تحليل تردد الجفاف الهيدرولوجي (دراسة حالة)

الدكتور كامل علي عبدالمحسن
استاذ مساعد -قسم هندسة الموارد المائية-جامعة الموصل

المستخلص

خلص البحث الحالي إلى إمكانية دراسة وتحليل احتماليات تردد فعالية الجفاف (فترةً وقسوةً). إن نتائج البحث مبنية بشكل أساسي على دراسة حالة الجريان السنوي في محطة قياس تصريف الفتحة الواقعة على نهر دجلة (العراق)، للفترة (1931-1988). استخدمت سلسلة الجريان المسجلة كأساس لتقييم فترة وقسوة الجفاف الهيدرولوجي المرصودة.لقد تم اعتماد نظرية الحدث المستمر (Theory of Runs) لإيجاد احتماليات حدوث فترات جفاف حرجة وبقسوة معينة. كما واستخدمت هذه السلسلة لغرض استحداث ثلاثة نماذج تصادفيه هي:($ARMA_{(1,1)}$,$AR_{(2)}$,$AR_{(1)}$) وذلك بالاستفادة من التقنية الجديدة (SAMS-2007)لتوليد بيانات إضافية (لتعزيز التعويل عليها إحصائيا) في استقراء فترة الجفاف خاصة وان أعداد السلاسل المولدة قد تراوح بين 100-10000 سلسلة. لقد ساهمت هذه النماذج في تسهيل عملية تخمين احتمالية قسوة الجفاف التي يصعب اشتقاقها رياضياً. تفاوت أداء النماذج المستخدمة في إمكانية محافظتها على الخواص الإحصائية للسلسلة الزمنية المرصودة، ففي الوقت الذي اظهر احدها قدراً من المحافظة على بعض المعالم المرصودة، اخفق في تخمين معالم أخرى.استنتج البحث بأن اعتماد النموذج المناسب يجب ان لايكون مبنياً على مدى تقارب المعالم الإحصائية المخمنة مع تلك المرصودة فقط، وانما يتوجب الاستدلال عليه من خلال إمكاناته في تخمين بعض المعطيات الأخرى كعدد فترات الجفاف وحجم الخزين.

Frequency Analysis of Hydrologic Drought (Case Study)

Dr. Kamel A. Al-Mohseen
Assistant Professor – Water Resources Engineering Department- University of Mosul e-mail< *almohseen2000@yahoo.com*

ABSTRACT

In this paper, the possibility of studying the occurrence probabilities of hydrologic drought events has been explored. The obtained results were based on the case study of the annual inflow to Fatha discharge station on Tigris river, Iraq, over the period (1931-1988). This recorded time series is basically used to evaluate the observed duration and severity of the drought. The theory of runs is adopted to estimate, both, the probabilities of duration and severity of the drought. Three stochastic models have been used for modeling the hydrologic process having short-term time dependence to generate additional data for statistical inferring of the drought duration. Models such as($AR_{(1)}$,$AR_{(2)}$,and $ARMA_{(1,1)}$)have been formulated by means of modern techniques called (SAMA-2007). The number of the generated series was ranging between 100 to 10000 series. This help in the estimation of the probabilities of drought severity for which no rigorous mathematical solution is exist yet. Discrepancy in the performances of the proposed models have been noticed, especially in their capabilities of preserving the statistical properties of the observed time series. It is concluded that while a certain model has a satisfactory performance in preserving certain parameters, it failed in the estimation of other parameters.

(Keywords: Drought, Stochastic Modeli

أستلم 2009-8-2 قبل 2009-12-22

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يُعد الماء عصب الحياة الرئيس ، لذا أصبح من الأهمية بمكان فهم آلية وجودهو انتقاله من حالة إلى أخرى ضمن دو ته الهيدرولوجية وضرورة التفكير بأساليب مبتكرة من اجل ديمومة تدفقه في المكان والزمان حين تشتد الحاجة إليه بالكمية والنوعية المطلوبة.

يجمع علماء التاريخ على حدوث فترات جفاف طويلة الأمد وقاسية (ربما تكون قد امتدت لعدة عقود) تعرضت لها بعض المجتمعات البشرية وكان لها اثر بالغ في التسبب بتغيرات ديموغرافية وهجرات واسعة من مكان إلى آخر حيث يتوفر الماء والكلأ. بالإمكان اعتبار أقدم إستراتيجية وضعت وبشكل استباقي لمقاومة موجة الجفاف المتوقعة قد جاء ذكرها في القرآن الكريم وفي سورة يوسف على وجه التحديد.

إن ظاهرة الجفاف هي من الظواهر التي لا يمكن منعها ،غير انه يمكن الحد من قسوة أثرها على المجتمع بدراستها بشكل مستفيض ومحاولة وضع مؤشرات تدلل على حدوث أو قرب حدوث هذه الظاهرة وبذلك سيكون بالإمكان اتخاذ تدابير احترازية لغرض التخفيف من قسوتها. لقد جرت العادة (في بلداننا بشكل خاص)على إن هذه التدابير غالبا ما تتخذ بعد وقوع الكوارث الطبيعية مما يجعله رد فعل سلبي في الوقت الذي يجب أن يكون هنالك خطة للطوارئ ومجموعة إجراءات تتخذ قبيل وأثناء وبعد وقوع الحدث.

إن ابلغ درس يمكن تعلمه من التعرض إلى موجة الجفاف هو الثمن الذي يتوجب علينا دفعه نتيجة لعدم الخزن والترشيد في استخدام المياه أثناء فترات الوفرة. ومن صفات ظاهرة الجفاف إنها تؤثر على المكان الذي تحدث فيه بشكل تدريجي وتحكم قبضتها عليه كلما طالت فترتها،.فقد يدوم الجفاف في بعض الحالات المتطرفة إلى عدة سنوات بحيث يفتك بالزرع والضرع, و إن أصعب ما في الأمر هو كيفية تحديد بدايته ونهايته.

لا يقتصر تعريف الجفاف على كونه ظاهره طبيعية فقط وإنما يعتبر فعالية (Process)[1] تتطور مع الزمن وتصبح اشد فتكا (Severity) كلما طالت فترة (Duration) تأثيرها. كما انه لابد من تصحيح الخطأ الشائع بأن ظاهرة الجفاف مقترنة ومقتصرة على المناطق الجافة وشبه الجافة، ففي الواقع ليس هنالك أية رقعة جغرافية مستثناة من ظاهرة الجفاف غير إن تعريف هذه الظاهرة يختلف من مكان إلى آخر. فعلى سبيل المثال وكما ورد في [2] فانه يمكن القول بأن جزيرة بالي الاندنوسية تمر بحالة جفاف إذا تصادف حدوث ستة أيام متتالية بدون أمطار في حين لا يعلن عن الجفاف في ليبيا إلا بعد سنتين متتاليتين من عدم سقوط الأمطار.

تعتبر نظرية (الحدث المستمر) (Theory of Run) هي النظرية المتداولة والمقبولة من قبل المهتمين بالبحث في موضوعة الجفاف منذ إن تم اقتراحها من قبل [3] . اجري عدد من الدراسات والبحوث في موضوع الجفاف وخاصة الجفاف الهيدرولوجي ومنها الدراسة التي أجراها [2] حول وضع تعريف واضح لفعالية الجفاف بأنواعه المختلفة. كما تحرى [4] التوزيع الاحتمالي لفترات الجفاف الحرجة المستقلة أو ذات الاعتمادية لتخلف زمني مقداره فترة واحدة بالاعتماد على نظرية المتغيرات العشوائية المتطرفة. كما درس [5] ملائمة توزيع بواسون(Poisson Distribution) في تحديد احتمالية قسوة الجفاف. وقام [6] بتحليل المعالم الإحصائية للجفاف في حوض نهر(Cache la Poudre) باستخدام نموذجين أولهما تصادفي والآخر نموذجا للمحاكاة. فيما تبنى [7]مفهوم فترة العودة (return period) الذي يعرف بأنه معدل الفترة الزمنية المتوقعة بين حدثين متتاليين ومدى ملائمته لفترات الجفاف المتطرفة. اقترح [8] نموذجا متقطعا ذا رتبة واطئة من نوع الارتباط الذاتي والمعدل المتحرك (DARMA) لنمذجة التغاير في حدوث السنوات الرطبة والجافة.ولقد ركز الباحثان على حدوث ظاهرة الجفاف وبشكل خاص على فترة الجفاف وعلى المجازفة (risk)المقترنة بها. وقد تم التحقق من صحة النتائج بتجارب محاكاة تستخدم أسلوب مونتي-كارلو. تم تطبيق الطريقة المقترحة باستخدام بيانات للجريان السنوي لنهري بليت في كولورادو ونهر النيجر في أفريقيا. استنتجت الدراسة ان نموذج (DARMA) ملائم لوصف و نمذجة الجريان للسنوات الرطبة والجافة. كما اعتمد [9] طريقة إحصائية لا معلميه لحساب التوزيع التساهمي (Joint Distribution) لخواص الجفاف الموصوفة بالفترة والقسوة. وقد تم تقييم ظاهرة الجفاف من خلال قيم الجريان المرصود لحوض نهر كونشوس في المكسيك، إذ تم تخمين فترات العودة المختلفة للجفاف باستخدام الأسلوب المقترحو حلل [10] قسوة الجفاف وفترته باستخدام بيانات للجريان لمدة 42 سنة ولخمسة مواقع تقع على نهر بيتوا في الهند. لقد استخدموا مؤشرا جديدا لتحديد مدى قسوة الجفاف يدعى (DSIe). إن DSIe هو دالة لـ (1) نسبة النقص في حجم الجريان الوارد إلى قيمة (حجم) مرجعية محددة، (2) نسبة الفترة الزمنية للنقص الحاصل في الجريان الوارد إلى أطول فترة زمنية لحدث الجفاف. وجدت هذه الدراسة إن منطقة أعالي النهر هي عرضة لجفاف أكثر قسوة من ذلك الذي يحصل في أسفل النهر،ووجد إن احتمالية قسوة حدث الجفاف الذي يبدأ في الأشهر (آب إلى تشرين الثاني) أعلى من تلك التي تحدث في الأشهر الأخرى على الأرجح.

