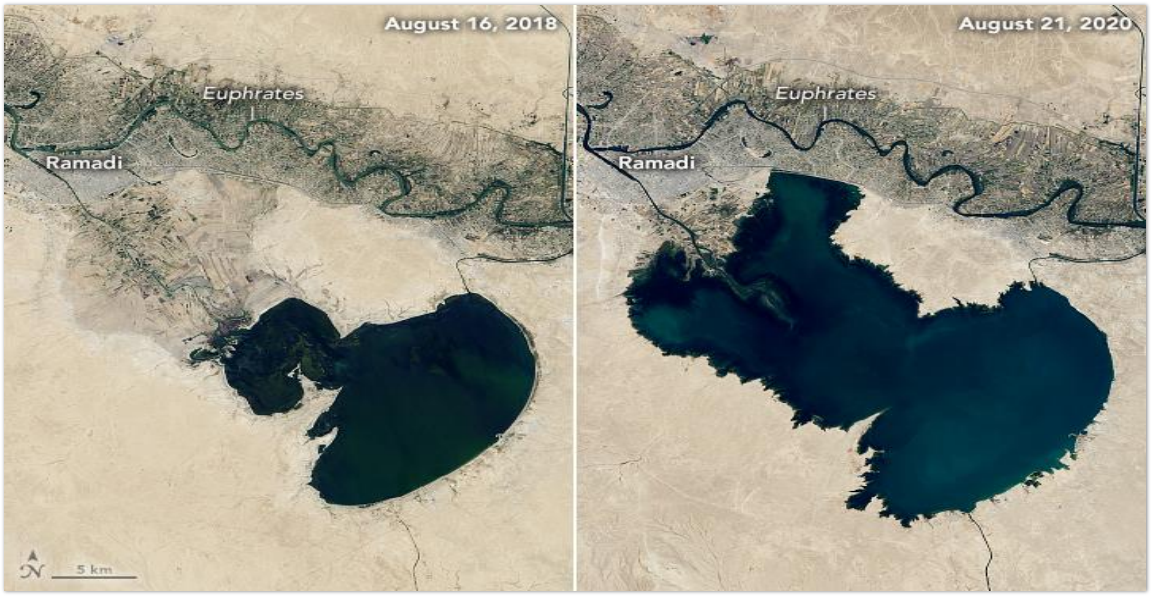
شكل رقم (3) حوض سد الموصل للمدة من عام 1987 ولغاية 2019 . الصورة من ناسا



مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمى للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

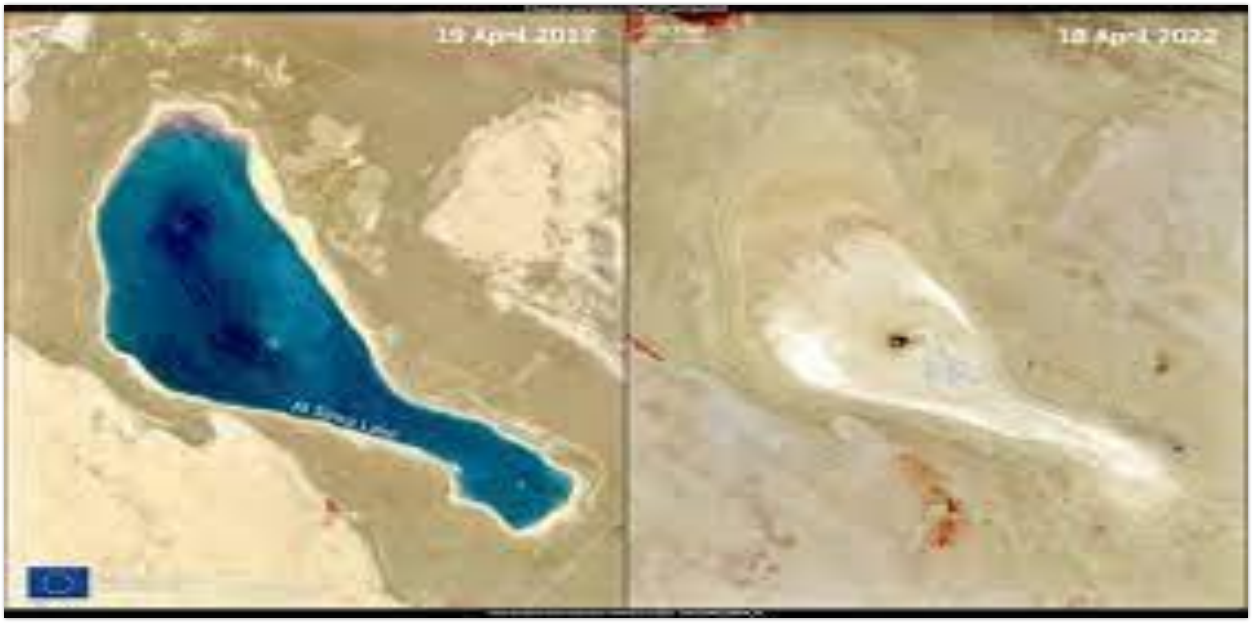
ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

