

دليل مستخدمي المؤشر المعياري للهطول



المنظمة العالمية
للأرصاد الجوية
الطقس . المناخ . الماء

دليل مستخدمي المؤشر المعياري للهطول

2012



المنظمة العالمية
للأرصاد الجوية
الطقس • المناخ • الماء

مطبوع المنظمة رقم 1090

ملاحظة تحريرية

ميتيوتيرم METEOTERM، هي قاعدة بيانات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، ويمكن الإطلاع عليها على موقع المنظمة (WMO) على الإنترنت: http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_wmo_en.html. ويمكن الإطلاع أيضاً على المختصرات على العنوان التالي: http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index_en.html.

مطبوع المنظمة العالمية للأرصاد الجوية رقم 1090

© المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2012

حقوق الطبع الورقي أو الإلكتروني أو بأي وسيلة أو لغة أخرى محفوظة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية. ويجوز استنساخ مقتطفات موجزة من مطبوعات المنظمة دون الحصول على إذن بشرط الإشارة إلى المصدر الكامل بوضوح. وتوجه المراسلات والطلبات المقدمة لنشر أو استنساخ أو ترجمة هذا المطبوع (المواد) جزئياً أو كلياً إلى العنوان التالي:

Chair, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix
P.O. Box 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03
Fax: +41 (0) 22 730 80 40
E-mail: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-61090-4

ملاحظة

التسميات المستخدمة في مطبوعات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وطريقة عرض المواد فيها لا تعني بأي حال من الأحوال التعبير عن أي رأي من جانب أمانة المنظمة فيما يتعلق بالوضع القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطاتها، أو فيما يتعلق بتعيين حدودها أو تخومها.

إن ذكر شركات أو منتجات معينة لا يعني أن هذه الشركات أو المنتجات معتمدة أو موصى بها من المنظمة تفضيلاً لها على سواها مما يمثّلها ولم يرد ذكرها أو الإعلان عنها.

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات التي يقدمها مؤلفون بعينهم في مطبوعات المنظمة (WMO) تخص هؤلاء المؤلفين وحدهم، ولا تعكس بالضرورة آراء المنظمة (WMO) أو أعضائها.

المحتويات

الصفحة

1	مقدمة	1
3	1 - معلومات أساسية	3
3	2 - مقدمة للمؤشر المعياري للهطول	3
4	3 - وصف المؤشر المعياري للهطول	4
6	4 - مواطن القوة ومواطن الضعف	6
6	5 - التفسير : المرونة المكانية والزمنية الوارد وصفها	6
7	5.1 قيم المؤشر المعياري للهطول القصيرة الأجل مقابل الطويلة الأجل	7
7	5.1.1 المؤشر المعياري للهطول خلال شهر واحد	7
7	5.1.2 المؤشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر	7
8	5.1.3 المؤشر المعياري للهطول خلال 6 أشهر	8
8	5.1.4 المؤشر المعياري للهطول خلال 9 أشهر	8
8	5.1.5 المؤشر المعياري للهطول خلال مدة تمتد من 12 شهراً حتى 24 شهراً	8
9	6 - المنهجية الحسابية	9
9	6.1 منهجية المؤشر المعياري للهطول	9
9	6.2 كيف تعمل	9
9	7 - كيفية الحصول على البرنامج	9
10	8 - كيفية تشغيل البرنامج على نظام Windows	10
13	9 - تخطيط القدرات	13
16	المراجع	16
16	موارد أخرى متاحة على الإنترنت	16

دليل مستخدم المؤشر المعياري للهطول

مقدمة

دار على مر السنين نقاش مستفيض بشأن أي مؤشرات الجفاف ينبغي استخدامه في مناخ معين ولأية تطبيقات يستخدم. ووضعت تعاريف ومؤشرات كثيرة للجفاف، وجرت محاولات لتقديم بعض الإرشادات بشأن هذه المسألة.

ومن هذا المنطلق، نُظمت حلقة العمل الإقليمية بشأن مؤشرات الجفاف ونظم الإنذار المبكر به في جامعة نبراسكا - لينكولن، الولايات المتحدة الأمريكية، في الفترة من 8 إلى 11 كانون الأول / ديسمبر 2009. واشتركت في رعايتها كلية الموارد الطبيعية (SNR) التابعة لجامعة نبراسكا، والمركز الوطني للتخفيف من آثار الجفاف التابع للولايات المتحدة (NDMC)، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي التابعة للولايات المتحدة (NOAA)، ووزارة الزراعة في الولايات المتحدة (USDA)، واتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر (UNCCD). وضمت حلقة العمل 54 مشاركاً يمثلون 22 بلداً من كافة أنحاء العالم. استعرضوا مؤشرات الجفاف المستخدمة حالياً في مختلف أقاليم العالم لتفسير حالات الجفاف المتعلقة بالأحوال الجوية والزراعية والهيدرولوجية، وقِيموا القدرة على جمع المعلومات بشأن تأثيرات الجفاف؛ واستعرضوا التكنولوجيات الحالية والناشئة لرصد الجفاف، وبحثوا مدى الحاجة إلى مؤشرات موحدة يتم التوصل إليها بتوافق الآراء لوصف مختلف أنواع حالات الجفاف.

وقام الخبراء المشاركون في الاجتماع بوضع واعتماد إعلان لنكولن بشأن مؤشرات الجفاف الذي أوصى بأن يستخدم المؤشر المعياري للهطول (SPI) من قبل جميع المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs) في كافة أنحاء العالم لتحديد سمات حالات الجفاف في الأحوال الجوية، بالإضافة إلى مؤشرات الجفاف الأخرى التي تستخدم في هذه المرافق. كما أوصى إعلان لنكولن بوضع دليل شامل لمستخدمي المؤشر المعياري للهطول. وفي حزيران / يونيو 2011، اعتمد المؤتمر العالمي السادس عشر للأرصاد الجوية قراراً يؤيد هاتين التوصيتين. كما أوصى المؤتمر بأن يُنشر ويوزع دليل المؤشر المعياري للهطول بجميع اللغات الرسمية المستخدمة في الأمم المتحدة.

ويمكن الإطلاع على إعلان لنكولن الكامل بشأن مؤشرات الجفاف على موقع المنظمة (WMO) على الشبكة على العنوان التالي http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln_Declaration_Drought_Indices.pdf.

وتود المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) الإعراب عن شكرها للسيد Mark Svoboda، والسيد Michael Hayes، والسيدة Deborah A. Wood من المركز الوطني للتخفيف من آثار الجفاف (NDMC) التابع لجامعة نبراسكا لإعداد هذا الدليل للمستخدمين بشأن المؤشر المعياري للهطول¹. ونأمل في أن يساعد البلدان والمؤسسات في فهم كيفية حساب واستخدام المؤشر المعياري للهطول من أجل تطوير قدراتها الخاصة على رصد الجفاف والإنذار المبكر به، أو زيادة تعزيز هذه القدرات.

ولتوجيه أية أسئلة أو تعليقات خاصة بمحتوى هذا الدليل، بما في ذلك أية اقتراحات لتحسينه، يرجى الاتصال بشعبة الأرصاد الجوية الزراعية بالمنظمة (WMO) على العنوان التالي: agm@wmo.int.