و قد صدرت مؤخرا دراسة [11] حول موضوع الجفاف والتي تضمنت ثلاثة مراحل: الاولى، تطبيق نموذج ماركوف على الجريان السنوي لمحطة قياس واقعة على نهر كوسكو في تركيا. وتضمنت المرحلة الثانية تحليلاً لفعالية الجفاف، فيما اشتملت الثالثة على دراسة تأثير التذبذب في شمال الاطلسي (NAO) على دالة كثافة الاحتمال (PDF). وتوصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

البحث الى إمكانية استخدام دوال احتماليات الجفاف التي تم الحصول عليها للأغراض التصميمية مع الأخذ بهامش للمجازفة (risk) بنظر الاعتبار.

دراسة ظاهرة الجفاف في العراق

إن تأثيرات ظاهرة الجفاف في القطر العراقي وخاصة خلال السنوات الأخيرة قد أمست واضحة للعيان إذ يلاحظ ازدياد معدلات العواصف الرملية وتصاعد الأتربة والغبار والتي أصبحت تتردد بشكل مستمر وبمعدلات تفوق معدلاتها السابقة وذلك بسبب ظاهرة التصحر التي يعاني منها البلدو التي من احد أهم أسبابها هو ظاهرة الجفاف.ناهيك عما يعانيه من نقص شديد في تساقط الأمطار والتي هي دون معدلاتها لسنوات متتالية ومايتبع ذلك من شحه في موارده المائية.

لم ينل موضوع الجفاف كظاهرة هيدرولوجية متطرفة نفس الاهتمام الذي أولاه الباحثون لموضوع ظاهرة الفيضان. بيد إن هذا الأمر لا يقتصر على القطر العراقي بشكل خاص وإنما يكاد يكون اتجاها عالميا. وبناء على ذلك لا تتوفر دراسات جدية عن موضوع الجفاف الهيدرولوجي في أحواض الأنهار العراقية (على حد علم الباحث) عدا تلك التي أجرتها Fattah عام 1979. فقد تناولت دراسة [12]تحليلات تردد الجفاف Frequency Analysis باعتبار إن هذه الأحداث (فترات الجفاف) مستقلة على بعضها البعض من الناحية الإحصائية (Independent). وقد استنتجت التوزيعات الإحصائية الملائمةو التي بإمكانها استيعاب البيانات المرصودة لعدة محطات قياس تصريف موجودة في أحواض بعض الأنهار العراقية. لقد عرفت هذه الدراسة فترات العودة للجفاف بمعدل أوطأ تصريف يمر في مقطع النهر خلال خمسة أيام متتالية. كما حاول [13] تقدير احتمالية تردد الجفاف لنهر الزاب الأعلى باستخدام ثلاث توزيعات إحصائية هي التوزيع اللوغارتمي الطبيعي ذو الثلاث معالم وتوزيع بيرسن نوع-3 وتوزيع كامبل نوع-3. وقد استنتجوا ان توزيع كامبل نوع-3 هو الأفضل في تخمين فترات عودة الجفاف لنهر الزاب الأعلى.

ومما تجدر الإشارة هنا إلى أن كلتا الدراستين أعلاه قد بحثتا في موضوع (التصاريف الدنيا) وليس في ظاهرة الجفاف حسب تعريف [2]. إذ أهملت هاتين الدراستين الاعتمادية (Correlation) الموجودة بين فترات الجفاف المتتالية إضافة إلى عدم تطرقها لموضوع قسوة الجفاف (Severity) المتلازمة مع فترة الجفاف (Duration).

في حين اقترح [1] تقنية حديثه لاستنتاج مؤشر ودليل عملي لفعالية الجفاف باستخدام أسلوب المنطق الضبابي (Fuzzy Logic).وكانت الطريقة محاولة لإيجاد آلية تمكن صانعي القرار من اتخاذ إجراءات احترازية بشكل مبكر للتغلب على الصعوبات المقترنة مع هذه الظاهرة الطبيعية. تم بيان إمكانات التقنية المقترحة بتطبيقها على محطة قياس التصريف في منطقة الفتحة الواقعة على نهر دجلة، إذ يتوفر سجل للجريان اليومي ولمدة 58 سنة. تم تهيئة ثلاث مجاميع فصلية للجريان، كل فصل مكون من ثلاث أشهر، كي تمثل كل من الخريف والشتاء والربيع من البيانات المتوفرة لغرض بناء دوال الانتماء(Membership Functions) التي يتطلبها أسلوب المنطق الضبابي. وتم توصيف الجريان الموسمي ب(مهمل ، واطئ ، وسط ، عالي) فيما تم توصيف الجفاف بأربع حالات هي (لا جفاف ، وسط ، شديد ، متطرف). استنبط 64 دليل عمل خاص بالمنطق الضبابي لغرض إكمال التقنية المقترحة. ولقد بينت النتائج إمكانية التعرف على الشدة النسبية للجفاف على مقياس يتراوح بين 0 - 100 للمنطقة التي تمت دراستها. لم تتطرق الدراسة الى تردد فترة وقسوة الجفاف. كما ان سلسلة الجريان المستخدمة والبالغة 58 سنة تعتبر غير كافية لتغطية فضاء طيف الجريان المتوقع وروده إلى محطة القياس التي تم فيها دراسة ظاهرة الجفاف.

ويجدر بالذكر إن البحث الحالي يتناول نفس محطة قياس التصريف ولنفس سنوات القياس كدراسة حالة لمحاولة إيجاد احتمالات تردد فترات الجفاف وقسوتها لمنطقة الفتحة ولكن باستخدام آليات توليد سلاسل بيانات إضافية وذلك بالاستعانة بنماذج تصادفيه لغرض إتمام الدراسة .

تصنيف الجفاف

تعتبر فعالية الجفاف ظاهرة متكررة الحدوث، وبشكل عام يمكن اعتبار الانخفاض الملحوظ في معدل سقوط الأمطار هو بداية لحدوث الظاهرة التي قد تمتد تأثيراتها لفترة طويلة . لذا يوجب أن لا يقتصر الأمر على توقع حدوث الجفاف، بل ينبغي أيضا بيان مدى الاستعداد لمواجهة مثل هذا الموقف والتأهب له بمجموعة من التدابير والإجراءات العملية بغية تخفيف آثاره السلبية.

يمكن تصنيف الجفاف وبشكل مختصر إلى ثلاثة أنواع هي:

1. **الجفاف المناخي** الذي يمكن تعريفه بأنه نقص شديد بالأمطار الساقطة تمتد إلى فترات طويلة الأمد.
2. **الجفاف الزراعي** وهو تطور في فعالية الجفاف المناخي حيث يشل نمو المحاصيل بسبب عدم كفاية رطوبة التربة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3. الجفاف الهيدرولوجي ويلاحظ عادة بعد تشخيص الجفاف الزراعي ويمكن ملاحظته من انخفاض حاد في مستويات المياه في الأنهار والبحيرات الطبيعية والاصطناعية وغيرها من المسطحات المائية.

