

تحليل فترات جفاف الأمطار شمال العراق باستخدام دليل المطر القياسي SPI

أنس محمود محمد رشيد

مدرس

مركز بحوث السدود والموارد المائية
جامعة الموصل / العراق

الخلاصة

يتناول البحث تحليل فترات جفاف الأمطار شمال جمهورية العراق باستخدام تقنية دليل المطر القياسي SPI (Standard Precipitation Index) في تحليل سجلات المطر لتسعة محطات مناخية شمال العراق للفترة 1941 - 2002. وتم استخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS في رسم خرائط رقمية توضح معدلات شدة الجفاف ومعدلات قيم الجفاف لموقع الدراسة. وتبين من نتائج البحث أن نسبة السنوات الجافة التي مرت بها المنطقة تشكل تقريباً 56% من فترة الدراسة.

الكلمات الدالة: جفاف، أمطار، توزيع كاما، SPI، GIS.

Analysis of Rainfall Drought Periods in the North of Iraq Using Standard Precipitation Index (SPI)

Anass M. M. Rasheed

Lecture

Dams and Water Resources Research Centre
University of Mosul / Iraq

Abstract

In this research, the standard precipitation index (SPI) was used to analyze rainfall records between 1941 - 2002 for nine metrological stations in the north of Iraq. In addition, digital maps of average drought magnitude and average drought intensity for the study region had drawn by using geographic information system (GIS). It is concluded that 56% of the study period were drought years.

المقدمة

يعتبر الجفاف من الظواهر الطبيعية البالغة التعقيد والتي بدأ تأثيرها واضحا بشكل كبير على مستوى الحياة على الكرة الأرضية في العقود الأخيرة بسبب التغيرات المناخية التي تعاني منها الأرض بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري والذي بدأ يشكل خطراً كبيراً لأجزاء كبيرة من الأرض مسبباً مخاطر المجاعة التي بدأت تعاني منها دول عديدة في العالم وخصوصاً في قارتي آسيا وإفريقيا. أن مصطلح **الجفاف** لا يعني دائماً حصول تصحر في منطقة الدراسة أو هي كلمة مرتبطة بالمناطق الجافة من العالم فقط ولكنها تعني كذلك حدوث أي نقص في كمية الأمطار الساقطة على منطقة معينة عن المعدل العام للأمطار في تلك المنطقة، فعلى سبيل المثال إذا كان معدل السقوط يساوي 1000 ملم في منطقة ما ثم انخفض هذا المعدل إلى 800 ملم فذلك يعني حصول جفاف في المنطقة بالرغم من أن الكمية 800 ملم كافية للزراعة ومحافظة على الغطاء النباتي في تلك المنطقة.

يعتبر الجفاف حدث هيدرولوجي متطرف ذو تأثير مباشر على نمط الحياة والنشاطات البشرية على الأرض [1] اغلب تعاريف الجفاف تشير إلى واحد أو إلى عدد من مكونات الدورة الهيدرولوجية بالإضافة للتأثيرات على الأنظمة البيئية أو على مستعملي الماء المعنيين طبقاً للأسلوب العلمي الذي يحلل الجفاف [2]. صنف (Wilhite & Glantz) [3] الجفاف إلى أربعة أصناف (مناخي وزراعي وهيدرولوجي واقتصادي). يعتمد تصنيف الجفاف من النواحي المناخية على درجة الجفاف (طبيعية أو متوسطة أو عالية جداً) بالإضافة إلى فترة الجفاف وهي خصائص مناخية تكون مرتبطة بموقع معين أو منطقة معينة من الأرض وتشكل الإطمار الدور الأساس فيها حيث يؤدي نقص المطر إلى حد كبير للتأثير على الإنتاج الزراعي في تلك المنطقة. مجمل التأثيرات على النشاط الزراعي تتمثل بخفض ماء التربة بالإضافة إلى انخفاض مناسيب المياه الجوفية، والتأثيرات على الخصائص الحيوية للنبات خلال مرحلة النمو، لذلك أي تعريف جيد للجفاف الزراعي يجب أن يفسر سهولة تأثر المحاصيل أثناء المراحل المختلفة من نمو المحصول.

يشير الجفاف في الهيدرولوجي إلى النقص الحاصل في كمية المياه المتدفقة في الأنهار والجداول والعيون والآبار بالإضافة إلى التغيير الكبير في حجم المياه السطحية للخزانات والبحيرات العذبة. بينما يرتبط مصطلح العجز الاقتصادي إلى الفارق بين العرض والطلب أي بمعنى إذا كان الإنتاج الزراعي يفوق الطلب معنى هذا لا يوجد جفاف بالرغم من احتمالية نقص الأمطار في تلك المنطقة.

طور العالم (Sen) [4] نموذج افتراضي لتحليل الجفاف لكي يستخدم في تحليل فترات الجفاف للأغراض الزراعية، وضع العالم (McKee et al) [5] تقنية لتحليل الجفاف سميت بدليل المطر القياسي (Standard Perception Index) ورمز لها بالرمز (SPI) وتستخدم لعدة مقاييس زمنية للأمطار ومناسبة لأهداف عديدة في مجال الموارد المائية.

توجد عدة دلائل لتحليل الأمطار في العالم بعضها قد يستخدم في منطقة معينة ولا يستخدم في أخرى والبعض الآخر عام ممكن إن يطبق في أي موقع من العالم. تم في البحث الحالي استخدام دليل المطر القياسي SPI في تحليل السجلات المطرية وتحديد السنوات الجافة والسنوات الرطبة ضمن تلك السجلات لشمال جمهورية العراق.