1 - معلومات أساسية

الجفاف ظاهرة طبيعية متسلسلة وتراكمية تنجم عن انخفاض مستويات الهطول عن المعدل المعتاد. وعندما تمتد هذه الظاهرة خلال فصل أو فترة زمنية أطول، يكون الهطول غير كاف لتلبية احتياجات الأنشطة البشرية والبيئة. وينبغي اعتبار الجفاف حالة نسبية أكثر منها مطلقة. وهناك منهجيات شتى كثيرة لرصد الجفاف، كما أن حالات الجفاف إقليمية المدى، ولكل إقليم سماته المناخية الخاصة. فحالات الجفاف التي تحدث في السهول الكبرى في أمريكا الشمالية تختلف عن الحالات التي تحدث في جنوب شرقي البرازيل، أو الجنوب الأفريقي، أو غربي أوروبا، أو شرقي أستراليا، أو سهول شمال الصين. وتختلف كمية الهطول وموسميته وشكله اختلافاً كبيراً بين كل من هذه الأماكن. وتشكل درجة الحرارة، والرياح والرطوبة النسبية عوامل هامة ينبغي إدراجها أيضاً لدى تحديد سمات الجفاف. كما ينبغي أن يتم رصد الجفاف تبعاً لكل تطبيق بسبب اختلاف تأثيرات الجفاف بين القطاعات. ويعني الجفاف أشياء مختلفة لمختلف المستخدمين من مثل مديري إدارة موارد المياه، والمنتجين الزراعيين، ومشغلي محطات الطاقة الكهرومائية، وعلماء الأحياء المختصين بالحياة البرية. وحتى داخل القطاعات، هناك منظورات مختلفة كثيرة للجفاف لأن تأثيراته يمكن أن تختلف اختلافاً واضحاً. وتصنف حالات الجفاف بوجه عام حسب أنواعها، سواء كانت خاصة بالأحوال الجوية أو الزراعية أو الهيدرولوجية، كما أنها تختلف بعضها عن بعض في شدتها ومدتها وتغطيتها المكانية.

2 - مقدمة للمؤشر المعيارى للهطول

قام أخصائيو وعلماء الأرصاد الجوية وعلماء المناخ في مختلف أنحاء العالم على مر السنين بوضع واستخدام مؤشرات كثيرة للجفاف. وتراوحت هذه المؤشرات بين المؤشرات البسيطة من مثل النسبة المئوية للهطول المعتاد، ومؤشرات أكثر تعقيداً للنسب المئوية للهطول من مثل مؤشر بالمر لشدة الجفاف. غير أن العلماء في الولايات المتحدة أدركوا أن المؤشر ينبغي أن يكون بسيطاً، ويسهل حسابه، وأن يكون ملائماً إحصائياً ومعقولاً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن فهم حقيقة أن لنقص الهطول تأثيرات مختلفة على المياه الجوفية، ومستودعات تخزين المياه، ورطوبة التربة، والتراكم الثلجي، وتدفق المجاري المائية دفع العلماء الأمريكيين McKee، Kleist و Doesken، لوضع المؤشر المعيارى للهطول (SPI) في عام 1993.

المؤشر المعيارى للهطول (McKee وآخرون، 1993، 1995) هو مؤشر قوي ومرن وبسيط الحساب. والهطول هو في الواقع، المعلمة المدخلة اللازمة فقط. وبالإضافة إلى ذلك، فإن فعاليته في تحليل الفترات/الدورات المطيرة لا تقل عن فعاليته في تحليل الفترات/الدورات الجافة. ويمكن تشغيل البرنامج على كلا نظامي Windows و UNIX. ويصف هذا الدليل لمستخدمى المؤشر المعيارى للهطول صيغة النظام Windows.

والوضع المثالي هو أن المرء يحتاج إلى قيم شهرية تغطي مدة 20-30 سنة على الأقل، بيد أن مدة 50-60 سنة (أو أكثر)، هي المدة الأمثل والأفضل (Guttman، 1994). ويمكن تشغيل البرنامج مع عدم توفر بعض البيانات، لكن ذلك يؤثر على موثوقية النتائج، رهنا بمدى توزيع البيانات غير المتوفرة على طول السجل. ويمكن الحصول على مزيد من المعلومات بشأن الاستخدام في الفرع 6، المنهجية الحسابية.

ويفضل علماء المناخ الحصول على مجموعات بيانات كاملة بأرقام متسلسلة مما يعني أنه ينبغي ألا يكون هناك نقص في البيانات. لكن الأغلب هو أن مجموعات البيانات لن تتضمن سوى سجلات كاملة بنسبة 90٪ أو 85٪ فقط. لكن مستخدمين كثيرين لا يتوفر لهم هذا الترف في الواقع وقد يتعين عليهم أن يجروا حساباتهم استناداً إلى (سجلات تقل نسبة اكتمالها عن 75-85٪) إلا إذا وجدوا تقنيات للتقدير تكفل سد الفجوات في السجلات. ولا ريب أن سجلات البيانات الطويلة والقديمة غير عملية، وليست نموذجية في حالات كثيرة، ولذلك يتعين على المستخدم أن يكون مدركاً للقيود الإحصائية المتعلقة بالظواهر المتطرفة لدى معالجته فترات سجلات أقصر في أماكن شتى. وفي نهاية الأمر، يتعين على المستخدمين أن يتخذوا قرارات ذاتية بشأن مدى استعدادهم للسماح بعدم توافر البيانات اللازمة لإدراجها في حسابات وتحليلات المؤشر المعيارى للهطول، كما أنه رهنا بمدى موثوقية الحساب وطريقته، يكون استخدام البيانات المقدرة مقبولاً. وكلما كانت البيانات المقدرة أقل كلما كان استخدامها أفضل بالطبع.

3 - وصف المؤشر المعياري للهطول (SPI)

نظرة عامة: يستند المؤشر المعياري للهطول إلى احتمال حدوث الهطول في أي نطاق زمني. ثم يحوّل احتمال حدوث الهطول الذي رُصد إلى مؤشر. ويستخدم المؤشر في البحوث أو أساليب العمل في أكثر من 70 بلداً.

من يستخدمه: يثمن كثيرون من مخططي مكافحة الجفاف الاستخدامات المتعددة للمؤشر SPI. كما أنه استخدم من قبل طائفة متنوعة من مؤسسات البحوث، والجامعات والمرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا في أنحاء العالم كجزء من الجهود المبذولة لرصد الجفاف والإنذار المبكر به.

مواطن القوة: الهطول هو المعلمة المدخلة الوحيدة. ويمكن حساب المؤشر المعياري للهطول على نطاقات زمنية مختلفة، وتوفير إنذار مبكر بالجفاف، والمساعدة في تقييم مدى شدة الجفاف. وهو أقل تعقيداً من مؤشر بالمر لشدة الجفاف، ومؤشرات أخرى كثيرة.