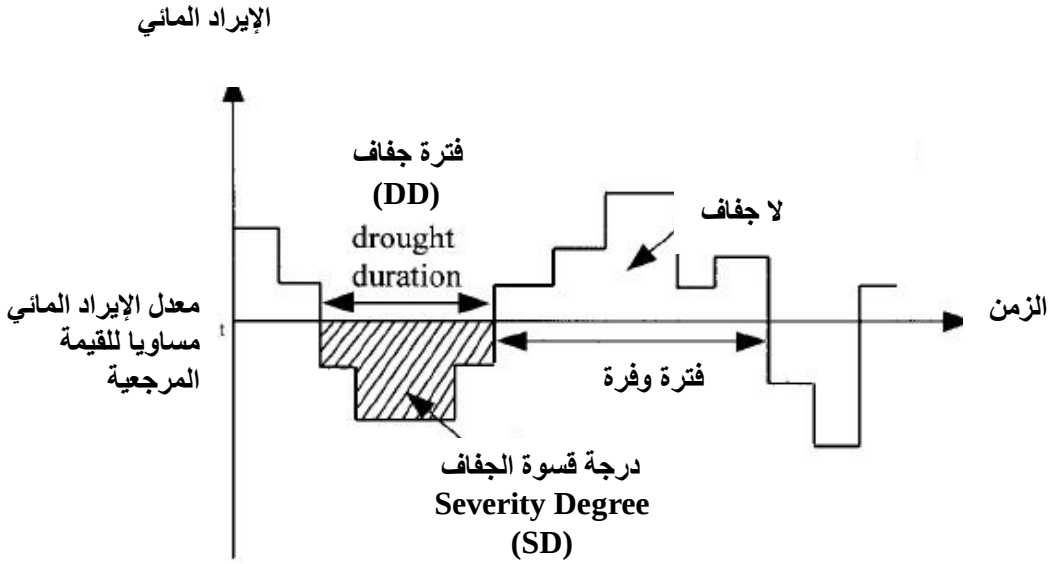
تم التركيز في البحث الحالي على الجفاف الهيدرولوجي نظراً لطبيعة الاختصاص إضافة إلى ما متوفر من بيانات للجريان تتناسب مع أهداف الدراسة.

يمكن اعتبار الجفاف كحدث منفرد (قيمة نقطية) كأن يكون مقدار الجريان الذي يقل عن قيمة مرجعية (threshold) في سنة ما، أو قد يكون حدثا مستمرا (a run) إذ يدوم الجفاف لعدة سنوات. كما يمكن لهذه الأحداث أن تحدث بشكل مستقل زمنيا مثلما هي عليه الحال عند تحديد ذروة الفيضان السنوية، أو أن تكون أحداثا ذات اعتمادية زمنية كمعدل الجريان السنوي لنهر ما. إن إيجاد احتمالية حدوث جفاف ذا فترة حرجة وبقسوة معينة في منطقة الدراسة التي تم اختيارها هو موضوع هذا البحث. سيتم اعتبار حجم الجريان السنوي الوارد إلى محطة القياس هو المتغير الرئيسي، وبناء على ذلك فأن الجفاف الهيدرولوجي سيعرف بأنه ذلك الحدث الذي خلاله سيكون حجم الجريان السنوي الوارد اقل من مستوى معين. كما إن نظرية الحدث المستمر (Theory of Runs) وكما اقترحت من قبل[3] هي التي سيعول عليها في إيجاد احتماليات حدوث فترات جفاف حرجة وبقسوة ما.

نظرية الحدث المستمر (خلفية نظرية) (Theory of Runs)

تعرف نظرية الحدث المستمر [3] بأنها تتابع لنفس نوع القيم المرصودة (كأن تكون قيمة موجبة) والتي يجب أن تكون مسبوقة ومتبوعة بقيمة مرصودة واحدة على الأقل من النوع المخالف لها (كأن تكون قيمة سالبة).

يحدث الجفاف الهيدرولوجي عندما تكون قيم الجريان الوارد في النهر اقل من قيمة مرجعية تحدد مسبقا (كأن تكون المعدل السنوي للجريان أو المتطلبات السنوية في منطقة أسفل النهر) وبشكل يستمر إلى فترة زمنية. بالإمكان ملاحظة خاصيتين مهمتين لظاهرة الجفاف هما الفترة الزمنية التي يستمر بها الجفاف (DD) وقسوته (SD) وكما موضح في الشكل (1) أدناه. تعرف الفترة الزمنية للجفاف(DD) بأنها تلك الفترة التي خلالها تكون قيم الجريان الوارد وبشكل مستمر اقل من القيمة المرجعية المحددة في حين أن قسوة الجفاف(SD) هي مجموع العجز الحاصل تحت مستوى القيمة المرجعية لفترة حدث الجفاف. ومن ناحية أخرى ، فأن فترة انعدام الجفاف والوفرة هي الفترة الزمنية والزيادة المتجمعة فوق مستوى القيمة المرجعية لحدث الوفرة وانعدام الجفاف على التوالي. الشكل (1) يبين مخططا يوضح خواص الجفاف الهيدرولوجي على افتراض إن القيمة المرجعية مساوية لمعدل الإيراد المائي.



الشكل (1) مخطط افتراضي لتوضيح فترة وقسوة الجفاف الهيدرولوجي بالنسبة إلى قيمة مرجعية.

ومنه يمكن تعريف معلمة ثالثة لحدث الجفاف هي معدل شدة الجفاف (Drought Intensity) DI وكالآتي:

www.manaraa.com

$$DI = SD / DD \quad \text{..... (1)}$$

كما إن القيمة المرجعية المبينة في الشكل (1) يمكن أن تكون قيمة ثابتة أو قيمة متغيرة مع الزمن (Variable) أو قيمة متغير تصادفي (Stochastic Variable) وعادة ما يتم اختيار هذه القيمة كنسبة من معدل الجريان الوارد أو المعدل نفسه عند دراسة الجفاف الهيدرولوجي. لقد وقع الاختيار في هذه الدراسة على قيمة مرجعية مساوية لمعدل الإيراد المائي السنوي الوارد إلى محطة القياس تحت الدراسة.

إن آلية تحليل حدث الجفاف إحصائيا ستعتمد وبشكل خاص على استنباط قيم المعلمتين (SD),(DD) ، غير انه ولغرض تحقيق هذا الهدف فلابد من تبني نموذجا تصادفيا وكما سيتم تفصيله لاحقا.

التحليل الإحصائي لفترة الجفاف (DD) كمتغير عشوائي (مستقل)

لغرض التعبير عن احتمالية حدوث فترات الجفاف المختلفة فأنه بالإمكان اشتقاقها من تكامل دالة كثافة الاحتمال التساهمية (joint probability density function,(Joint PDF))، إلا أنه وفي معظم المشاكل الهندسية ذات الطبيعة التصادفية فان دالة كثافة الاحتمال التساهمية عادة ما تكون غير قابلة للتكامل [14].

ومن المعروف أن احتمالية عدد **N** من قيم متغير عشوائي مستقل تقل عن قيمه مرجعية (Threshold) x_0 تساوي حاصل ضرب جميع احتماليات قيم المتغير التي تقل عن تلك القيمة المرجعية، ويمكن التعبير عنها:

$$P[N] = P[x_1<x_0].\ P[x_2<x_0]\ldots..\ P[x_i<x_0].\ P[x_{i+1}<x_0]\ldots..\ P[x_N<x_0] \quad \text{..... (2)}$$

وإذا اعتبرنا إن المتغير العشوائي المستقل هو فترة الجفاف (DD) والمتغير $(x_i,i=1,2,\ldots.N)$ يعبر عن قيم حجم الجريان السنوي الوارد القياسي إلى نقطة معروفة (كمحطة قياس تصريف على سبيل المثال) وان x_0 هي القيمة المرجعية القياسية التي إذا قلت عنها قيم x_i فإنها تعتبر ضمن فترة الجفاف، ولكي يصبح x_i قياسيا (بعد التحويل) فانه سيكون بمعدل صفر وانحراف معياري مقداره واحد وحسب المعادلة:

$$x_i = (v_i - v_{mean})/\sigma_v \quad \text{..... (3)}$$

حيث أن:

v_i يمثل حجم الجريان السنوي في أي سنة.

v_{mean} يمثل معدل حجم الجريان السنوي.

σ_v الانحراف المعياري للجريان.