شكل رقم (4) حوض بحيرة دوكان للمدة من عام 1987 ولغاية 2019 . الصورة من ناسا

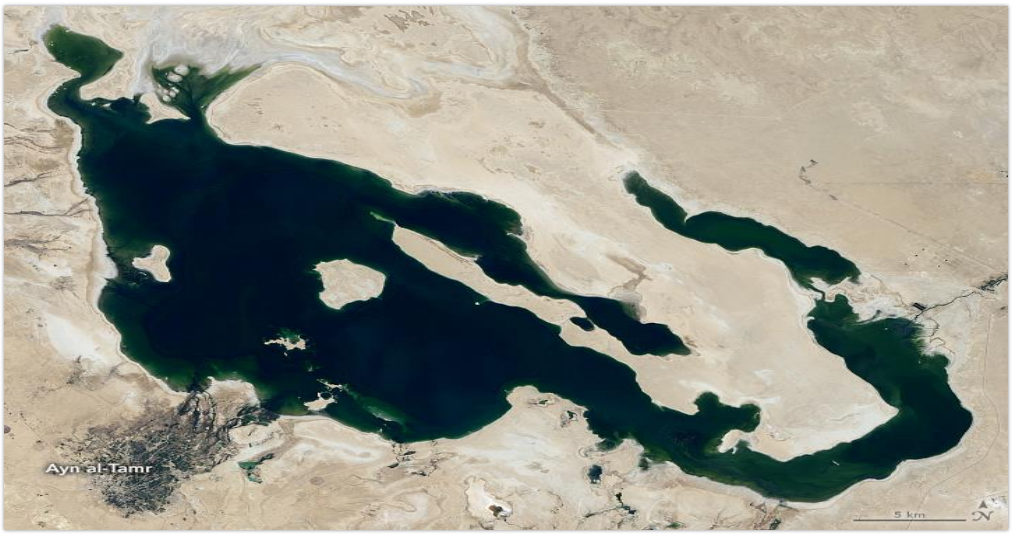


مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

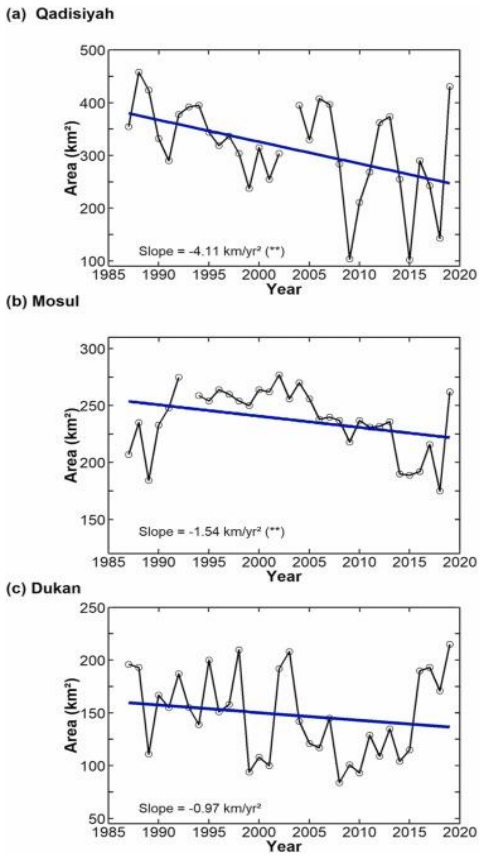


شكل رقم (5) يظهر بحيرة الحبانية في الرمادي وتغير مساحتها بشكل كبير خلال عامين



شكل رقم (6) يظهر بحيرة ساوة وتغير مساحتها بشكل كبير ، الصورة من ناسا .