مواطن الضعف: يمكنه فقط تقدير كمية النقص في الهطول؛ ويمكن للقيم المستمدة من البيانات الأولية أن تتغير، كما أن القيم تتغير مع ازدياد طول الفترة التي يغطيها السجل.

وَصَّعَ المؤشر: T.B. McKee و N.J. Doesken و J. Kleist، جامعة ولاية كولورادو، 1993.

صُمم المؤشر المعياري للهطول لتقدير كمية النقص في الهطول على نطاقات زمنية متعددة. وتعكس هذه النطاقات الزمنية تأثير الجفاف على توافر موارد المياه المختلفة. فأحوال رطوبة التربة تستجيب للاختلافات في كمية الهطول على نطاق زمني قصير نسبياً. وتعكس المياه الجوفية، وتدفق المجاري المائية، ومستودعات التخزين بالمياه المخزونة فيها الاختلافات في الهطول في الأجل الأطول. ولهذه الأسباب، حسب McKee وآخرون، المؤشر المعياري للهطول في البداية (1993) على نطاقات زمنية تبلغ 3 أشهر، و6 أشهر، و12 شهراً، و24 شهراً، و48 شهراً.

ويستند حساب المؤشر المعياري للهطول الخاص بأي مكان إلى سجل الهطول الطويل الأجل لفترة منشودة. وهذا السجل الطويل الأجل مهياً لتوزيع احتمالات، تحوّل بعدئذٍ إلى توزيع معتاد بحيث يكون متوسط المؤشر المعياري للهطول بالنسبة للمكان والفترة المنشودين، صفراً (McKee و Edwards، 1997). وتدل القيم الإيجابية للمؤشر المعياري للهطول على هطول أعلى من المتوسط، أما القيم السلبية فتدل على هطول أقل من المتوسط. وبسبب معيارية المؤشر المعياري للهطول، يمكن تمثيل حالات المناخ المطيرة والجافة بنفس الطريقة؛ وبالتالي يمكن أيضاً رصد الفترات المطيرة باستخدام المؤشر المعياري للهطول.

وقد استخدم McKee وآخرون (1993) نظام التصنيف المبين في جدول قيم المؤشر SPI أدناه (الجدول 1) في تحديد مدى شدة الجفاف الناتجة عن المؤشر المعياري للهطول. كما حددوا المعايير الخاصة بأي ظاهرة جفاف على أي من النطاقات الزمنية. وتحدث ظاهرة الجفاف حينما يكون المؤشر المعياري للهطول سلبياً بصفة مستمرة، وتصل شدته إلى 1 أو أقل. وتنتهي الظاهرة حين يصبح المؤشر إيجابياً. ولذلك فإن لكل ظاهرة جفاف مدة تحددها بدايته ونهايته، ومدى شدته في كل شهر يستمر فيه الجفاف. والمجموع الإيجابي للمؤشر المعياري للهطول لجميع الأشهر التي تستغرقها ظاهرة الجفاف، يمكن تسميته بـ "شدة" الجفاف.

الجدول 1 - قيم المؤشر المعياري للهطول SPI

هطول متطرف	+2.0
هطول شديد	1.5 إلى 1.99
هطول متوسط	1.0 إلى 1.49
هطول قريب من المعتاد	-99 إلى 99.
جفاف متوسط	-1.0 إلى -1.49
جفاف شديد	-1.5 إلى -1.99
جفاف متطرف	-2 فأقل

وبالاعتماد على تحليل بيانات المحطات الكائنة عبر كولورادو في الولايات المتحدة، حدد McKee أن المؤشر المعياري للهطول يدل على جفاف معتدل خلال 24٪ من الوقت، وجفاف متوسط خلال 9.2٪ من الوقت، وجفاف شديد خلال 4.4٪ من الوقت، وجفاف متطرف خلال 2.3٪ من الوقت (McKee وآخرون، 1993). ونظراً لأن المؤشر المعياري للهطول موحد قياسياً، فإن هذه النسب المئوية تكون متوقعة من توزيع عادي للمؤشر SPI. ونسبة 2.3٪ من قيم المؤشر في فئة "الجفاف المتطرف" هي نسبة مئوية تُتوقع في العادة من ظاهرة متطرفة. وعلى خلاف ذلك، يصل مؤشر بالمر لشدة الجفاف إلى فئته "المتطرفة" في أكثر من 10٪ من الوقت عبر أجزاء من السهول الوسطى الكبرى في الولايات المتحدة. ويتيح هذا التوحيد القياسي للمؤشر أن يحدد قلة كثافة جفاف قائم (الجدول 2)، واحتمال الهطول اللازم لإنهائه (McKee وآخرون، 1993). كما يتيح للمستخدمين أن يقارنوا على نحو موثوق، حالات الجفاف التاريخية والحالية بين مختلف الأماكن المناخية والجغرافية عند تقييم مدى ندرة أو تواتر ظاهرة جفاف معينة.

الجدول 2 - احتمالات التكرار

المؤشر المعياري للهطول SPI	الفئة	عدد مرات الحدوث في 100 عام	مدى شدة الظاهرة
صفر إلى - 0.99	جفاف معتدل	33	مرة في 3 سنوات
- 1.00 إلى - 1.49	جفاف متوسط	10	مرة في 10 سنوات
- 1.5 إلى - 1.99	جفاف شديد	5	مرة في 20 سنة
-> 2.0	جفاف متطرف	2.5	مرة في 50 سنة

بعض النقاط الرئيسية:

- نظراً لأن المؤشر المعياري للهطول موحد قياسياً، فإنه يمكن تمثيل المناخات المطيرة والجافة بنفس الطريقة؛ وبالتالي يمكن أيضاً رصد الفترات المطيرة باستخدام المؤشر SPI. إلا أنه ينبغي التشديد على أن المؤشر ليس مناسباً لتحليل تغير المناخ لأن درجة الحرارة ليست معياراً مطلوباً إدراجه.
- صُمم المؤشر SPI لتقدير كمية النقص في الهطول على نطاقات زمنية متعددة.
- تعكس هذه النطاقات تأثير الجفاف على توافر مختلف موارد المياه وهو كان الغرض الأصلي الذي استهدفه واضعو المؤشر SPI.
- إن أحوال رطوبة التربة تستجيب للاختلافات في الهطول على نطاق زمني قصير نسبياً. وتعكس المياه الجوفية، وتدفق المجاري المائية والمخزون في مستودعات التخزين، الاختلافات في الهطول في الأجل الأطول. ولذلك، على سبيل المثال، قد يريد المرء فحص المؤشر خلال شهر أو شهرين بالنسبة لجفاف الأحوال الجوية، وفي أي مكان، من شهر إلى 6 أشهر بالنسبة لجفاف المناطق الزراعية، وفحص المؤشر خلال مدة تبلغ نحو 6 أشهر وتصل إلى 24 شهراً أو أكثر من أجل تحليلات وتطبيقات الجفاف الهيدرولوجي.