وبذلك يمكن إيجاد احتمالية فترة الجفاف(DD) الأقل من الفترة N وكما يلي:

$$P[DD < N] = P[N] \quad \text{.....(4)}$$

إن المعادلة (2) قد افترضت إن حجم الجريان السنوي الوارد هو متغير عشوائي مستقل ولذلك فأن احتمالية كون الجريان هو اقل أو اكبر من قيمة معينة يمكن حسابها من تكامل دالة كثافة الاحتمال (Probability Density Function) PDF لغرض الحصول على دالة مجموع كثافة الاحتمال(Cumulative Density Function) CDF والتي سينتج عنها:

$$P[x \le x_0] = p \quad \text{.....(5)}$$

$$P[x > x_0] = q = 1\text{-}p \quad \text{.....(6)}$$

بالإمكان إيجاد احتمالية الأكبر من (Exceedance Probability) لطول فترة الجفاف (DD) بالطريقة التي اقترحها [15]:

$$P[DD \ge N] = P[N] + \sum_{M=1}^{\infty} P[M, N] \quad \text{..... (7)}$$

$P[DD \ge N]$ هي احتمالية أن تزيد فترة الجفاف عن **N** سنة أو تساويها.

$P[N]$ هي احتمالية كون حجم الجريان السنوي الوارد اقل من القيمة المرجعية المحددة مسبقا لعدد من السنين مقداره **N** .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

P[M , N] هي الاحتمالية التساهمية (joint probability) بكون حجم الجريان السنوي الوارد اقل من القيمة المرجعية المحددة مسبقا لعدد من السنين مقداره **N** يتبعه حجم جريان اكبر من القيمة المرجعية لعدد من السنين مقداره **M** .

إن الاحتمالية التقليدية وحسب الإحصاء المرتب (Order Statistic) لمتغير عشوائي مستقل له **N** من القيم اقل من قيمة مرجعية مقدارها x_0 ما هو إلا الاحتمالية (p) مرفوعة للأس **N** . أي ان:

$$P[N] = p^N \quad \text{.....(8)}$$

$$P[M , N] = \sum_{M=1}^{\infty} p^N q^M \quad \text{.....(9)}$$

غير أن مجموع متوالية هندسية:

$$p^N \sum_{M=1}^{\infty} q^M = p^N [(1/(1-q))-1] = (1/p - 1) p^N \quad \text{..... (10)}$$

وبتعويض المعادلتين **(8 , 10)** في المعادلة **(7)** نحصل على:

$$P[DD \geq N] = p^N + (1/p - 1) p^N = p^N(1+1/p - 1) = p^{N-1} \quad \text{.....(11)}$$

أورد [15] عما جاء في [16] من أن احتمالية طول فترة الجفاف والتي تساوي قيمة معينة يمكن حسابها كالآتي:

$$P[DD = N] = P[DD \geq N] - P[DD \geq N+1] \quad \text{.....(12)}$$

كما افترض إن احتمالية زيادة أو نقصان قيم الجريان عن قيمة x_0 متساوية أي إن:**p=q=1-p** وبالتعويض عن ما تم التوصل إليه بالمعادلة (11) في المعادلة (12) ينتج:

$$P[DD = N] = p^{N-1} - p^N = p^{N-1} (1-p) = p^N \quad \text{.....(13)}$$

ومن الجدير بالذكر إن **p** احتمالية طول فترة الجفاف(DD) (فترة الجفاف التي يكون فيها الجريان الوارد اقل من القيمة المرجعية) يمكن إيجادها حال معرفة دالة كثافة الاحتمال (PDF) للجريان الوارد.

تحليل (DD) كمتغير معتمد (غير مستقل)

إن من الواضح صعوبة إيجاد احتمالية طول فترة الجفاف الهيدرولوجي والتي تكمن في الحقيقة التي مفادها أن حجم الجريان الوارد إلى محطة القياس عادة ما يظهر اعتمادية ذاتية (Serial Dependence) حيث لن تعد قيمة دالة كثافة الاحتمال للمتغير العشوائي كافية لتقدير قيمة **p** (احتمالية طول فترة الجفاف) وكما ورد أعلاه، وإنما تمسي الحاجة ملحة لمعرفة دالة كثافة الاحتمال التساهمية (Joint PDF) لقيم الجريان الحالية والتي سبقتها في الحدوث، أي:

$$P[N] = \int_{-\infty}^{x0} \dots \int_{-\infty}^{x0} f(x_1, x_2, \dots, x_N) dx_1, dx_2, \dots, dx_N \quad \text{.....(14)}$$

إذ أن $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ دالة كثافة الاحتمال التساهمية، فيما تعبر **P[N]** عن احتمالية عدد **N** من السنوات المتتالية التي يكون فيها حجم الجريان الوارد اقل من القيمة المرجعية للمتغير العشوائي غير المستقل.

تظهر المعادلة (14) الصعوبة النسبية لاشتقاق دالة كثافة الاحتمال التساهمية، إلا انه يمكن تبسيطها للأغراض العملية وذلك باختزال معظم القيم السابقة للجريان واقتصارها على القيمة التي تسبقها مباشرة (First Order Markov Process). وهكذا ستكون احتمالية كون حجم الجريان السنوي الوارد اقل من القيمة المرجعية المحددة مسبقا معتمدة على قيمة الجريان الوارد للسنة التي تسبقها x_{i-1} فقط وتدعى في مثل هذه الحالة بالاحتمالية الشرطية (Conditional Probability)والتي يعبر عنها:

$$P[x_i \leq x_0 \mid x_{i-1} \leq x_0] = P(x_i \leq x_0 , x_{i-1} \leq x_0) / p \quad \text{..... (15)}$$

إذ أن: $P(x_i \leq x_0 , x_{i-1} \leq x_0)$ دالة كثافة الاحتمال التساهمية لقيمتين متتاليتين من حجم الجريان السنوي الوارد

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

p هي الاحتمالية الحدية (Marginal Probability) لقيمة x_i اقل من x_0.
افترض [15]وكما ورد في [14] بأن دالة كثافة الاحتمال التساهمية لقيمتين متتاليتين من حجم الجريان السنوي الوارد تخضعان للتوزيع الطبيعي(Bivariate Normal Distribution) وبتكامل هذه الدالة أمكنه احتساب احتمالية فترة الجفاف بشكل مقبول من خلال المعادلة:

$$P[DD = N] = (1-\mu)\mu^{N-1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

إذ أن:
P[DD = N] احتمالية طول فترة الجفاف(**N** من السنين التي يكون فيها حجم الجريان السنوي الوارد اقل من القيمة المرجعية المعرفة مسبقا).
ρ_1 معامل الارتباط الذاتي بتخلف مقداره فترة زمنية واحده.

$$\mu = 1/2 + (1/\pi)\sin^{-1}(\rho_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

وهكذا يصبح بالإمكان إيجاد احتمالية طول فترة الجفاف (DD) باعتبار أن حجم الجريان السنوي الوارد هو فعالية ماركوفية (Markov Process) أو بمعنى آخر إن دالة كثافة الاحتمال التساهمية تخضع للتوزيع الطبيعي ذا المتغيرين اللذين يمثلان حجمي جريان لسنتين متتاليتين وفي نفس محطة القياس.

احتمالية معالم الجفاف باستخدام بيانات مولدة بالنماذج (AR),(ARMA)

إن الهدف من توليد بيانات للجريان السنوي الوارد إلى محطة الفتحة لقياس التصريف ولفترات مختلفة هي لإيجاد قاعدة مقارنة بين احتمالية فترة الجفاف المحسوبة من المعادلة (16) وتلك المحسوبة من البيانات المولدة باستخدام ثلاثة نماذج هي (Lag-one Auto-Regressive Model) . ($AR_{(1)}$) و(Lag-two Auto-Regressive Model) . ($AR_{(2)}$) و(Autoregressive-Moving Average) ($ARMA_{(1,1)}$) أضف إلى ذلك إن البيانات المولدة ولفترات زمنية مختلفة ستمكن من احتساب احتمالية المعلم المهم الآخر ألا وهو قسوة الجفاف والتي يصعب استنباطها إحصائيا. لقد وقع الاختيار على النماذج و($AR_{(1)}$) و($AR_{(2)}$) و ($ARMA_{(1,1)}$)لانجاز مهمة توليد البيانات. إن استخدام كلا من النموذجين و($AR_{(1)}$) ، ($ARMA_{(1,1)}$)يعتبر مبررا وذلك لكون الكوريلوكرام(Correlogram) (العلاقة التي تربط معامل الارتباط الذاتي **ρ** مع فترات التخلف t) الخاص بالبيانات المرصودة والمبين في الشكل(3) والمعطى لاحقا ، يشير إلى تخلف زمني مقداره فترة واحدة. ولكونه لايتلاشى خلال فترة التخلف الثانية فقد تم تجربة النموذج ($AR_{(2)}$) من باب الاحتياط. أما بشأن مركبة الوسط المتحرك في نموذج ($ARMA_{(1,1)}$) فالسبب وحسب [15] أن هذه المركبة هي التي تعنى بالعوامل المناخية التي تحيط بالفعالية والتي يتأثر بها أداء النموذج. إن بالإمكان اعتبار دراسة ومقارنة أداء ثلاث نماذج في نفس الوقت هو إضافة إلى ماذهب إليه [14] إذ اقتصر تحليله على نموذج منفرد فقط. ولغرض التعرف على المزيد حول النماذج التصادفية الواردة أعلاه يرجى النظر في المصدرين [17],[18]علما إن الصيغ الرياضية لهذه النماذج لم ترد في هذا البحث لمحدودية المكان. يسرد الجدول-1 معالم النماذج الثلاث المستخدمة.