دليل المطر القياسي SPI

تم تطوير دليل المطر القياسي SPI لفهم تأثير نقص الأمطار على خصائص رطوبة التربة والمياه الجوفية والخزانات السطحية وجريان الأنهار، لذلك صمم دليل المطر القياسي ليناسب عدة مقاييس زمنية لتحليل الأمطار، هذه المقاييس تعكس تأثير الجفاف على الأنواع المختلفة لمصادر المياه. فعلى سبيل المثال لتحليل رطوبة التربة ومدى استجابتها لتغيرات الأمطار نحتاج عند التحليل اعتماد الفترات الزمنية القصيرة للأمطار بينما لتحليل تغيرات تصاريح الأنهار ومناسيب المياه الجوفية وحجم الخزين للخزانات المائية نحتاج عند التحليل إلى اعتماد الفترات الزمنية الطويلة للأمطار. لهذا السبب يتم احتساب قيم SPI لفترات تبلغ 3 و 6 و 12 و 24 شهراً حسب الغاية من التحلي [5]. يعتبر دليل المطر القياسي دليل نسبي في تصنيف فترات الجفاف والرطوبة حيث يتعامل مع كل محطة مطرية بشكل منفرد ويمثل المعدل العام للمطر في تلك المحطة الحد الفاصل ما بين تصنيف الجفاف وتصنيف الرطوبة وبذلك فان مصطلح الجفاف لا يرتبط بالمحطات ذات معدلات المطر الواثئة كما لا يرتبط مصطلح الرطوبة بالمحطات ذات معدلات المطر العالية، فعلى سبيل المثال إذا كانت كمية المطر الساقطة في سنة ما على المحطة المطرية ذات المعدل المطري 1000 ملم تساوي 900 ملم تصنف هذه السنة بأنها ضمن السنوات الجافة لتلك المحطة، بينما إذا كانت كمية المطر الساقطة في سنة ما على المحطة المطرية ذات المعدل المطري 100 ملم تساوي 120 ملم تصنف هذه السنة بأنها ضمن السنوات الرطبة في تلك المحطة. لذلك يمكن الاستفادة من إمكانيات دليل المطر القياسي في متابعة تأثيرات التغيرات المناخية على أي موقع من العالم بالاستفادة من سجلات البيانات المطرية لتلك المنطقة حيث توضح قيم دليل المطر القياسي خصائص تعاقب فترات الجفاف والرطوبة للمحطة المطرية تاريخياً وبذلك يمكن ملاحظة أي تغير غير طبيعي في خصائص المطر في تلك المحطة وخصوصاً للفترات الحديثة مما يعطي استنتاجاً بوجود أو عدم وجود تغير مناخي في ذلك الموقع من العالم.

النموذج الرياضي لدليل المطر القياسي SPI

يقوم مبدأ التحليل بواسطة دليل المطر القياسي إحصائياً على مبدأ تحويل توزيع كاما (gamma distribution probability) [6] لسلسلة البيانات إلى التوزيع الطبيعي لذلك تكون قيمة الوسط لبيانات دليل المطر القياسي SPI تساوي صفراً بينما تعني القيم الموجبة لدليل المطر القياسي وجود زيادة في الأمطار عن المعدل العام للأمطار أي سنوات رطبة، أما القيم السالبة لدليل المطر القياسي فتعني وجود نقص في الأمطار عن المعدل العام للأمطار أي سنوات جافة. ولحساب قيمة دليل المطر القياسي SPI يتم أولاً حساب توزيع كاما لسلسلة بيانات الأمطار لكل محطة مطرية باستخدام دالة التوزيع الموضحة في المعادلة الآتية.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{for } x > 0 \quad \dots\dots\dots 1$$

حيث أن:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad \dots\dots\dots 2$$

$\Gamma(\alpha)$ دالة كاما،

x = قيمة المطر التي يراد تقييم التوزيع عندها،

α = معلمة الشكل للتوزيع (a shape parameter) ولها قيمة أكبر من الواحد،

β = معلمة المقياس للتوزيع (a scale parameter) ولها قيمة أكبر من الواحد.

يتم استخدام العلاقات الآتية في احتساب قيم α و β .

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad \dots\dots\dots 3$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad \dots\dots\dots 4$$

حيث أن:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad \dots\dots\dots 5$$

n = عدد الإحداثيات المطرية في السجل المطري.

بتعويض قيم α و β تصبح دالة توزيع كاما كما مبين في المعادلة (6).

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad \dots\dots\dots 6$$

وبافتراض قيمة $t = x / \beta$ لذلك يمكن صياغة دالة توزيع كاما كما مبين في المعادلة الآتية.

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad \dots\dots\dots 7$$

وبما أن دالة توزيع كاما تكون غير معرفة عند قيم الصفر وبما إن سجلات المطر تحتوي قيم الصفر، لذلك تم استنباط الدالة الآتية في احتساب الاحتمالية التراكمية لكاما.

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad \dots\dots\dots 8$$

حيث إن q تمثل احتمالية القيم الصفرية وتحتسب باستخدام العلاقة الآتية.

$$q = \frac{m}{n} \quad \dots\dots\dots 9$$

حيث إن: m = عدد بيانات المطر الصفيرية في سلسلة البيانات.

يتم استخدام المعادلات الآتية لتحويل قيم الاحتمالية التراكمية لكما إلى التوزيع الطبيعي كمتغير عشوائي (random variable Z) والذي يمثل قيم دليل المطر القياسي SPI [5].

$$Z = SPI = - \left(t - \frac{2.515517 + 0.802853t + 0.010328t^2}{1 + 1.432788t + 0.189269t^2 + 0.001308t^3} \right) \quad \text{for } 0 < H(x) \leq 0.5 \quad \dots 10$$

$$Z = SPI = + \left(t - \frac{2.515517 + 0.802853t + 0.010328t^2}{1 + 1.432788t + 0.189269t^2 + 0.001308t^3} \right) \quad \text{for } 0.5 < H(x) < 1 \quad \dots 11$$

حيث إن:

$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{(H(x))^2} \right)} \quad \text{for } 0 < H(x) \leq 0.5 \quad \dots\dots\dots 12$$

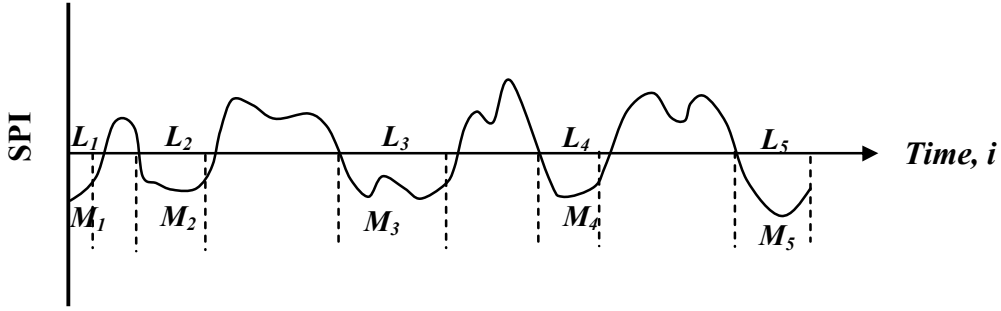
$$t = \sqrt{\ln \left(\frac{1}{1 - (H(x))^2} \right)} \quad \text{for } 0.5 < H(x) < 1 \quad \dots\dots\dots 13$$

صنف العالم (Mckee et al) [7] قيم SPI إلى ثمانية أصناف تصف حالة المطر ما بين الجفاف والرطوبة وكما مبين في الجدول الآتي:

الجدول (1): تصنيف دليل المطر القياسي SPI.