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369



شكل رقم (7) يظهر بحيرة عين التمر وتغير مساحتها بشكل كبير ، الصورة من ناسا .

شكل رقم (8) يوضح تغير مساحات الاحواض المائية القادسية والموصل ودوكان وللفترة من 1985 ولغاية 2000 ويضهر الشكل التباين الزمني لمساحة الخزانات . الخط الازرق هو انحدار بين المساحة والسنة .

N	R	Yn	Sn	S	Empirical Formula
50	37.686	0.5485	1.16066	12.21137	R=31.915+10.521Y

Y = ln T

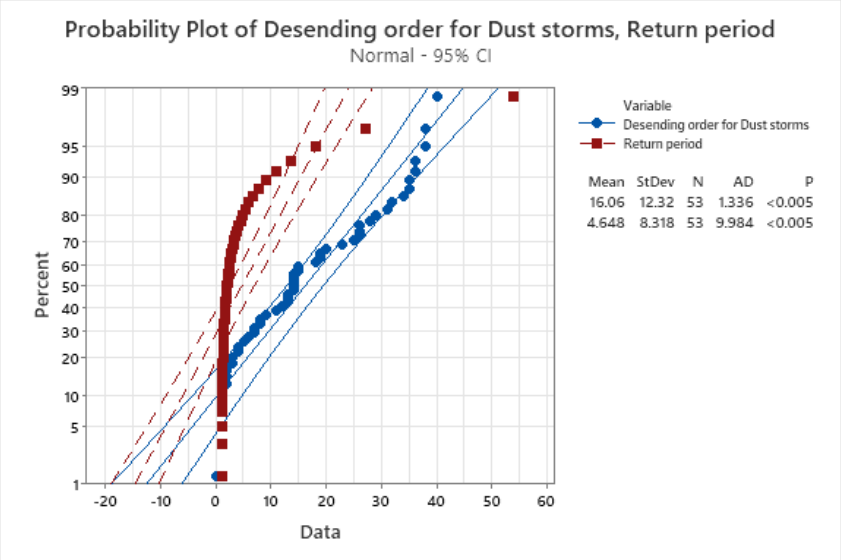
مجلة دولية نصف سنوية محكمة شاملة تصدر عن المعهد العالمي للتجديد العربي العدد الاول/ يناير 2024

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

جدول (1) قيم المتغيرات الاحصائية بتوظيف الموديل الرياضي

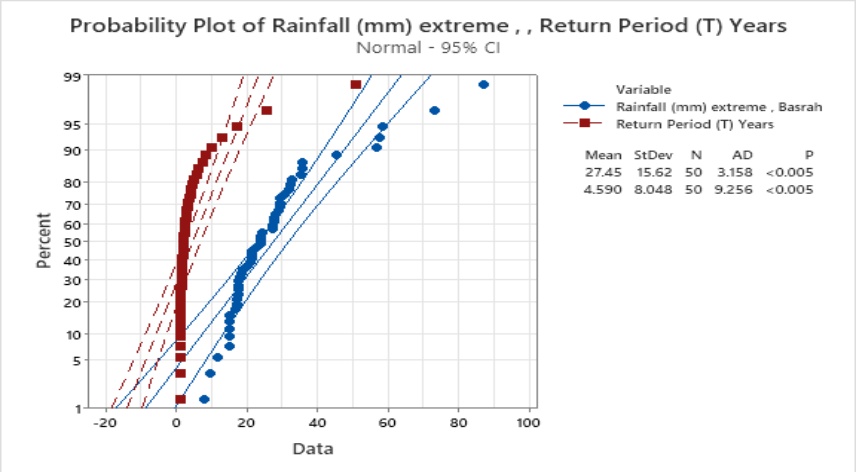
2 Years	5 Years	10 Years	20 years	50 years	100 years	200 years	Empirical Formula
39,2	48.84	56.14	63.43	73.07	80.36	87.65	R=31.915+10.521