الجدول-1 المعالم الإحصائية للنماذج المستخدمة في الدراسة.

θ_1	φ_2	φ_1	النموذج
----	----	0.110321	$AR_{(1)}$
----	-0.019970	0.112524	$AR_{(2)}$
-0.181088	----	-0.068488	$ARMA_{(1,1)}$

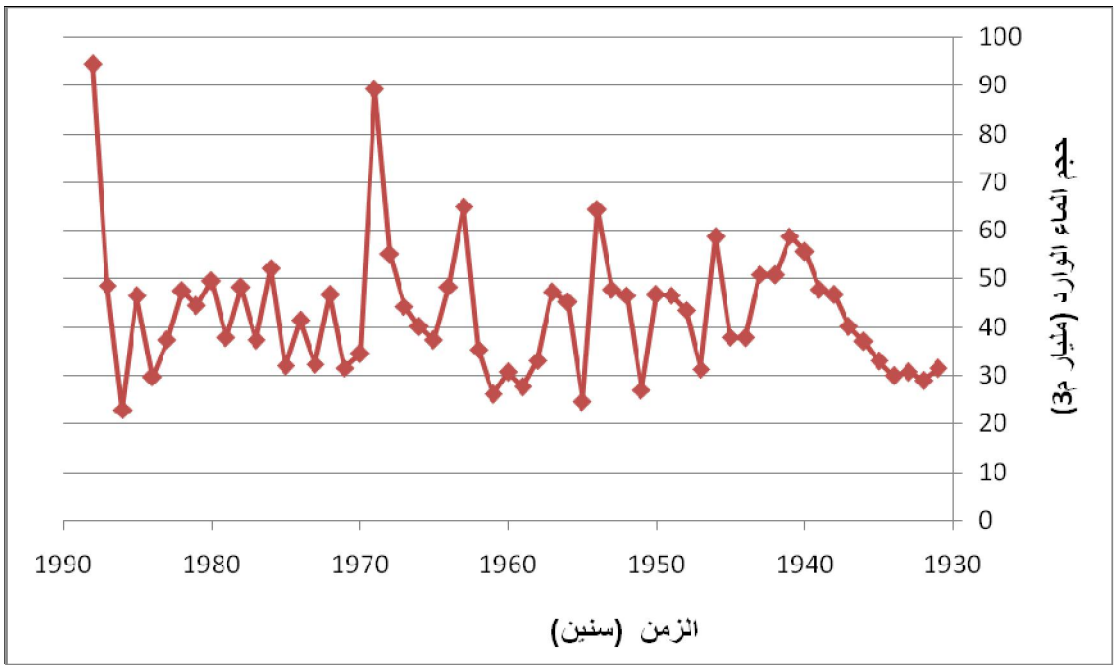
ولغرض تهيئة النماذج ألتصادفية الثلاث فقد تمت الاستعانة ببرنامج نظام تحليل النماذج التصادفية (SAMS-2007) (Stochastic Analysis Modeling System) (وباتصال شخصي مع Prof .J. D. Salas جامعة كولورادو الأمريكية) وهو احد المشاركين في تطوير هذا البرنامج الذي يعتبر برنامجا تخصصيا لتحليل ونمذجة وتوليد بيانات هيدرولوجية اصطناعية كسلاسل الجريان التي تحتاجها الدراسة الحالية. إن من أهم خصائص البرنامج [19] ما يلي:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

أ. قابليته على تحليل الملامح التصادفية التي يمكن تواجدها في البيانات السنوية والموسمية على حد سواء.
ب. يتضمن العديد من التحويلات (Transformations) التي تحول البيانات إلى بيانات قياسية تخضع للتوزيع الطبيعي وهذا التحويل يعتبر ضروريا لأن معظم النماذج التصادفية تفترض أن البيانات المراد تحليلها تتوزع توزيعا طبيعيا إذ بعكسه لا تصح عملية النمذجة.
ت. عدد السلاسل الزمنية الممكن توليدها غير محدود.
ث. بإمكانه تخمين المعالم الإحصائية لعدد من النماذج التصادفية منها، النموذج العام ($ARMA_{(p,q)}$) والنموذج الموسمي ($PARMA_{(p,q)}$). ومن المعلوم أن النموذج ($AR_{(1)}$) هو حالة خاصة من النموذج العام ($ARMA_{(p,q)}$) (في حالة $(p=1,q=0)$).
ج. يحصي أعداد فترات الجفاف في البيانات المتوفرة.
ح. يقدر حجم الخزين الذي يلبي متطلبات مائية محدده مسبقا.

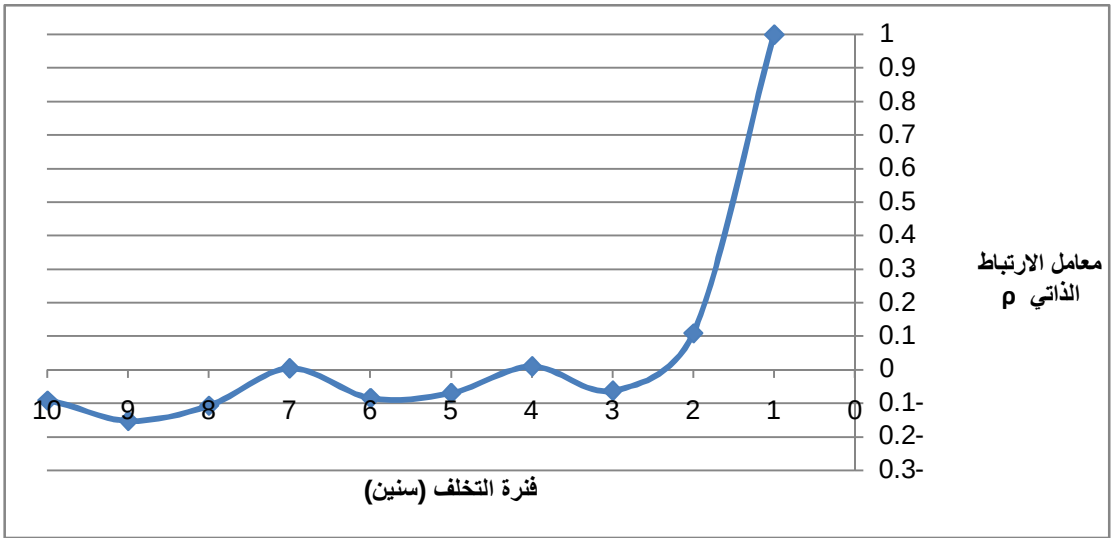
التطبيق

تم استخدام سلسلة حجم الجريان السنوي المرصودة في محطة قياس تصريف الفتحة البالغة 58 سنة،والممتدة بين الأعوام(1931-1988) والمبينة في الشكل (2) ، وذلك لإتمام عملية النمذجة لسلاسل زمنية وبعدد مجاميع تبلغ 10000,1000,100 مجموعة ولسلاسل بطول 58 سنة (بنفس طول سلسلة الجريان المرصودة) وباستخدام نماذج ($ARMA_{(1,1)}$),$AR_{(2)}$,$AR_{(1)}$) في البرنامج (SAMS-2007). وبعد إجراء الخطوات القياسية للنمذجة ، تم إعداد برنامج مبسط باستعمال لغة الـ MATLAB والذي يتضمن إحصاء عدد فترات الجفاف (DD) التي تقل عن القيمة المرجعية ,والتي افترض إنها مساوية للمعدل السنوي لحجم الجريان الوارد إلى محطة قياس الفتحة, وكذلك لحساب معدل أعدادها وقسوتها(SD) (كما عرفت سابقا) في كل مجموعة من المجاميع الثلاث أعلاه . كما تم إعداد مرتسمات لمدرجات تكراريه (Histograms) لتردد فترة الجفاف (DD) مع طول فترته التكرارية المقدرة بالسنين وآخر لترددات قسوة الجفاف (SD) مع قيمها وبفترة تكرارية مقدارها 10 مليار متر مكعب من الماء.