4 – مواطن القوة ومواطن الضعف

يمكن تلخيص مواطن قوة ومواطن ضعف المؤشر المعياري للهطول كما يلي:

مواطن القوة

- إنه مؤشر مرن: ويمكن حسابه على نطاقات زمنية متعددة
- يمكن للمؤشرات المعيارية للهطول على النطاقات الزمنية القصيرة، على سبيل المثال، المؤشرات المعيارية للهطول خلال مدة شهر أو شهرين أو ثلاثة أشهر، توفير إنذار مبكر بالجفاف، والمساعدة في تقييم مدى شدة الجفاف
- إنه متسق مكانياً: فهو يتيح إجراء مقارنات بين مختلف الأماكن في مختلف المناخات
- طبيعته الاحتمالية تمنحه سياقاً تاريخياً، وهو أمر مناسب بصورة جيدة لصنع القرار.

مواطن العوض

- إنه يستند فقط إلى الهطول
- عدم وجود مكون خاص بالرصيد المائي للتربة، وبالتالي لا يمكن حساب نسب التبخر النتحي/ والتبخر النتحي المحتمل (ET/PET).
- يحاول نوع جديد مختلف للمؤشر أعده Vicente-Serrano وآخرون (2010) تناول مسألة التبخر النتحي المحتمل من خلال إدراج مكون درجة الحرارة في حساب مؤشرهم الجديد الذي يسمى المؤشر المعياري للهطول والتبخر النتحي (SPEI). وتتمثل المدخلات اللازمة لتشغيل البرنامج في الهطول، ومتوسط درجة الحرارة، وخط العرض الذي يقع فيه الموقع - (تقع فيه المواقع)، وتتاح معلومات أخرى عن المؤشر المعياري للهطول والتبخر النتحي SPEI على العنوان التالي على الشبكة <http://sac.csic.es/spei/index.html>

5 – التفسير: المرونة المكانية والزمنية الموصوفة

لا يوجد تعريف واحد للجفاف (Wilhite و Glantz، 1985). ويمكننا بوجه عام تجميع صنوف الجفاف في: حالات الجفاف في الأحوال الجوية، وحالات الجفاف الزراعية، والهيدرولوجية، والاجتماعية - الاقتصادية. والجفاف خطر معقد للغاية فيما يتعلق بتحديدته وكشفه. وهو يقيس قطاعات ونطاقات زمنية متعددة. وكما لا يوجد تعريف واحد للجفاف، لا يوجد مؤشر واحد للجفاف يلبي احتياجات جميع التطبيقات.

ومع ذلك، يتمثل موطن قوة حقيقي في المؤشر المعياري للهطول في إمكانية حسابه على نطاقات زمنية كثيرة مما يجعل في الإمكان تناول الكثير من أنواع حالات الجفاف الموصوفة آنفاً. وتتيح القدرة على حساب المؤشر المعياري للهطول على نطاقات زمنية متعددة، تحقيق المرونة الزمنية في تقييم أحوال الهطول فيما يتعلق بإمدادات موارد المياه.

وكما ذكر آنفاً، فإن المؤشر المعياري للهطول مصمم لقياس كمية النقص في الهطول على نطاقات زمنية متعددة أو نوافذ المعدلات المتحركة. وتعكس هذه النطاقات الزمنية تأثيرات الجفاف على موارد المياه المختلفة التي يحتاجها مختلف صناعات القرار. وتستجيب أحوال الأرصاد الجوية ورطوبة التربة (الزراعة) للاختلافات في الهطول على نطاقات زمنية قصيرة نسبياً، على سبيل المثال شهر - 6 أشهر، بينما يستجيب تدفق المجاري المائية، ومستودعات التخزين، والمياه الجوفية للاختلافات في الهطول الأطول أجلاً على نطاق زمني يتراوح من 6 أشهر و 24 شهراً أو أطول من ذلك. ولذلك، على سبيل المثال، ينبغي للمرء أن يفحص المؤشر المعياري للهطول في مدة شهر أو شهرين بالنسبة للجفاف في الأحوال الجوية، وفي أي مكان، في مدة تتراوح بين شهر و 6 أشهر بالنسبة للجفاف الزراعي، وفي مدة تتراوح بين ما يقرب من 6 أشهر و 24 شهراً أو أكثر بالنسبة للتحليلات والتطبيقات الخاصة بالجفاف الهيدرولوجي.

ويمكن حساب المؤشر المعياري للهطول ابتداءً من شهر واحد حتى 72 شهراً. ومن الناحية الإحصائية، تعتبر المدة من 1 إلى 24 شهراً هي أفضل نطاق عملي للتطبيق (Guttman، 1994، 1999). ويستند هذا الحد الفاصل البالغ 24 شهراً إلى توصية Guttman بالحصول على البيانات التي تغطي فترة تتراوح بين 50 و 60 عاماً. وما لم تتوافر للمرء بيانات تغطي 80-100 عام، يكون حجم العينة بالغ الصغر وتصبح الثقة الإحصائية في تقديرات الاحتمالات في كلا الجانبين (المتطرفين المطير، والجاف على السواء) ضعيفاً فيما يتجاوز 24 شهراً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الحصول فقط على الحد الأدنى من البيانات التي تغطي 30 عاماً (أو أقل) يقلل حجم العينة ويضعف الثقة في نتائجها. ومن الناحية الفنية، يمكن للمرء أن يستخدم المؤشر المعياري

للّهطول بالنسبة لبيانات تقل مدتها عن 30 عاماً على أن تؤخذ في الاعتبار القيود الإحصائية وضعف الثقة في النتائج، المشار إليها آنفاً.

5.1 قيم الموشر المعياري للهطول القصيرة الأجل مقابل الطويلة الأجل

5.1.1 الموشر المعياري للهطول خلال شهر واحد

إن خريطة الموشر المعياري للهطول لمدة شهر واحد، تماثل جداً خريطة تعرض النسبة المعوية للهطول العادي لفترة 30 يوماً. والواقع أن الموشر المعياري للهطول المستمد بشكل تمثيلاً أكثر دقة للهطول الشهري لأن التوزيع تمت معيارته. وعلى سبيل المثال، فإن الموشر المعياري للهطول خلال شهر واحد في نهاية تشرين الثاني/نوفمبر يماثل مجموع الهطول خلال شهر واحد هو تشرين الثاني/نوفمبر من ذلك العام، ومجموع الهطول في جميع شهور تشرين الثاني/نوفمبر في جميع السنوات الواردة في السجل. ونظراً لأن الموشر المعياري للهطول خلال شهر واحد يعكس أحوالاً قصيرة الأجل، فإن تطبيقه يمكن أن يرتبط ارتباطاً وثيقاً بأنواع الجفاف الخاصة بالأحوال الجوية، بالإضافة إلى رطوبة التربة القصيرة الأجل وإجهاد المحاصيل، لاسيما أثناء موسم النمو. ويمكن للموشر المعياري للهطول خلال شهر واحد أن يقدم صورة تقريبية للظروف التي يمثلها موشر رطوبة المحاصيل الذي يشكل جزءاً من مجموعة الموشرات التابعة لموشر بالمر لشدة الجفاف.