جدول(2) قيم الامطار اليومية القصوى والتي ممكن ان تكون مساوية او تتجاوز مرة واحدة كل سنتين او خمس سنوات او عشر سنوات ..... الخ

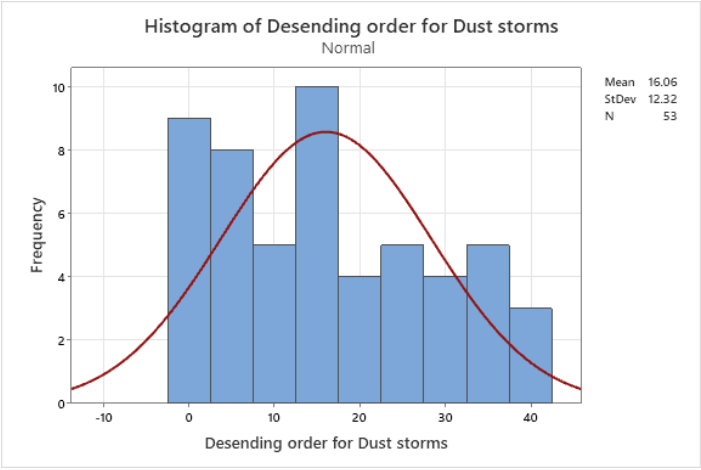


شكل رقم (9) يمثل احتمالية مدة عودة العواصف الترابية لمنطقة جنوب العراق والخليج العربي ، اللون الازرق يمثل معدل تكرار العواصف الترابية واللون الاحمر يمثل فترة عودتها

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369



كل رقم (10) علاقة بين مدة العودة وأقصى هطول للأمطار ليوم واحد من كل سنة واحدة و لمدة خمسين عاما لمدينة البصرة



شكل (11)التفاوت في عدد العواصف الترابية في البصرة للفترة من 1962 ولغاية 2014 .

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

References:

Abdul Hameed M. Jawad ,et al (2010), Application of Water Quality Index for Assessment of Dokan Lake Ecosystem, Kurdistan Region, Iraq. Journal of water resources and protection. Vol 2. No 9 Sep 2010.

1- Al- Barak R . et al. (2022), Assessment of drought conditions over Iraqi transboundary rivers using FLDAS and satellite datasets.
2- Ali Al – Dou sari (2018) Dust Phenomena: locally, regionally, and globally (In Arabic). Edition: First Edition, Publisher: Kuwait Foundation for Advancement of Science (KFAS), ISBN: 978-9996633744.
3- Al-Quraishi, et al (2021). Drought trend analysis in a semi-arid area of Iraq based on Normalized Difference Vegetation Index, Normalized Difference Water Index and Standardized Precipitation Index. J. Arid Land 13, 413–430 (2021).
4- Al-Quraishi, D.A. Kaplan (2021), Connecting changes in Euphrates River flow to hydro pattern of the Western Mesopotamian Marshes.
5- Anderson, Alexander, (1991): The Environmental After Math of the Kuwait – Iraq Conflict, Our Planet / UNEP, Vol. 3 (6) 1991.
6- Atkinson. B. W., (1981): Dynamical Meteorology an Introductory Selection, Methan London.
7- Barry. R.G. and R. J. Chorley (1982), Atmospheric, Weather & Climate. (Methane).
8- Berner. M. & Levy, M. N (1993): Physiology 3rd Ed. Academic press University of St. Louis, USA.
9- David. Sampson, (2003), Dust Storm across Victoria. Severe event report. (Internet Explorer).
10- Ebling, F. J, & Eady, R. A. (1992): Anatomy & Organization of the Human Skin, Textbook of dermatology, 5th. Ed. RH Champion JL Burton, Blackwell, London.
11- FAO, 2003. Towards Sustainable Agricultural Development in Iraq: The Transition from Relief, Rehabilitation and Reconstruction to Development, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
12- FAO, 2009. AQUASTAT transboundary river basins–Euphrates - Tigris River Basin, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
13- Gumbel, E.J, 1954, Statistical theory of extreme values and some particle applications US department of commerce, Applied Math series 33.p51.
14- Gumbel, E.J, 1985, Statistical of extreme. Columbia University Press New York.
15- H.A. Munia, et al. (2020), Future transboundary water stress and its drivers under climate change: a global study, Earth's Future, 8 (7) (2020).