الشكل (2) المتسلسلة الزمنية لحجم الجريان الوارد إلى محطة قياس تصريف الفتحة للفترة 1931-1988 والمستخدمة في التحليل.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (3) الكوريلوكرام الخاص بالمتسلسلة الزمنية لحجم الجريان الوارد الى محطة قياس تصريف الفتحة للفترة 1988-1931.

مناقشة النتائج

يشير الشكل (3) إلى أن قيمة المعلم ρ_1 الذي يمثل معامل الارتباط الذاتي بتخلف مقداره فترة زمنية واحدة = 0.109 وقد استخدمت لإيجاد قيمة μ الضرورية لتطبيق المعادلة(16) لاحتساب الاحتمالية النظرية لطول فترة الجفاف(**N**) من السنين التي يكون فيها حجم الجريان السنوي الوارد اقل من القيمة المرجعية). كما وتم استخدام البرنامج الذي يعمل في بيئة الـ MATLAB لاحتساب كلا المعلمتين ،تردد فترات الجفاف وقسوتها. في حين استخدمت النماذج الثلاث في توليد سلاسل بطول 58 سنة وبعدد 10000,1000,100 سلسلة لكل نموذج من النماذج المستخدمة. والجدول-2 يبين احتماليات تردد فترات الجفاف للجريان المرصود والمحسوب والمخمن باستخدام النماذج الثلاث.

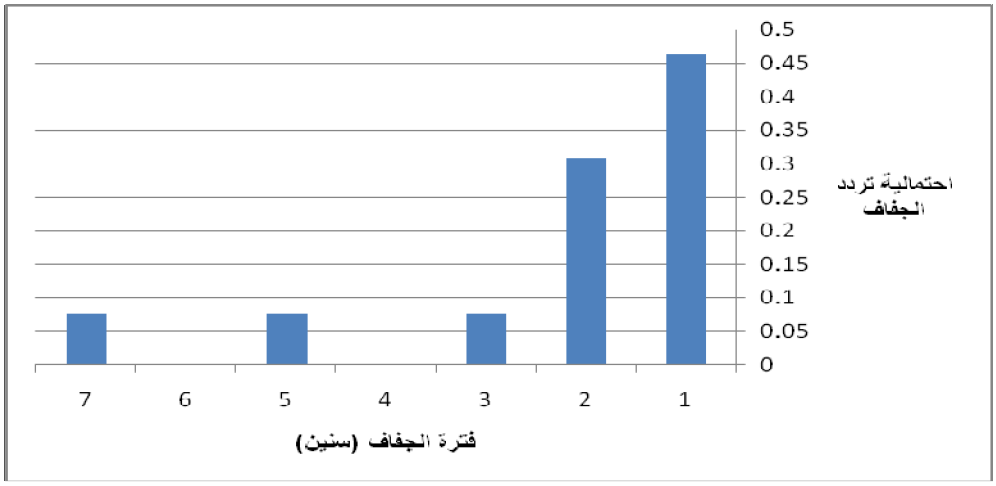
الجدول-2 احتماليات تردد فترات الجفاف للجريان المرصود والمحسوب والمخمن باستخدام النماذج الثلاث لتوليد سلاسل بيانات بالأعداد المبينة لحجم المياه الواردة إلى محطة قياس تصريف الفتحة.

فترة الجفاف (سنين)	سلاسل مولدة بالنموذج- AR(1) بعدد :			سلاسل مولدة بالنموذج- AR(2) بعدد:			سلاسل مولدة بالنموذج- ARMA(1,1) بعدد:			المرصود	المحسوب
	100	1000	10000	100	1000	10000	100	1000	10000		
1	**0.500**	**0.333**	**0.308**	**0.500**	**0.333**	**0.250**	**0.429**	**0.385**	**0.706**	**0.462**	**0.465**
2	**0.083**	**0.250**	**0.231**	**0.083**	**0.250**	**0.250**	**0.286**	**0.308**	**0.118**	**0.308**	**0.249**
3	**0.167**	**0.083**	**0.153**	**0.167**	**0.083**	**0.167**	**0.071**	**0.077**	**0.188**	**0.077**	**0.133**
4	**0.167**	**0.083**	**0.154**	**0.167**	**0.083**	**0.167**	**0.143**	**0.154**	**0**	**0**	**0.071**
5	**0.083**	**0.167**	**0.077**	**0.083**	**0.167**	**0.083**	**0.071**	**0.077**	**0**	**0.077**	**0.038**
6	**0**	**0.083**	**0.077**	**0**	**0.083**	**0.083**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.020**
7	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0.059**	**0.077**	**0.010**

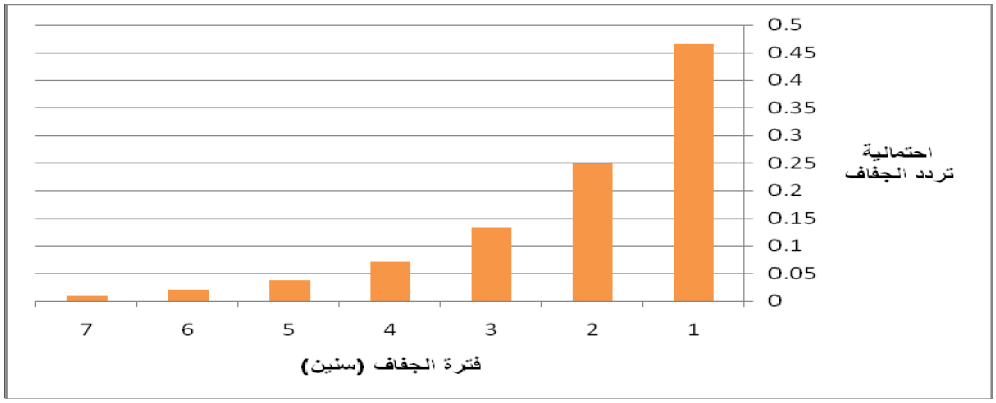
يلاحظ من الجدول-2 اختلاف في تقدير احتماليات تردد فترات الجفاف بين نموذج وآخر من النماذج الثلاث وذلك اعتمادا على عدد السلاسل المولدة، فعلى سبيل المثال فأن النموذج **ARMA(1,1)** بعدد سلاسل مقداره 100 سلسلة أعطى نتائج قريبة نسبيا إلى تلك المرصودة وكذلك المحسوبة بالمعادلة (16) واقرب من تلك المخمنة بالنموذجين الآخرين وبنفس عدد السلاسل. (لاحظ الأعمدة الثامن والحادي عشر والثاني عشر من الجدول-2 رجاءا).

كما يلاحظ التطابق في التقديرات الراشحة من النموذجين **AR(2),AR(1)** للسلاسل المولدة بعدد 100،1000 غير ان هنالك تغايرا في الأداء عندما يبلغ عدد السلاسل 10000 سلسلة. كما ويري الجدول- 2 إن النموذج **ARMA(1,1)** قد قدر احتمالية الجفاف التي مدتها سنة واحدة بـ 70.6% لبيانات مولدة بطول 58 سنة وبعدد سلاسل يبلغ 10000 سلسلة، في حين تم تقديرهما من قبل **AR(2),AR(1)** بـ 30.8% ، 25.0% على التوالي. توضح الأشكال (4,5, 6) المدرجات التكرارية المرصودة والمحسوبة والمخمنة بالنموذج **ARMA(1,1)** بعدد سلاسل مقداره 100 سلسلة وذلك على سبيل التوضيح.

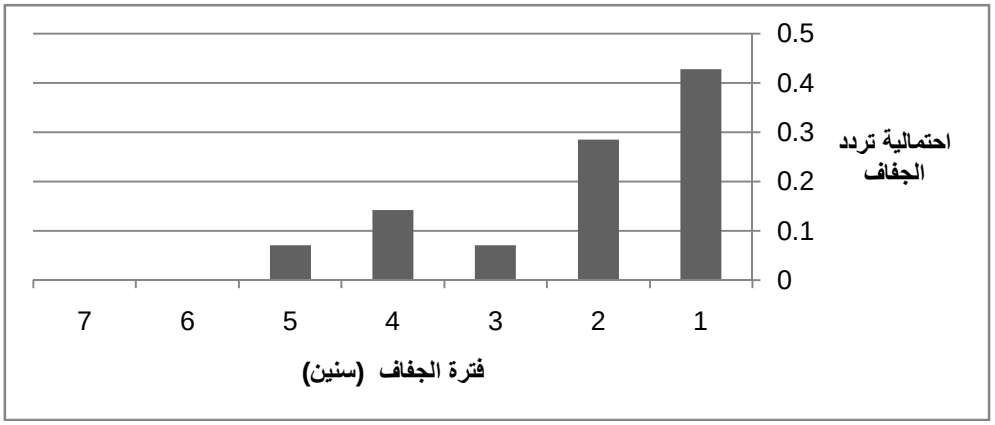
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (4) تردد فترة الجفاف المرصود في محطة قياس تصريف الفتحة لمدة 58 سنة.