ويمكن أن يكون تفسير الموشر المعياري للهطول خلال شهر واحد مضللاً ما لم يكن علم المناخ مفهوماً. ففي المناطق التي يكون هطول المطر فيها منخفضاً عادة خلال شهر، يمكن أن تنتج موشرات معيارية سلبية أو إيجابية إلى حد كبير حتى وإن كان الابتعاد عن المعدل المتوسط صغيراً نسبياً. ويمكن أن يكون الموشر المعياري للهطول خلال شهر واحد مضللاً أيضاً بعد قيم هطول أقل من المعتاد في المناطق ذات المجموع الصغير للهطول المعتاد خلال شهر. وكما هو الحال في نسبة معوية من خريطة الهطول المعتاد، ترد معلومات مفيدة في خرائط الموشر المعياري للهطول خلال شهر واحد، لكن ينبغي توخي الحذر عند تحليلها.

ملاحظة: من الناحية النظرية، يمكن حساب الموشر المعياري للهطول على أساس دون شهري، لكن ذلك غير موصى به من الناحية العملية. ومن الموصى به إلى حد كبير أن يفحص المستخدم كحد أدنى نافذة متوسطات مدتها 4 أسابيع. ويمكن للمرء أن يحسب الموشر المعياري للهطول خلال أسبوع واحد، لكن الواقع هو أن المرء سيواجه على الأرجح ظواهر أيام جافة كثيرة (0.00 مطر حتى في المناخات غير القاحلة) مما يجعل سلوك الموشر المعياري للهطول شاذاً (Wu وآخرون، 2006)، ولذلك لا يوصى باتباع هذا النهج. إلا أن تحديث الموشر المعياري للهطول كل يوم أو كل أسبوع في إطار زمني يمتد من شهر إلى 24 شهراً، أمر مقبول. ولا يعرض نهج "نافذة المعدلات المتحركة" هذا، البرنامج للخطر، لأنه يظل يفحص حداً أدنى من البيانات خلال 4 أسابيع، كل يوم يتحرك فيه الموشر.

5.1.2 الموشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر

يوفر الموشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر مقارنة للهطول عبر فترة محددة تبلغ ثلاثة أشهر مع مجاميع الهطول في فترة الـ 3 أشهر ذاتها في جميع الأعوام المدرجة في السجل التاريخي. وبعبارة أخرى، فإن الموشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر في نهاية شباط/فبراير يماثل مجموع الهطول في كانون الأول/ديسمبر - كانون الثاني/يناير - شباط/فبراير في ذلك العام، ومجموع الهطول الحادثة في الفترة من كانون الأول/ديسمبر إلى شباط/فبراير في جميع الأعوام الواردة في سجل ذلك المكان. وتضاف البيانات كل عام، ويضاف عام آخر إلى فترة السجل، وبالتالي تستخدم القيم المتأتمية من جميع السنوات من جديد. ويمكن أن تتغير القيم، وستتغير، عند مقارنة السنة الحالية تاريخياً وإحصائياً بجميع السنوات السابقة في سجل الرصد.

ويعكس الموشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر أحوال الرطوبة في الأجلين القصير والمتوسط، ويوفر تقديراً فصلياً للهطول. وفي المناطق التي تسود فيها الزراعة الأساسية، قد يكون الموشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر أكثر فعالية في إبراز أحوال الرطوبة المتاحة من موشر بالمر بطيئ الاستجابة أو غيره من الموشرات الهيدرولوجية المتاحة حالياً. ويستطيع الموشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر في نهاية آب/أغسطس في حزام الذرة في الولايات المتحدة أن يسجل اتجاهات الهطول خلال المراحل الإنتاجية الهامة والمراحل المبكرة لتعبئة حبوب الذرة وفول الصويا. وفي غضون ذلك، يعطي الموشر المعياري للهطول خلال 3 أشهر في نهاية أيار/مايو موشراً لأحوال رطوبة التربة مع بدء موسم الزراعة.

ومن المهم مقارنة الموشر المعياري خلال 3 أشهر بالنطاقات الزمنية الأطول، إذ يمكن أن تحدث فترة 3 أشهر عادية نسبياً أو حتى مطيرة خلال جفاف أطول أجلاً لن يكون مرئياً إلا عبر فترة طويلة. ويمكن لتفحص النطاقات الزمنية الأطول أن يحول دون الخطأ في التفسير الذي يرى أن الجفاف قد انقضى أمدته بينما تكون الفترة في الواقع هي مجرد فترة مطيرة مؤقتة. ولذلك، فإن الرصد المستمر والمثابر للجفاف أساسي لتحديد متى تبدأ حالات الجفاف ومتى تنتهي. ويساعد هذا على تفادي "الإنذارات الخاطئة" عند بدء حالة الجفاف وعند انتهائها. وتوفير مجموعة من "المنبهات" المرتبطة بإجراءات ضمن خطة خاصة بالجفاف يمكن أن يساعد في كفالة ذلك.

ويمكن أن يكون موشر الـ 3 أشهر مضللاً، شأنه في ذلك شأن موشر الشهر الواحد في المناطق التي تكون جافة عادة أثناء أي فترة 3 أشهر. ويمكن أن ترتبط الموشرات المعيارية للهطول السلبية أو الإيجابية إلى حد كبير بمجاميع هطول لا تختلف كثيراً عن المتوسط. ويمكن تفسير هذا الحذر بمناخ البحر الأبيض المتوسط في كاليفورنيا وحول شمالي إفريقيا وجنوبي أوروبا حيث تسقط أمطار قليلة جداً أو يُتوقع سقوطها على فترات متميزة من العام. ونظراً لأن هذه الفترات تتسم بسقوط أمطار قليلة، تكون المجاميع التاريخية المقابلة صغيرة، ويمكن أن تؤدي انحرافات صغيرة نسبياً على كلا جانبي المتوسطات إلى موشرات (SPIs) سلبية أو إيجابية إلى حد كبير. وعلى خلاف ذلك، يمكن أن تكون هذه الفترة الزمنية موشراً جيداً لبعض مناطق الموسميات في مختلف أنحاء العالم.

5.1.3 الموشر المعياري للهطول خلال 6 أشهر

يشبه موشر الـ 6 أشهر الهطول الخاص بتلك الفترة بفترة الـ 6 أشهر ذاتها خلال السجل التاريخي. وعلى سبيل المثال، يناظر موشر الـ 6 أشهر في نهاية أيلول/سبتمبر، مجموع الهطول في الفترة من نيسان/أبريل إلى أيلول/سبتمبر في جميع المجاميع الماضية لنفس تلك الفترة.

ويظهر موشر الـ 6 أشهر الاتجاهات الفصلية إلى المتوسطة الأجل في الهطول ولايزال يعتبر هو الأكثر حساسية إزاء الظروف في هذا النطاق، من موشر بالمر. ويمكن أن يكون موشر الـ 6 أشهر فعالاً جداً في إظهار الهطول في الفصول المتميزة. وعلى سبيل المثال، فإن موشر الـ 6 أشهر في نهاية آذار/مارس يقدم عرضاً جيداً للغاية عن كمية الهطول التي سقطت خلال فترة الفصل المطير الهام للغاية من تشرين الأول/أكتوبر إلى آذار/مارس بالنسبة لبعض مناطق البحر الأبيض المتوسط. ويمكن أن يبدأ أيضاً ارتباط المعلومات المتأتية من موشر الـ 6 أشهر بمستويات غير سوية لتدفقات المجاري المائية ومستودعات التخزين، رهنا بالمنطقة والوقت من السنة.