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

16- Hamdi, Omar Q, (2002), Using the return period concept to forecast extreme daily rainfall and its frequency at Basrah- IRAQ, Journal of agricultural science, No,100-95. (5) 33.

17- Hamdi, Omar Q. et al, (2002) Statistical approach for studying extreme rainfall at Mousal - IRAQ. Iraqi journal, Al muhandis No.150, pp (90-96), 2002.

18- Hamdi. Omar, Q, 2007, Reasons of dust storms increased in Iraq, Um – Salama science Journal, Vol 4 (1) 2007.

19- Iraqi meteorological organization, Ministry of communications, Iraqi state commission of meteorology) Data, Maps, Atlas for the period (1941-1997).

20- John. L. Monteith (1986): Principal of the Environmental Physics, (Contemporary Biology), Edwards Arnold, London.

21- John. M. Wallace & Peter. V. Hobbs. (1986) Atmospheric Science, an Introductory Survey. Academic Press USA. University of Washington. Journal of Hydrology: Regional Studies , Volume 41, June 2022, 101075

22- Journal of water resources and protection. Vol 2. No9 Sep 2010.

23- M.F.O. Khattab, B.J. Merkel, Application of Landsat 5 and Landsat 7 images data for water quality mapping in Mosul Dam Lake, Northern Iraq, Arab. J. Geosci., 7 (9) (2014) pp. 3557-3573.

24- McIntosh. D. H & Thom, A. S, (1981), Essentials of Meteorology, the Wykeham Science Series Ltd. London.

25- N. Kliot, (2005) Water Resources and Conflict in the Middle East Routledge. NASA, Dec 2021, Report news, Disasters, a look back.

26- Ning Li ,Peng Zhang et al (2012), The return period analysis of natural disasters with statistical modeling of bivariate joint probability distribution, Affiliations expand Risk Anal. 2013 Jan;33(1):134-45.

27- Pereira. F. P. & Ahmed A. K. (1998) Respirable Practice, Impact of Air born Fine Particulates on Health & Environment, Bollinger Publishing Co. Cambridge.

28- Pico, C. (1997) Living with Gulf war syndrome. In: “Metals of Dishonor: Depleted Uranium, how pentagon radiate soldiers and civilians with DU weapons. American Action enter, City, 1997, pp134.

29- R. AL Barakat, V. Lakshmi, C.J. Tucker, using satellite remote sensing to study the impact of climate and anthropogenic changes in the Mesopotamian Marshlands, Iraq, Remote Sens., 10 (10) (2018), p. 1524.

30- S.M. Al-Hendy, A.S. Muhammed (2020), Drought monitoring for Northern Part of Iraq using temporal NDVI and rainfall indices, Environmental Remote Sensing and GIS in Iraq, Springer (2020), pp. 301-331.

31- Sara Flounders (1997). The struggle for an independence inquiry, in “Metals of Dishonor: Depleted Uranium, how pentagon radiate soldiers and civilians with DU weapons”. American Action Center, New York City, 1997.

ISSN Online 2697-2026 ISSN Print 2792-7369

32- T.L.T. Du, et al. (2020), Streamflow prediction in "geopolitically ungauged" basins using satellite observations and regionalization at subcontinental scale, J. Hydrology. (2020), Article 125016.

33- Trend Analysis of Hydrological, (2020) DOI:10.25130/tjes.27.1.07 , Drought for Selected Rivers in Iraq, Tikrit Journal of Engineering Sciences 27(1):51-57.

34- Weiss. L. L (1955), A nomogram based on theory of extreme values for determining values for various return periods. Monthly Weather Review :69-71.

35- Wilbly. J (1989) Modeling low frequency rainfall events using air-flow indexes, Weather patterns of Hydrology 213: 380-392.

36- WMO, 2006. Drought monitoring and early warning: concepts, progress, and future challenges. World Meteorological Organization Geneva.