التصنيف	قيم SPI
شديد الرطوبة جداً (Extremely wet)	≥ 2
شديد الرطوبة (Severely wet)	1.5 to 1.99
متوسط الرطوبة (Moderately wet)	1 to 1.49
معتدل الرطوبة (Mild wet)	0 to 0.99
جاف معتدل (Mild drought)	-0.99 to 0
جاف متوسط (Moderately drought)	-1.49 to -1
شديد الجفاف (Severely drought)	-1.99 to -1.5
شديد الجفاف جداً (Extremely drought)	≤ -2

يوضح الشكل (1) مخطط يعكس نتائج تطبيق النموذج الرياضي لدليل المطر القياسي على سجل مطري لأي محطة مطرية مقترضة.



الشكل (1): مخطط يوضح فترات الجفاف لسلسلة زمنية للأمطار.

M = قيمة الجفاف (drought magnitude) و L = استدامة الجفاف (drought duration).

حيث يمكن ملاحظة إن القيم الموجبة لدليل المطر القياسي SPI تمثل السنوات الرطبة (Wet years) وبالتالي فإن الفرق بين قيمة المطر ومعدل المطر السنوي يمثل الزيادة المطرية (precipitation surplus)، بينما القيم السالبة لدليل المطر القياسي تمثل السنوات الجافة (Drought years) لذلك فالفرق بين قيمة المطر ومعدل المطر السنوي يمثل العجز المطري (precipitation deficit). تعرف فترة الجفاف المتعاقبة ضمن السلسلة الزمنية للأمطار بأنها استدامة الجفاف (Drought duration)، بينما تعرف كمية العجز المطري خلال تلك الفترة بأنها كمية الجفاف الكلي (Drought magnitude) [8] ويتم حسابها باستخدام العلاقة الآتية.

$$M_j = \sum_{i=1}^m |X' - X_i| \quad \dots \dots \dots 14$$

حيث أن:

M_j = كمية الجفاف الكلي،

X' = معدل المطر لسلسلة البيانات،

X_i = قيمة المطر عند الزمن i ،

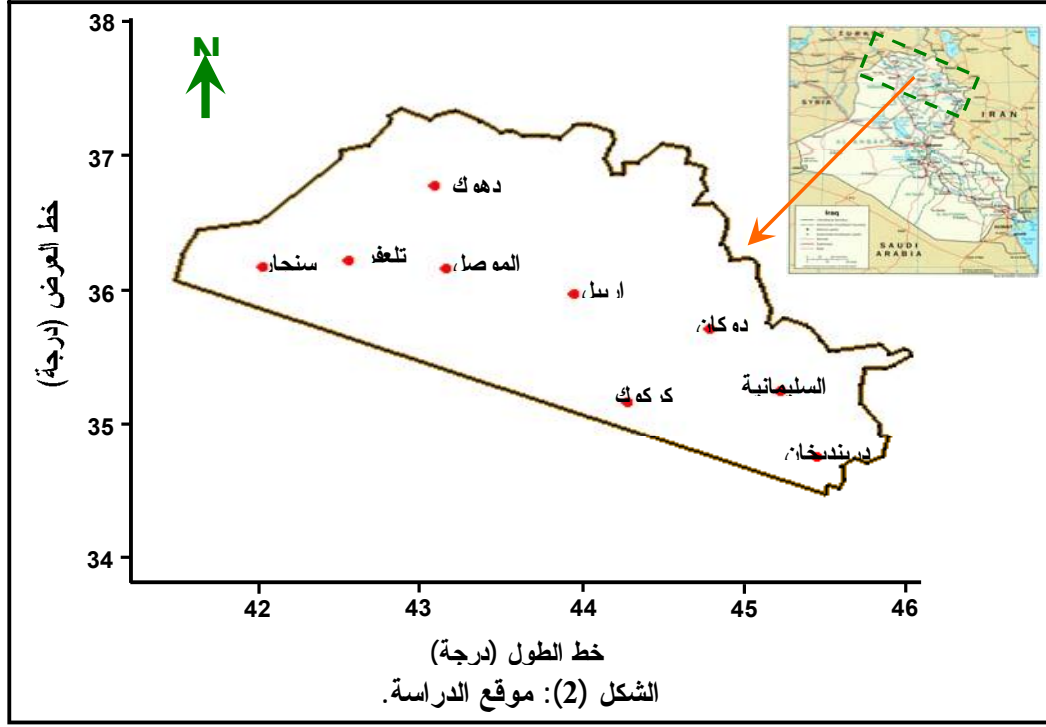
m = عدد مرات العجز المطري خلال فترة الجفاف

يعرف معدل الجفاف (average drought) على أنه حاصل قسمة كمية الجفاف الكلية على استدامة الجفاف ويحسب باستخدام العلاقة الآتية.

$$I_j = \frac{M_j}{L_j} \quad \dots \dots \dots 15$$

موقع الدراسة

يمثل موقع الدراسة الجزء الشمالي من العراق بمساحة تقدر بـ 63353 كم² (الشكل 2). يصنف مناخ شمال العراق ضمن مناخ البحر المتوسط بالإضافة إلى التأثير بمناخ الخليج العربي وهذا يعني شتاء بارد وصيف شديد الحر مع ساعات مشمسة طويلة ورطوبة نسبية عالية. من الناحية الجغرافية تحاط المنطقة بسلسلة جبلية من الشمال والشرق وأراضي منخفضة من الغرب والجنوب داخل العراق. تشكل منطقة الدراسة الجزء الأكبر من حوض التغذية لأنهار الزاب الأعلى والزاب الأسفل و العظيم وديالى ، كما تمتاز المنطقة بزراعة محصولي الحنطة والشعير بالاعتماد على أسلوب الزراعة الديمية.



تم تطبيق أسلوب التحليل SPI للمحطات التسع الموضحة في الشكل (2) شمال العراق والتي يتوفر لها سجلات مطرية تتراوح ما بين (40 - 60) سنة ما بين سنة 1941 و 2002 . الجدول (2) يوضح التحليل الإحصائي للسجلات المطرية للمحطات التسع مع بعض خصائص المطر.