5.1.4 الموشر المعياري للهطول خلال 9 أشهر

يقدم موشر الـ 9 أشهر بياناً بأمطاط الهطول بين الفصول خلال نطاق زمني متوسط. ويستغرق ظهور حالات الجفاف عادة، فصلاً أو أكثر. وقيم الموشر المعياري للهطول الأدنى من -1.5 بالنسبة لهذه النطاقات الزمنية تكون عادة موشراً جيداً على أن للجفاف تأثيراً كبيراً على الزراعة، ويمكن أن يؤثر على قطاعات أخرى أيضاً. وقد تجد بعض المناطق أن النمط الذي تعرضه خريطة موشر بالمر يرتبط ارتباطاً وثيقاً بخرائط موشر الـ 9 أشهر. وبالنسبة لمجالات أخرى، يكون موشر بالمر أوثق ارتباطاً بموشر الـ 12 شهراً. وتبدأ هذه الفترة الزمنية عملية وصل جفاف موسمي قصير الأجل بحالات جفاف أطول أجلاً، قد تصبح هيدرولوجية أو متعددة السنوات.

5.1.5 موشر الـ 12 شهراً وصولاً إلى موشر الـ 24 شهراً

يعكس الموشر في هذه النطاقات الزمنية أمطاط الهطول الطويلة الأجل. والموشر المعياري للهطول خلال 12 شهراً هو مضاهاة للهطول خلال الـ 12 شهراً المتعاقبة التي سُجلت في تلك الـ 12 شهراً ذاتها في جميع البيانات المتاحة للسنوات السابقة. ونظراً لأن هذه النطاقات الزمنية هي النتيجة التراكمية لفترات أقصر قد يكون الهطول فيها أعلى أو أدنى من المعتاد، فإن الموشرات المعيارية للهطول الأطول أجلاً تنحون نحو الإنجذاب صوب الصفر ما لم يحدث اتجاه مطير أو جاف مميز. وترتبط الموشرات في هذه النطاقات الزمنية عادة بتدفقات المجاري المائية، أو مستويات التخزين في المستودعات، وحتى بمستويات للمياه الجوفية على نطاقات زمنية أطول. وفي بعض الأماكن، ترتبط موشرات الـ 12 شهراً ارتباطاً أوثق ما يكون بموشر بالمر، ويمكن للموشرين أن يعكسا أحوالاً متماثلة.

6 المنهجية الحسابية

يحدّد المٌؤشر المعياري للهطول بمعايرة الهطول بالنسبة لمُخطّة معينة بعد تهيئتها لوظيفة تحديد كثافة احتمال الهطول على النحو الذي وصفه McKee وآخرون (1993، 1995)، و McKee, Edwards (1997)، و Guttman (1998). ويمكن الإطلاع على وصف كامل للإجراء الحسابي للمٌؤشر SPI في مؤلف McKee وآخرون (1993، 1995) و McKee, Edwards (1997). ويرد أدناه وصف للجوانب الأساسية في هذا الصدد حسبما أخذت من مؤلف Edwards (1997).

6.1 منهجية المٌؤشر المعياري للحساب

- يستند حساب المٌؤشر المعياري للهطول بالنسبة لأي مكان على سجل الهطول الطويل الأجل لفترة منشودة. والسجل الطويل الأجل هذا مهياً لتوزيع احتمالات، يحوّل عندئذٍ إلى توزيع عادي، بحيث يكون متوسط المٌؤشر المعياري للهطول الخاص بالمكان والفترة المنشودة صفراً (McKee و Edwards، 1997).
- تدل قيم المٌؤشر SPI الإيجابية على هطول أكبر من المتوسط، والقيم السلبية على هطول أقل من المتوسط.
- الجفاف، وفقاً للمٌؤشر المعياري للهطول، يبدأ الجفاف عندما تكون قيمة المٌؤشر SPI مساوية أو أدنى من -1.0، وينتهي الجفاف عندما تصبح القيمة إيجابية.

6.2 كيف تعمل

- تتم معايرة الهطول باستخدام وظيفة توزيع احتمالات بحيث يُنظر لقيم المٌؤشر فعلياً باعتبارها انحرافات معيارية عن المتوسط.
- يتيح التوزيع المعايير تقدير الفترات الجافة والمطيرة على السواء.
- يمكن استخدام القيم المتراكمة في تحليل شدة الجفاف (مدى الشدة).
- تلزم بيانات شهرية متواصلة عن الهطول لمدة 30 عاماً على الأقل، لكن توافر سجلات أطول أجلاً أمر أفضل.
- الفترات الزمنية الفاصلة للمٌؤشر SPI الأقصر من شهر، والأطول من 24 شهراً، تكون غير موثوقة.
- المنهجية غير متغيرة في تفسيرها، من حيث المكان.
- إن طبيعتها القائمة على الاحتمالات (احتمال الهطول المرصود المحول إلى مٌؤشر) يجعلها أنسب لإدارة التصدي للمخاطر كما أنها تحفز وتنبه إلى صنع القرار.

7 كيفية الحصول على البرنامج

البرنامج متاح على نظام Windows / نسخة PC ويمكن تنزيله مجاناً. ويمكن الإطلاع على آخر برنامج للمٌؤشر SPI (SPI_SL_6.exe)، وعلى ملفات عينات كتلك التي توصف أدناه وتعليمات لاستخدام نظام Windows / PC، على العنوان التالي: <http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIPro-gram.aspx>.

ويمكن للبرنامج أن يحسب عدداً يصل إلى 6 نوافذ زمنية للمٌؤشر SPI في وقت واحد بالنسبة لأي مكان. وقد جُمع في C++ بالنسبة للحواسيب الشخصية، ويشمل جميع المكتبات.

8 – كيفية تشغيل البرنامج على نظام Windows

لتشغيل البرنامج على نظام Windows، يرجى ببساطة اتباع الخطوات المبينة أدناه:

1 – انشئ ملف مدخلات كما في المثال التالي، يتضمن بيانات عن الهطول من Falls City، نبراسكا:

Year	Month	Precipitation (mm)
1949	1	478
1949	2	108
1949	3	259
1949	4	245
1949	5	450
1949	6	1538
1949	7	179
1949	8	520
1949	9	220
1949	10	220
1949	11	37
1949	12	113
1950	1	80
1950	2	112
1950	3	80
1950	4	176
1950	5	649
1950	6	235
1950	7	637
1950	8	665
1950	9	350
1950	10	145
1950	11	75
1950	12	15
1951	1	89
1951	2	225
1951	3	384
1951	4	537
1951	5	682
1951	6	982
1951	7	668
1951	8	1018