الشكل (5) تردد فترة الجفاف المحسوب بالمعادلة (16) لمحطة قياس تصريف الفتحة.



الشكل (6) تردد فترة الجفاف المخمن باستخدام النموذج ARMA(1,1) ولـ100 سلسلة مولده .

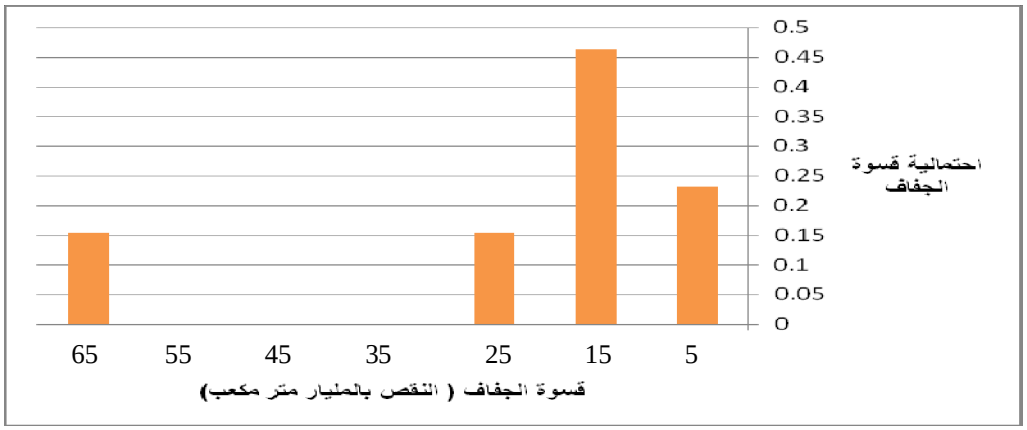
أما مايخص احتماليات قسوة الجفاف فقد تم تهيئة الجدول-3 أدناه والذي يتضمن الاحتمالية المرصودة لقسوة الجفاف والتي تم تحديدها باستخدام البيانات المرصودة في البرنامج المعد لهذا الغرض والذي يتبنى لغة الـ MATLAB والمنوه عنه أعلاه . كما يحتوي الجدول-3 على احتماليات قسوة الجفاف المحسوبة للبيانات المولده بالنماذج الثلاث ولأعداد السلاسل 10000,1000,100 سلسلة لكل نموذج من النماذج المستخدمة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

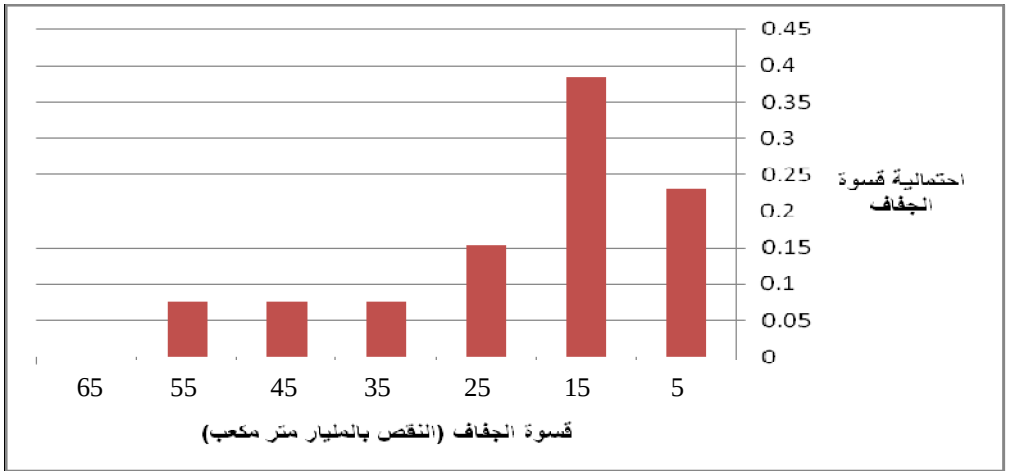
في الوقت الذي تطابقت به احتماليات قسوة الجفاف المخمنة بواسطة النماذج الثلاث لاعداد السلاسل1000,100 سلسلة، يمكن القول إن النموذج AR(1) وبعدد سلاسله الـ 10000 كان تخمينه الأقرب نسبيا لاحتماليات قسوة الجفاف المرصودة (غير ان هذا لايعني ان سلسلة الجريان المرصودة هي ذات فترة عوده مقدارها 10000 سنة) . ولقد تم ترك العمود الاخير فارغا والذي يشير الى احتمالية قسوة الجفاف المحسوبة نظريا للدلالة على عدم وجود اشتقاق رياضي محكم يمكن الاعتماد عليه في احتساب هذه الاحتماليات، وان الحاجة لتدعو للعمل على هذا المبحث المهم.توضح الاشكال (7),(8) المدرجات التكرارية الخاصة باحتماليات قسوة الجفاف المرصود والمخمن بالنموذج AR(1) لعدد سلاسله البالغة 10000 سلسلة على سبيل التوضيح.

الجدول-3 احتماليات قسوة الجفاف للجريان المرصود وتلك المخمنة باستخدام النماذج الثلاث لمديات مختلفة من النقص في حجم المياه الواردة إلى محطة قياس تصريف الفتحة.

قسوة الجفاف (مليارم^3)	سلاسل مولدة بالنموذج- AR(1) بعدد :			سلاسل مولدة بالنموذج- AR(2) بعدد:			سلاسل مولدة بالنموذج- ARMA(1,1) بعدد:			المرصودة	المحسوبة
	100	1000	10000	100	1000	10000	100	1000	10000		
10-0	0.333	0.250	0.231	0.333	0.250	0.167	0.333	0.250	0.353	0.231	-
20-10	0.167	0.250	0.385	0.167	0.250	0.417	0.167	0.250	0.412	0.462	-
30-20	0.083	0.250	0.154	0.083	0.250	0.167	0.083	0.250	0.059	0.154	-
40-30	0.333	0.167	0.077	0.333	0.167	0.083	0.333	0.167	0.118	0	-
50-40	0	0	0.077	0	0	0.083	0	0	0	0	-
60-50	0.083	0.083	0.077	0.083	0.083	0.082	0.083	0.083	0.059	0	-
70-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.154	-



الشكل (7) تردد قسوة الجفاف المرصود في محطة قياس تصريف الفتحة لمدة 58 سنة



الشكل (8) تردد قسوة الجفاف المخمن بالنموذج AR(1) لعدد سلاسل مقداره 10000 سلسلة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يلخص الجدول-4 الخواص الإحصائية للبيانات المرصودة لحجم المياه الواردة إلى محطة قياس تصريف الفتحة وتلك المولدة باستخدام النماذج الثلاث ولمختلف الأعداد من السلاسل. ويبين هذا الجدول انه يصعب تحديد نموذجا بعينه باعتباره الأفضل من حيث قدرته على المحافظة على الخواص الإحصائية البارزة لسلسلة البيانات المرصودة كالمعدل والانحراف المعياري لان جميع النماذج المستخدمة قد أبلت بلاءا حسنا في هذا المضمار. غير أن استعراض بقية المعالم كمعامل الارتباط الذاتي(وعدد فترات الجفاف وحجم الخزين الذي يلبي متطلبات محدده، وهذه المعالم هي من مخرجات البرنامج SAMS-2007) يظهر ان النماذج الثلاث قد تباين أداءها، ففي الوقت الذي يتفوق أحداها على أقرانه في تخمين بعض هذه الملامح يخفق في أخرى. وهنا تبرز معضلة اختيار النموذج الملائم الذي يلبي متطلبات المنمذج.
ولابد من الإشارة إلى أن طرق النمذجة التقليدية قد وفرت طرقا إحصائية بحتة لغرض عملية اختيار النموذج الملائم منها المعيارين (Aikaike information criterion, AICC) و (Schwarz information criterion, SIC) . تم وضع قيم هذه المعايير في الجدول-5 إزاء كل نموذج من النماذج الثلاث.