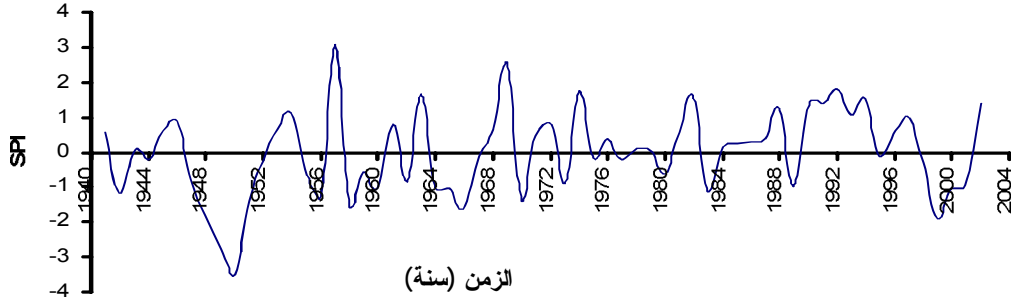
الجدول (2): التحليل الإحصائي مع بعض خصائص السجلات المطرية للمحطات في موقع البحث

الانحراف المعياري	الوسط الحسابي (مم)	أدنى عمق مطر سنوي (مم)	أقصى عمق مطر سنوي (مم)	التاريخ	عدد سنوات السجل المطري	اسم المحطة	ت
109	377	129	632	2002 - 1938	65	الموصل	1
149	549	284	906	2002 - 1976	27	دهوك	2
128.8	393	43	872	2002 - 1941	62	اربيل	3
180.4	678	45	1239	2002 - 1941	62	السليمانية	4
131	385.4	202	770	2002 - 1938	65	كركوك	5
108	331.2	134	613	2002 - 1941	62	تلعفر	6
139	392.8	164	670	2002 - 1941	62	سنجار	7
222	771	392	1466	2002 - 1958	45	دوكان	8
202	674.4	326	1235	2002 - 1962	41	دربندخان	9

التحليل الهيدرولوجي

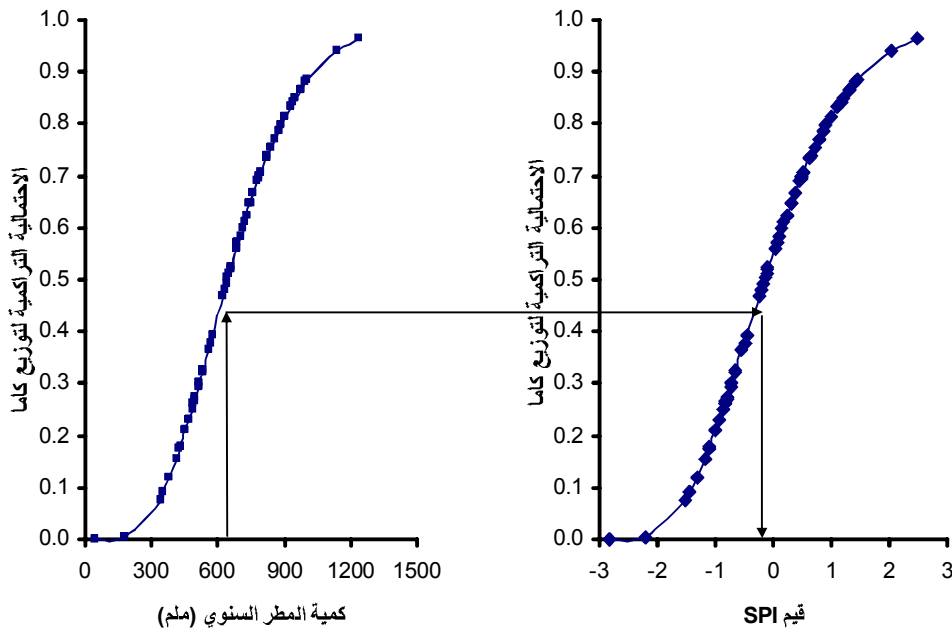
تم في البحث تطبيق النموذج الرياضي لدليل المطر القياسي SPI لتحليل السجلات المطرية للمحطات المطرية الواقعة ضمن منطقة الدراسة حيث يتم حساب التوزيع التراكمي لكما ومن ثم تحويل قيم التوزيع التراكمي لكما إلى قيم دليل المطر القياسي SPI وذلك بتطبيق المعادلات الموضحة في فقرة النموذج الرياضي على كل سجل مطري للمحطات المطرية التسع بشكل منفرد.

ولدراسة تعاقب فترات الجفاف والرطوبة لكل محطة فقد تم اعتماد قيم SPI لفترة 12 شهراً في التحليل لكونها تغطي كمية الأمطار السنوية الساقطة على المحطة خلال سنة. يتم أولاً حساب قيم التوزيع التراكمي لكما ومن ثم حساب قيم SPI وحسب خطوات النموذج الرياضي ومن ثم تصنيف قيم دليل SPI إلى أصنافها الواردة في الجدول (1)، والشكل (3) يوضح قيم دليل المطر القياسي لمحطة السليمانية كنموذج لبقية المحطات.



الشكل (3): قيم دليل المطر القياسي لمحطة السليمانية.

يوضح الشكل (4) العلاقة بين كمية المطر الساقط والتوزيع التراكمي لكما وقيم دليل المطر القياسي SPI لمحطة السليمانية، حيث يمكن استخدام الشكل (4) لتقدير دليل المطر القياسي لأي كمية مطر وذلك بتسقيط كمية المطر السنوي على منحنى الاحتمالية التراكمية لكما مقابل كمية المطر ومن ثم نقل الاحتمالية التراكمية لكما على منحنى الاحتمالية التراكمية لكما مقابل دليل المطر القياسي لتحديد قيمة الدليل SPI.



الشكل (4): العلاقة بين الاحتمالية التراكمية لتوزيع لكما مع كمية المطر السنوي ودليل المطر القياسي لمحطة السليمانية.