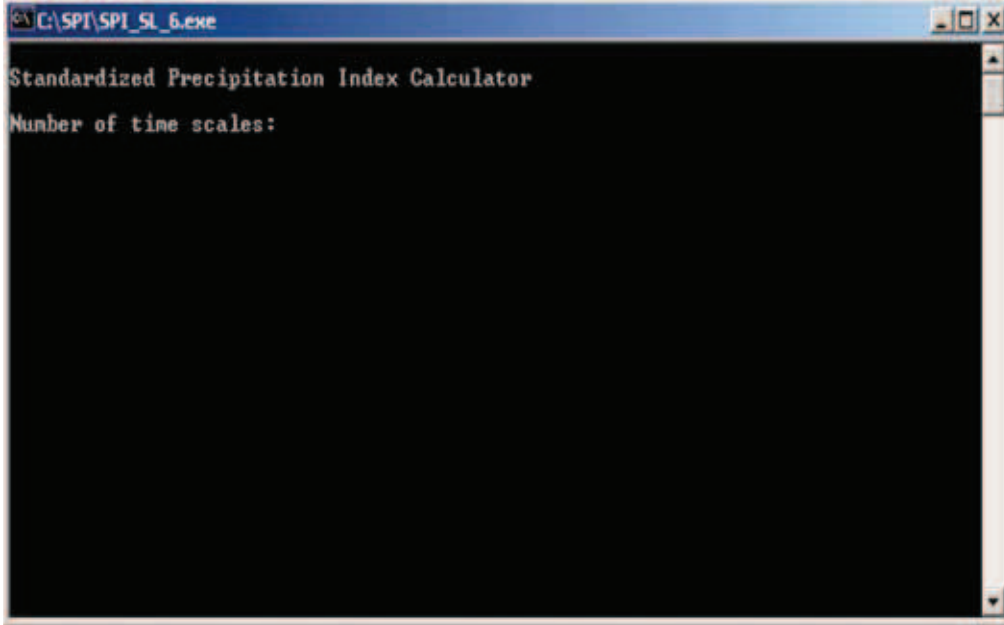
وينبغي لجميع الملفات اتباع هذا الشكل الذي يتضمن ثلاثة أعمدة تبين، على التوالي، السنة والشهر وقيمة الهطول الشهري. وينبغي إدراج عنوان هو عادة اسم المحطة في أعلى ملف المدخلات وإلا فسوف ينتج البرنامج ملف ناتج خاو. وينبغي ألا يشمل مجموع الهطول أرقاما عشرية، كما يمكن أن يُحسب بالبوصات أو المليمترات.

ملاحظة: ينبغي إيلاء اهتمام إلى المسافات بين الأعمدة، والبيانات غير المتوافرة في ملف المدخلات. وإذا كانت قيمة الهطول الشهري غير متاحة بالنسبة لشهر أو أشهر معينة، ينبغي استخدام رقم 99 لقيمة البيانات غير المتاحة. ولا تستخدم ورقة ذات مساحات خالية في عمود الهطول. والصفر هو قيمة صحيحة للأشهر الجافة عادة في المناطق القاحلة أو في الأماكن التي تتسم بفصول مطيرة أو جافة مميزة. والوضع المثالي هو أن يطلب المرء، على الأقل، بيانات شهرية/أسبوعية لمدة 30 عاما لتوفير قدر من الثقة في الإحصاءات، وهو أمر ينطبق على معظم المؤشرات لدى تقييم أي مناخيات خاصة بالجفاف في مكان معين أو منطقة معينة.

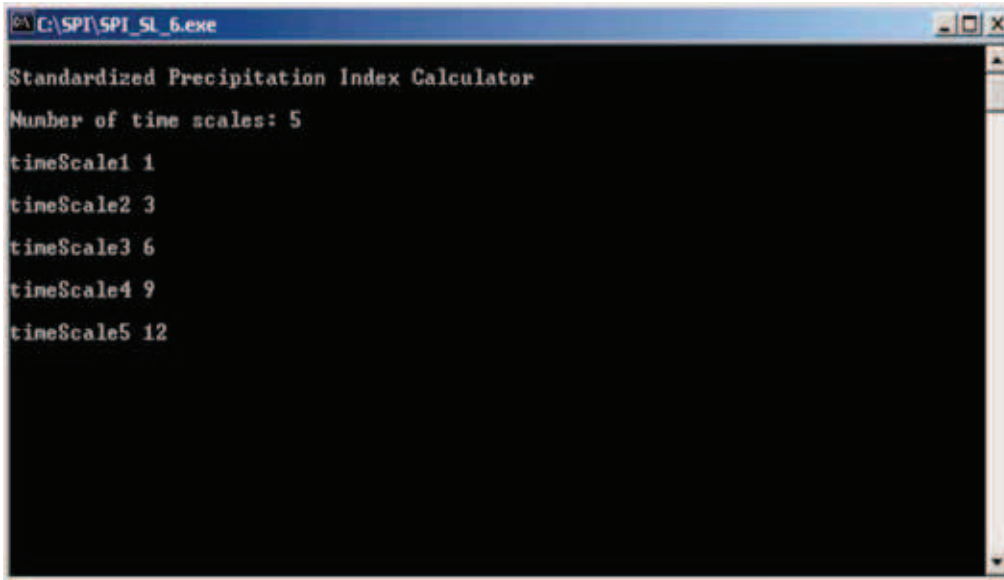
ويمكن إنتاج ملفات المدخلات من برنامج Excel أو أي محرر آخر للنصوص، لكن ينبغي إعادة تسميته مع إضافة .cor قبل تنفيذ البرنامج.

2 – يُرجى النقر على اليمين نقرة واحدة على ملف SPI_SL_6.exe وتخزينه. ثم نفذ (بنقرة مزدوجة) البرنامج، واتباع التعليمات الواردة في النافذة الخاصة بقائمة المعلومات.

3 – اختر عدد الفترات الزمنية للمؤشر المعياري للهطول التي يرجى حسابها:



4 – حدد الفترات الزمنية للمؤشر المعياري للهطول التي يراد حسابها. وفي المثال المقدم أدناه، سيولد المستخدم خمس فترات زمنية أو نوافذ للمؤشر المعياري للهطول تشمل: مؤشرات معيارية للهطول في مدة شهر واحد، و3 أشهر، و6 أشهر، و9 أشهر، و12 شهراً:



5 – أدخل مدخل واسم ملف ناتج. ويوصى باتباع نظام تسمية يعكس تحليلات الموشر المعياري للهطول التي يتعين تنفيذها من أجل أن تكون نتائج كل تحليل مستقلة:

```

Standardized Precipitation Index Calculator
Number of time scales: 5
timeScale1 1
timeScale2 3
timeScale3 6
timeScale4 9
timeScale5 12
Input file: fall.cor
Output file: fall1_12mospi.dat

```

يمكن إعطاء أي اسم لملف النواتج، لكن ينبغي أن يكون له امتداد بـ .dat. ويوضع في حاوية الملفات ذاتها التي يوجد فيها الملف الذي يجري تنفيذه.

ويمكن معالجة النتائج بلوحة ملاحظات Microsoft أو أي نص آخر أو برمجية أخرى لمعالجة الكلمات. وتخزن هذه الملفات باعتبارها ملفات نصوص MS-DOS ASCII. ثم ترسم بيانات النواتج أو تخطط بيانياً أو ترسم في خريطة بأي طريقة.