الجدول-4 الخواص الإحصائية للبيانات المرصودة لحجم الماء الوارد إلى محطة قياس تصريف الفتحة وتلك المولدة باستخدام النماذج الثلاث ولمختلف الأعداد من السلاسل.

	النموذج المستخدم	المعدل مليار م^3	الانحراف المعياري مليار م^3	معامل الارتباط لتخلف زمني لفترة واحدة ρ_1	عدد فترات الجفاف	حجم الخزين الذي يلبي متطلبات مساوية للمعدل (مليار م^3)
عدد السلاسل المولدة	من البيانات المرصودة	42.970	13.520	0.1093	7	75.789
100	AR(1)	42.660	12.670	0.0761	6.95	123.600
	AR(2)	42.660	12.680	0.0772	6.82	122.100
	ARMA(1,1)	42.870	12.960	0.0774	6.863	117.600
1000	AR(1)	42.840	12.900	0.0834	6.995	119.000
	AR(2)	42.840	12.910	0.0843	6.912	117.600
	ARMA(1,1)	42.930	13.020	0.0780	6.863	117.600
10000	AR(1)	42.940	13.030	0.0799	6.885	117.400
	AR(2)	42.940	13.030	0.0807	6.816	116.000
	ARMA(1,1)	42.930	13.020	0.0780	6.824	116.400

الجدول-5 قيم المعايير الإحصائية التي تبين حسن اداء كل من النماذج الثلاث المستخدمة.

النموذج المستخدم	AICC	SIC
AR(1)	61.508	61.350
AR(2)	63.711	65.388
ARMA(1,1)	63.710	65.387

وبالرغم من أن الجدول-5 يبين إن النموذج AR(1) يبز أقرانه باعتبار إن قيم AICC و SIC هي الأقل إلا أن ذلك مبني على المعطيات الإحصائية البحتة وليس على مدى حسن أداء النموذج في تخمين عدد فترات الجفاف وحجم الخزين على سبيل المثال.

الاستنتاج

لاشك إن معرفة احتماليات تردد فترات الجفاف وقسوتها تمكن صانع القرار من الإعداد المبكر لإجراءات تخفف من وطأة الجفاف على الناس ومنها على سبيل المثال تحديد حجوم خزانات المياه المخطط لها. و في الوقت الذي ذهبت فيه بعض الدراسات السابقة والتي عنيت بموضوعة الجفاف في العراق إلى معالجة مسألة التصاريف الدنيا باعتبارها أحداث عشوائية مستقلة وبذلك تكون قد ابتعدت عن تناول موضوع الجفاف بوصفه حدثا غير مستقل ، بل وتزداد تأثيراته بشكل قاس كلما امتدت فترته .جاءت الدراسة الحالية لكي تضع حجر زاوية وإطار عمل لدراسات مستقبلية تخص ظاهرة الجفاف التي تؤثر كثيرًا على البلد.
أكدت الدراسة الحالية إن الاعتماد على مامتوفر من بيانات مسجلة (عادة ماتكون قصيرة الأمد إن توفرت) لغرض دراسة احتماليات الجفاف (فترة وقسوة) قد يقودنا الى استنتاجات خاطئة وغير ناضجة لان هذه البيانات لاتمثل الاجزءًا يسيرا من طيف البيانات التي تتمخض عن النظام الهيدرولوجي المراد دراسته. وبناءا على ذلك فان الحاجة تدعو للجوء إلى مايدعى (Operational Hydrology) لغرض الحصول على المزيد من البيانات التي تزودنا بنظرة أعمق عن النظام . الا انه

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يجدر القول هنا أن البيانات المولدة بهذه ألطريقه سوف لن تحتوي على معلومات أكثر من تلك التي نحاول استخلاصها من البيانات المرصودة، أي إنها لاتحسن من نوع البيانات المسجلة إذا اشتملت أساسا على ضعف، غير انه لايمكن التفريط بأهميتها الإحصائية .

كما دللت النتائج على فائدة استنباط النماذج التصادفيه والتي ساعدت على التعويل على الاحتماليات المخمنة إضافة لإمكانيتها في احتساب احتمالية قسوة الجفاف التي يصعب اشتقاقها رياضيًا. كما لوحظ تفاوت أداء النماذج في إمكانية محافظتها على الخواص الإحصائية للسلسلة الزمنية المرصودة. ففي الوقت الذي أبلى به احد النماذج بلاءاً حسناً في المحافظة على المعالم المرصودة، اخفق في تخمين أخرى. وبذلك فقد برز البحث الحالي الاستنتاج الذي مفاده إن اعتماد النموذج المناسب لايتم وفق المعايير التي توفرها الطرق الإحصائية البحتة وانما يعتمد بشكل كبير على ماهية المعالم والخواص المراد دراستها.

يوصي الباحث بالتحقق من النتائج التي ذهب إليها البحث الحالي وذلك بتحديث بيانات حجم الجريان السنوي الوارد إلى محطة قياس التصريف في الفتحة للأعوام 1989 صعودًا.

المصادر

1. **Al-Mohseen, K. A.**,"Drought Assessment for Fatha Region using Fuzzy Logic Approach", *Proceedings of the Georgia Water Resources Conference, University of Georgia. Athens, Georgia,27-29 April, 2009.*
2. **Dracup, J. A., Lee, K. S., and Paualson**, **JR, E. G.**, "On the definition of Drought", *Water Resources Research*, Vol. 16, No. 2,297-302, 1980.
3. **Yevjevich, V.**, " An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts*", Hydrology Papers No. 23*, Colorado State University, Fort Collins, USA, 1967.
4. **Sen, Z.,** 'Statistical analysis of hydrologic critical droughts', *Journal of Hydraulics Division, ASCE* **, 106**(1), 99–115,1980.
5. **Chang, T. J.**, "Effects of Drought on Streamflow Characteristics", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, Vol. 116, No.3,1990.
6. **Frick, D. M., Bode, D., and Salas, J. D.,** "Effect of drought on urban water supplies. I: Drought Analysis", *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE* **116**(6), 733–753, 1990.
7. **Fern´andez, B., and Salas, J. D.,** 'Return period and risk of hydrologic events. I: Mathematical formulations', *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE* **4**(4), 297–307, 1999.
8. **Chung and J. D. Salas**, "Drought Occurrence Probabilities and Risks of Dependent Hydrologic Processes", *Journal of Hydrologic Engineering, ASCE*,Vol.5,No.3,2000.
9. **Kim, T. W., Vald´es, J. B., and Yoo, C.**, 'Nonparametric approach for estimating return periods of droughts in arid regions', *Journal of Hydrologic Engineering ASCE* **8**(5), 237–246,2003.
10. **Pandey, R. P. & S. K. Mishra & Ranvir Singh & K. S. Ramasastri**,"Streamflow Drought Severity Analysis of Betwa River System (India)", *Water Resour. Manage.*, Springer Science22:1127–1141,2008.
11. **Sarlak N., E. Kahya and O. A. Beg**," Critical Drought Analysis: Case Study of Goksu River (Turkey) and North Atlantic Oscillation Influences", *Hydrological Journal, ASCE* ,2009.
12. **Fattah, Majda M.**, "Flood and Drought Characteristics of Tigris River", *MSc. Thesis*, College of Engineering, University of Mosul, 1979.
13. **الانصاري، نضير، الحمداني،عادل ،سيفي، علي محمد صادق،**" احتمالية تردد الجفاف لنهر الزاب الأعلى"، مجلة الموارد المائية، المجلد السابع، العدد الثاني،1988.
14. **Goldman, D.,** "Stochastic Analysis of Drought Phenomena", *US Army Corps of Engineers*, Hydrologic Engineering Center, July,1985.
15. **Sen, Z.**,"Wet and dry periods of annual flow series", October, *ASCE,HY10*,1503-1514,1976.
16. **Feller, W.**," An Introduction to Probability Theory and its Applications, Vol. I, 3rd Ed., Wiley, New York, 1968.
17. **Salas, J. D., J. W. Delleur , V. Yevjevich, and W. L. Lane**," Applied Modeling of Hydrologic Time Series", Water Resources Publications, Littleton,Colorado,1980.
18. **Kottegoda, N. T.**," Stochastic Water Resources Technology", Halsted Press, John Wiley and Sons, NewYork,1980.
19. **Sveinsson O. G. B., J. D. Salas, W. L. Lane, and D. K. Frevert,** "Stochastic Analysis, Modeling, and Simulation (SAMS)Version 2007,USER's MANUAL, Computing Hydrology Laboratory, Department of Civil and Environmental Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 2007.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة ـ جامعة الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com