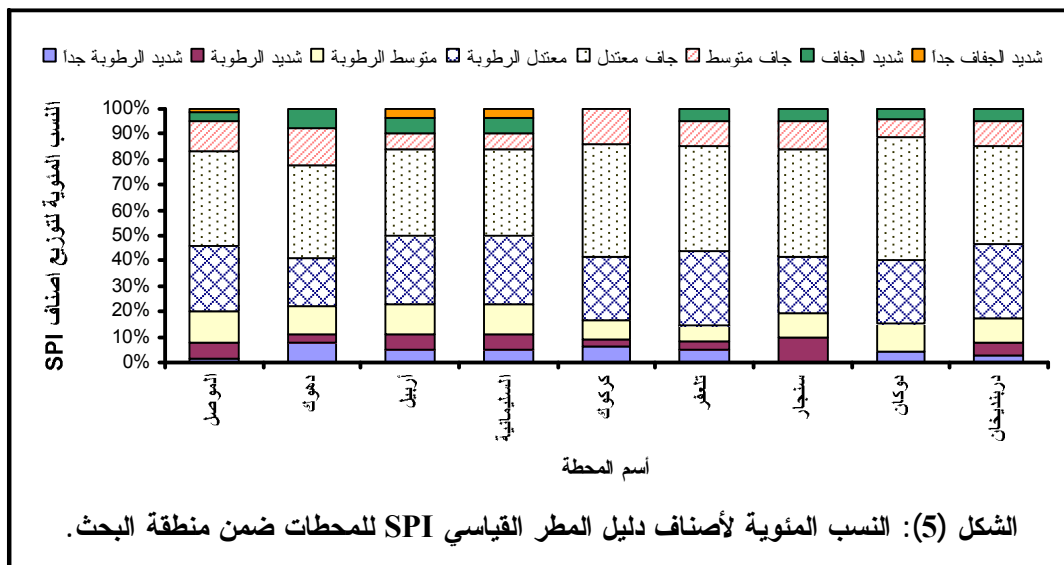
المناقشة

تبين من تحليل دليل المطر القياسي للمحطات التسع في موقع الدراسة أن منطقة الدراسة تعرضت إلى سنوات جافة جداً بحيث تكون قيم دليل المطر القياسي اقل من (-1) خلال السنوات (1947 ، 1956 ، 1958 ، 1959 ، 1960 ، 1973 ، 1983 ، 1999 ، 2000) ، كما تبين أن كمية العجز المطري خلال تلك الفترة تراوح بين 30% إلى 48%. كما تم تصنيف دليل المطر القياسي لكل محطة لتحديد السنوات الرطبة والسنوات الجافة ضمن السلسلة الزمنية لسجل الأمطار لكل محطة والجدول (3) يوضح تحليل مفصل لنتائج SPI لكل محطة وعدد مرات حدوث كل صنف من الأصناف الثمانية الواردة في الجدول (1).

الجدول (3): تحليل مفصل لنتائج SPI لكل محطة ضمن منطقة البحث

اسم المحطة	مدى السجل (سنة)	شديد الرطوبة جداً	شديد الرطوبة	متوسط الرطوبة	معتدل الرطوبة	جاف معتدل	جاف متوسط	شديد الجفاف	شديد الجفاف جداً	عدد السنوات الرطبة	عدد السنوات الجافة	نسبة السنوات الرطبة	نسبة السنوات الجافة
الموصل	65	1	4	8	17	24	8	2	1	30	35	46%	54%
دهوك	27	2	1	3	5	10	4	2	0	11	16	41%	59%
اربيل	62	3	4	7	17	21	4	4	2	31	31	50%	50%
السليمانية	62	3	4	7	17	21	4	4	2	31	31	50%	50%
كركوك	65	4	2	5	16	29	9	0	0	27	38	42%	58%
تلعفر	62	3	2	4	18	26	6	3	0	27	35	44%	56%
سنجار	62	0	6	6	14	26	7	3	0	26	36	42%	58%
دوكان	45	2	0	5	11	22	3	2	0	18	27	40%	60%
درينديخان	41	1	2	4	12	16	4	2	0	19	22	46%	54%

من ملاحظة الجدول (3) يتبين إن تصنيف SPI لمنطقة البحث يتراوح الجزء الأكبر منه ما بين الصنفين الجاف المعتدل (mild drought) ومعتدل الرطوبة (mild wet) ، كما يلاحظ أن نسبة السنوات الجافة اكبر من نسبة السنوات الرطبة حيث تبلغ نسبة السنوات الجافة 55% بينما تبلغ نسبة السنوات الرطبة 45% والشكل (5) يوضح نسب التصنيف لدليل المطر القياسي الواردة في الجدول (2) لكل محطة ضمن منطقة البحث.



الجدول (4) يوضح قيم الجفاف واستدامة الجفاف وشدة الجفاف لكل محطة مطرية ضمن منطقة البحث وذلك بتطبيق النموذج الرياضي لدليل المطر القياسي. يلاحظ من الجدول (4) أن أقصى قيمة للجفاف (مجموع العجز المطري عن المعدل العام للمطر خلال سنوات متعاقبة الجفاف) تبلغ (2364.32 ملم) في محطة دربندخان خلال استدامة جفاف استمرت 13 سنة متعاقبة تليها محطة السليمانية واربيل ودوكان مما يعني أن المنطقة الشرقية من شمال العراق والتي تمتاز بمعدلات أمطار عالية مقارنة مع المناطق الأخرى بالإضافة لكونها تمثل المساحة المغذية لروافد نهر دجلة داخل العراق تتأثر بشكل كبير بالتغيرات المناخية وخصوصاً بالسنوات الجافة حيث ينخفض فيها عمق المطر بشكل كبير.

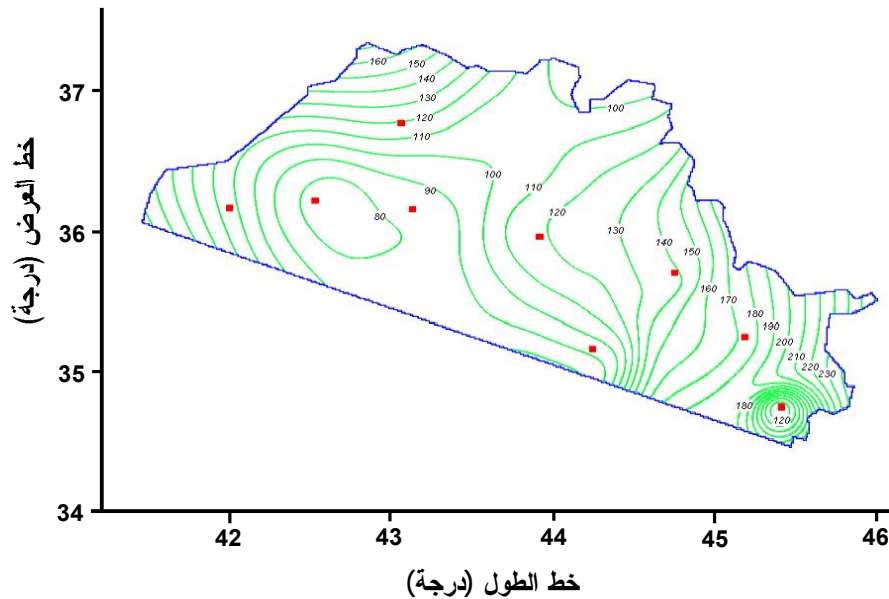
الجدول (4): يوضح قيم الجفاف M (ملم) واستدامة الجفاف L (سنة) وشدة الجفاف I (ملم/سنة) لكل محطة مطرية ضمن منطقة البحث

اربييل			دهوك			الموصل			
I	L	M	I	L	M	I	L	M	
270	8	1563	155	5	776	178	5	468	أقصى
30	1	33	101	1	113	3	1	3	أدنى
118.5	2.5	326.2	119.1	3.8	457.5	83.8	1.9	159.2	المعدل
كركوك			سنجار			تلعفر			
I	L	M	I	L	M	I	L	M	
131	5	524.88	229	6	626.5	197	6	474.9	أقصى
42	1	24	53	1	70	15	1	15	أدنى
93.7	2.5	223.6	114.2	2.8	278.4	76.2	2.3	178.9	المعدل
دربندخان			دوكان			السليمانية			
I	L	M	I	L	M	I	L	M	
182	13	2364.32	220	5	1078.3	315	6	1892	أقصى
63	1	63	27	1	27	19	1	19	أدنى
113.8	3.5	520.1	138.9	2.3	329.1	140.7	1.8	335.1	المعدل

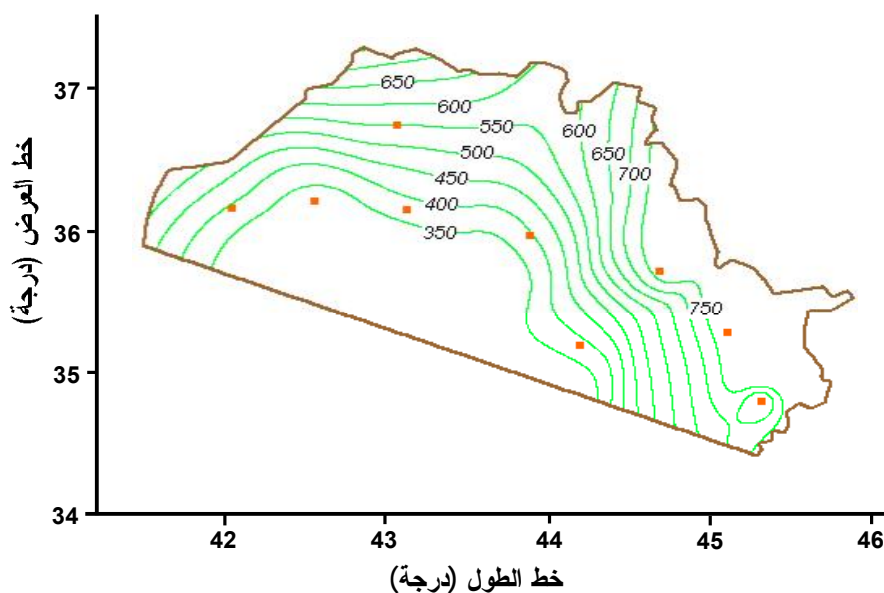
وباستخدام نظام المعلومات الجغرافية GIS تم رسم خريطة توضح توزيع معدلات شدة الجفاف وكما موضح في الشكل (6)، حيث يلاحظ أن المنطقة الشرقية من شمال العراق تمتاز بمعدلات شدة جفاف عالية مقارنة مع المناطق الأخرى من شمال العراق وذلك بسبب معدلات الأمطار العالية في المحطات الواقعة في الجزء الشرقي من العراق والمتمثلة بالمحطات دوكان ودرينديخان والسليمانية مقارنة بالمحطات الأخرى ذات معدلات الأمطار المنخفضة مقارنة بالمجموعة في الجزء الشرقي من العراق وبالتالي عند أي مستوى SPI يكون مقدار العجز المطري في المحطات ذات معدلات المطر العالية أكبر من كمية العجز المطري في المحطات ذات معدلات المطر المنخفضة. أن معدل الجفاف السنوي يمثل مقدار العجز السنوي في المطر عن المعدل السنوي في تلك المحطة فعلى سبيل المثال نلاحظ أن شدة الجفاف في محطة السليمانية تبلغ 140.7 ملم /سنة وبذلك يكون من المتوقع أن يكون العجز المطري في محطة السليمانية في السنوات الجافة 140.7 ملم وبذلك يكون معدل المطر في تلك السنة 537.3 ملم بدلاً عن المعدل العام 678 ملم.

أيضاً باستخدام نظام المعلومات الجغرافية تم رسم خرائط توضح تغير خطوط تساوي المطر عند مستويات مختلفة للجفاف حيث يوضح الشكل (7) خطوط تساوي المطر عند قيمة $SPI = 0$ والتي تمثل خطوط تساوي المطر عند المعدلات الطبيعية للأمطار في موقع الدراسة، بينما توضح الأشكال (8) و (9) و (10) خطوط تساوي المطر عند قيم (-2, -1.5, -1) والتي تمثل أصناف الجفاف جاف معتدل و جاف متوسط و شديد الجفاف على التوالي. من ملاحظة الأشكال (7) و (8) و (9) و (10) نلاحظ مدى تغير خطوط تساوي المطر في منطقة الدراسة بالسنوات الجافة حيث نلاحظ على سبيل المثال أن محطة اربيل تقع على الخط المطري 400 ملم في السنوات التي فيها عمق المطر يساوي المعدل العام للأمطار في تلك المحطة، بينما في السنوات الجافة نلاحظ بان محطة اربيل تقع على الخطوط المطرية (275 ، 200 ، 160) ملم في السنوات التي تصنف جاف معتدل و جاف متوسط و شديد الجفاف على التوالي. كذلك يمكن ملاحظة تأثر المنطقة بأكملها بالسنوات الجافة حيث يلاحظ مقدار العجز في الأمطار خلال تلك السنوات مما

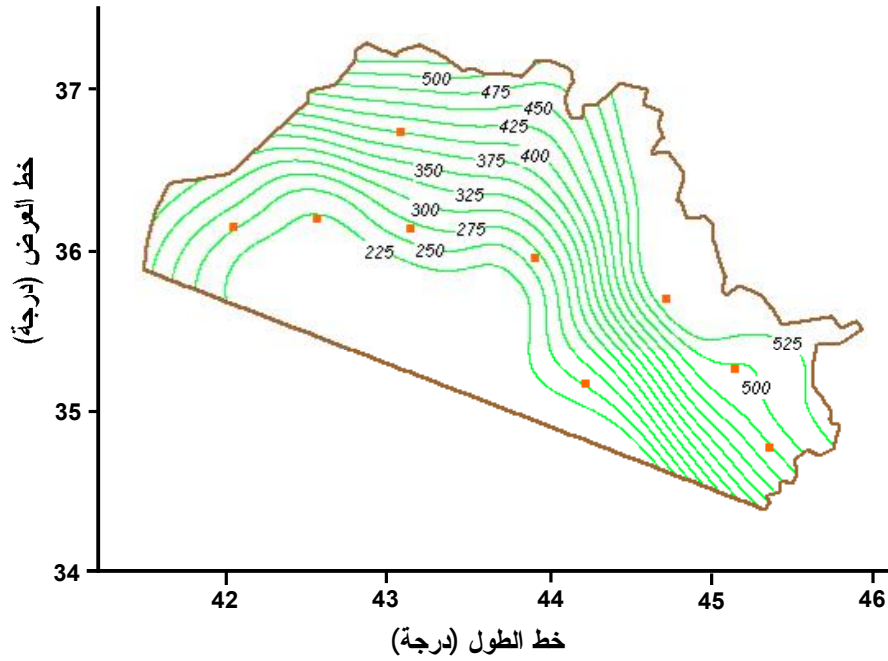
يؤثر على نمط الزراعة الديمية في المنطقة وخصوصاً في الجزء الغربي من منطقة الدراسة والمتمثلة بالمحطات الواقعة ضمن محافظة نينوى (الموصل ، سنجار ، تلعفر) والتي تمتاز بزراعة محاصيل الحبوب الحنطة والشعير وخصوصاً في منطقة الجزيرة، حيث نلاحظ من خطوط تساوي المطر أن تلك المنطقة تتخضع فيها الأمطار دون مستوى 200 ملم في السنوات الجافة ويبلغ معدل الأمطار في تلك المنطقة ما بين 120 إلى 160 ملم في السنوات الشديدة الجفاف. تمتاز المحطات الواقعة في الجزء الشرقي من العراق بمعدلات مطرية عالية مقارنة بالجزء الغربي من العراق حيث يتراوح معدل المطر في تلك المنطقة ما بين 500 إلى 750 ملم (الشكل 7)، وبالرغم من ذلك تتأثر هذه المنطقة بالسنوات الجافة بشكل كبير حيث تتخضع معدلات الأمطار فيها وتتراوح ما بين 350 إلى 525 ملم في السنوات ذات الجفاف المعتدل $SPI = -1$ وتتراوح ما بين 220 إلى 320 ملم في السنوات الشديدة الجفاف $SPI = -2$. أن الانخفاض في معدل المطر والبالغ تقريباً 57% ما بين معدل المطر 750 ومعدل المطر 320 يؤثر بشكل كبير على نمط الزراعة الديمية في المنطقة وكذلك يؤثر على تصريف روافد نهر دجلة داخل العراق.



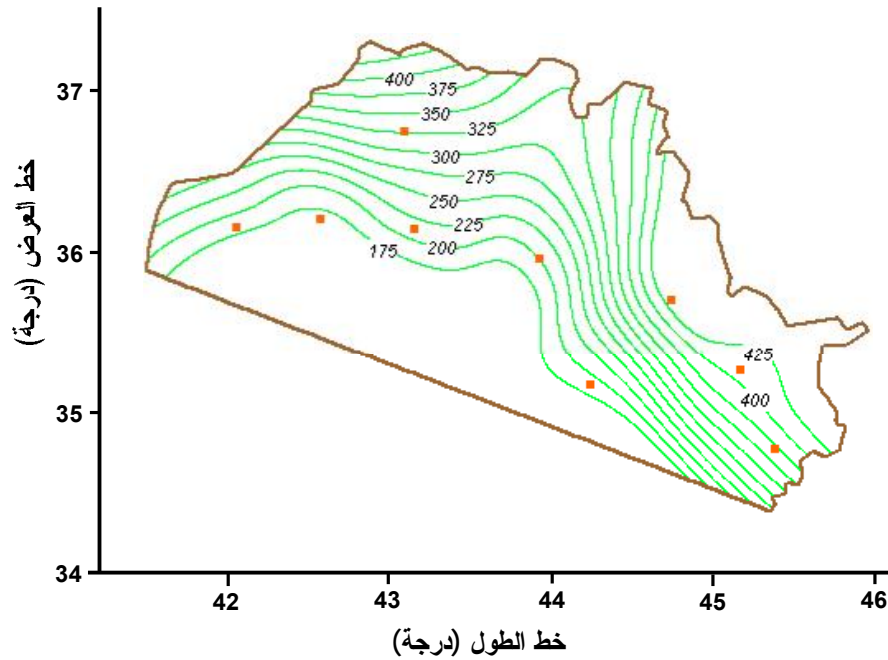
الشكل (6): خريطة كنتورية توضح توزيع معدلات شدة الجفاف (ملم/سنة) شمال العراق



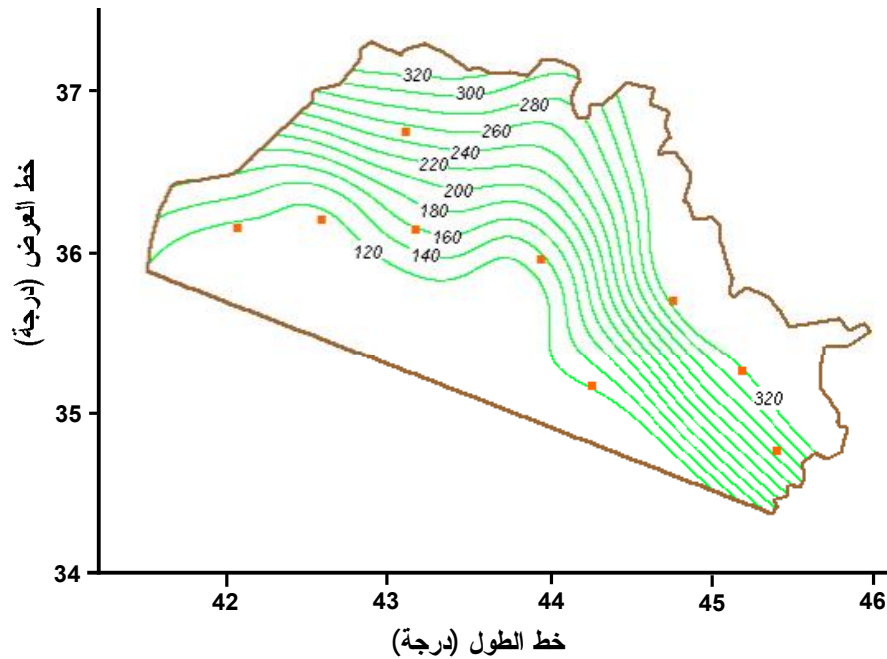
الشكل (7): خريطة كنتورية توضح خطوط تساوي المطر (ملم) شمال العراق عند المعدلات الطبيعية للأمطار $SPI = 0$.



الشكل (8): خريطة كنتورية توضح خطوط تساوي المطر (مم) شمال العراق عند $SPI = -1$ بتصنيف جاف معتدل.



الشكل (9): خريطة كنتورية توضح خطوط تساوي المطر (مم) شمال العراق عند $SPI = -1.5$ بتصنيف جاف متوسط.



الشكل (10): خريطة كنتورية توضح خطوط تساوي المطر (ملم) شمال العراق عند $SPI = -2$ بتصنيف شديد الجفاف.

الاستنتاجات

يعد الجفاف من الظواهر الطبيعية المعقدة التي تؤثر بشكل كبير على حياة البشر من الناحية الاقتصادية والصحية، وتبين من تحليل نتائج البحث أن منطقة شمال العراق تتعرض لمناخ متغير بين الرطوبة والجفاف بفترات متعاقبة تشكل الشكل العام لبيئة المنطقة، وقد وجد أن نسبة السنوات الجافة تشكل 56% من فترة الدراسة بينما السنوات الرطبة تشكل 44% من فترة الدراسة وان التصنيف الأكثر شيوعاً ضمن تصنيف SPI هو معتدل الرطوبة وجاف معتدل. ومن تحليل الخارطة الرقمية لمعدلات شدة الجفاف تبين أن المنطقة الشرقية من شمال العراق تمتاز بمعدلات عالية من شدة الجفاف بالرغم من معدلات الأمطار العالية التي تمتلكها مقارنة مع بقية موقع البحث وذلك لأنه عند أي مستوى SPI يكون مقدار العجز المطري في المحطات ذات معدلات المطر العالية أكبر من كمية العجز المطري في المحطات ذات معدلات المطر المنخفضة، كما تبين من تحليل الخرائط التي توضح خطوط تساوي المطر عند عدة مستويات للجفاف (جاف معتدل ومتوسط الجفاف وشديد الجفاف) أن المنطقة تتأثر بشكل كبير بالسنوات الجافة حيث تتغير خطوط تساوي المطر بشكل كبير ويتراوح مدى الخطوط المطرية بين 225 إلى 525 ملم في السنوات المعتدلة الجفاف $SPI = -1$ وبين 175 إلى 425 ملم في السنوات المتوسطة الجفاف $SPI = -1.5$ وبين 120 إلى 320 ملم في السنوات الشديدة الجفاف $SPI = -2$. تمتاز المحطات الواقعة في الجزء الغربي من العراق وخصوصاً المحطات في محافظة نينوى (الموصل وسنجار وتلعفر) بتأثرها بشكل كبير بانخفاض معدلات الأمطار في السنوات الجافة حيث ينخفض معدل المطر إلى 160 ملم في السنوات الشديدة الجفاف مما يؤثر على زراعة محصول الحنطة وخصوصاً في منطقة الجزيرة.

من نتائج البحث نجد انه يتطلب إجراء دراسة متكاملة للموازنة المائية لمنطقة البحث بحيث يتم الاستفادة من كل المميزات التي توفرها السنوات الرطبة من الزيادة في معدلات الأمطار وتصريف انهار ووديان المنطقة وبالتالي حصادها عن طريق إنشاء السدود على الأنهار الرئيسية أو على مجاري الوديان الكبيرة والاستفادة منها في السنوات الجافة مع تطوير أساليب الري التكميلي في زراعة محصولي الحنطة والشعير في المنطقة باستخدام أساليب الري الحديثة وخصوصاً التوسع بأسلوب الري بالرش بأنواعه المختلفة.

المصادر

1. Wilhite, D.A. "Drought as a natural hazard: concepts and definitions", in Drought: A Global Assessment, edited by D.A. Wilhite, London (UK) / New York (USA), Routledge, (2000), PP. 3-18.
2. Rossi, G. "An integrated approach to drought mitigation in Mediterranean Regions", in Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions, edited by G. Rossi et al., Dordrecht (the Netherlands), Kluwer Academic Publishers, (2003), PP. 3-18.
3. Wihite, D. A. & Glants, M. H. "Understanding of the drought phenomenon: the rule and definition". Water Int. 10, (1985), PP. 111-120.
4. Şen, Z. "Statistical analysis of hydrologic critical drought". J. Div. ASCE 106(Y1), Proc. Paper 14134, (1980), PP. 99-115.
5. McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. "The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints". Eight Conf. on Applied Climatology (Anaheim, California, USA), (1993). PP. 179-184.
6. Akosy, H. " Use of Gamma Distribution in Hydrological Analysis", Turk J. Eng. Environ Sci. Vol. 24, (2000), PP. 419 - 428.
7. McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. "Drought monitoring with multiple time scales. Preprints", Ninth Conf. on Applied Climatology (Dallas, Texas, USA), (1995), PP. 233-236.
8. Sirdaş S. & Zekai S. "Spatio-temporal drought analysis in the Trakya region", Turkey. IAHS Publ. No. 5. Vol. 48. (2003), PP. 809-820.