ويوصف أدناه ملف لعينة ناتج لمدينة Fall City، نبراسكا. وقد أنشئ ملف المدخلات لتحليل الموشرات المعيارية للهطول في مدة شهر واحد و3 أشهر، و6 أشهر و9 أشهر و12 شهراً. وتظهر القيم المقابلة في الأعمدة الثالث والرابع والخامس والسادس والسابع:

Falls City, NE					
1949	1	2.82	-99.00	-99.00	-99.00
1949	2	0.32	-99.00	-99.00	-99.00
1949	3	0.47	1.61	-99.00	-99.00
1949	4	-0.16	0.11	-99.00	-99.00
1949	5	0.21	0.10	-99.00	-99.00
1949	6	2.62	2.18	2.43	-99.00
1949	7	-0.76	1.44	1.20	-99.00
1949	8	0.47	1.35	1.15	-99.00
1949	9	-0.69	-0.57	0.82	1.14
1949	10	0.06	-0.24	0.81	0.72
1949	11	-1.07	-1.30	0.67	0.57
1949	12	0.42	-0.62	-0.82	0.57
1950	1	0.06	-0.91	-0.56	0.62
1950	2	0.37	0.25	-1.00	0.66
1950	3	-0.82	-0.54	-0.96	-0.97
1950	4	-1.16	-1.20	-1.37	-1.01
1950	5	1.02	-0.20	-0.17	-0.93
1950	6	-0.79	-0.41	-0.64	-0.92
1950	7	0.62	0.37	-0.18	-0.40
1950	8	0.87	0.38	0.16	0.19
1950	9	-0.04	0.61	0.25	0.07
1950	10	-0.39	0.22	0.31	-0.05
1950	11	-0.57	-0.90	-0.08	-0.21
1950	12	-1.64	-1.40	0.12	-0.16
1951	1	0.18	-1.24	-0.22	0.06
1951	2	1.37	0.43	-0.62	-0.04
1951	3	1.02	1.18	0.04	0.46
1951	4	1.33	1.66	0.92	0.65

ملاحظة: إن قيمة - 99.00 لا تدل على أي بيانات ناقصة في هذه الحالة، إنما تعكس ببساطة أن المرء لا يمكنه، على سبيل المثال، في العمود الرابع الحصول على قيمة الموشر المعياري للهطول في فترة 3 أشهر إلا إذا كان هناك موشر واحد معياري للهطول في مدة 3 أشهر في الفترة التي يغطيها السجل. وينطبق الشيء ذاته على العمود الأخير عندما لا يرى المرء مؤشراً SPI في فترة 12 شهراً حتى كانون الأول / ديسمبر 1949، أو الشهر الثاني عشر المتاح للحساب. ويصبح هذا هو أول موشر معياري للهطول (SOI) في فترة 12 شهراً يتم إنتاجه.

9_ تخطيط القدرات

تحسب وتخطط بلدان كثيرة بصفة منتظمة الموشر المعياري للهطول وغيره من مؤشرات الجفاف أو معلمات الأرصاد الجوية. ويرد أدناه استعراض عام للنهج التي تستخدم غالباً في رسم خرائط أدلة الجفاف.

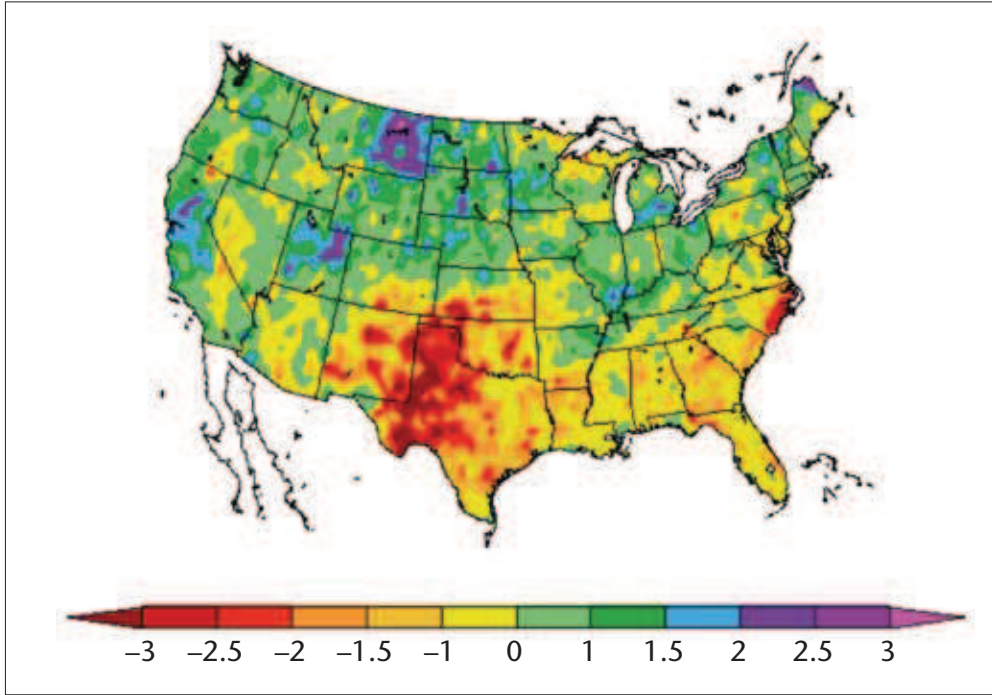
هناك سبل عديدة من مثل الأدلة والمؤشرات المعيارية للجفاف لرسم خرائط متغيرات الأرصاد الجوية، لتخطيط متغيرات الأرصاد الجوية. وينشأ معظم البيانات المتعلقة بالجفاف كنقاط إسناد (تستند إلى محطة أو "موقع محدد"). وهذه البيانات تفيد الأغراض المنشودة منها، بيد أنه غالباً ما يكون إدراج البيانات في شكل خريطة هو أفضل وسيلة لتوصيل رسالة تستند إلى سياق جغرافي، إلى صانع القرار الذي يحاول فهم مدى شدة الجفاف ونطاقه المكاني. ويمكن وضع نقطة الإسناد على خريطة، ويمكن توفير نواتج أو سمات مستمدة من ذلك الموقع للحصول على معلومات إضافية. ويمكن أن يشمل هذا، على سبيل المثال، مخطط سلاسل زمنية للدليل أو الموشر. والقيود الذي يعاني منه هذا المستوى من التفصيل المكاني هو أن المعلومات المتعلقة بما يحدث بين النقاط لا تكون متوافرة.

ويمكن استخدام طائفة متنوعة من التقنيات لإنتاج خريطة مستمرة للجفاف في الأحوال الجوية. وتنتج إحدى هذه التقنيات سطحاً مستوفياً (مستكملاً داخلياً) من القيم المقدرة في أماكن تقع بين مواقع وتستند إلى العلاقات الرياضية للدليل أو الموشر بين نقاط الإسناد الأصلية. وينتج هذا غالباً خريطة تظهر "طبيعية"، لكنها مازال تستند إلى البيانات المتأتمية من نقاط محددة ولا تكون دقيقة إلا بمقدار دقة البيانات الأصلية وتقنية الاستكمال الداخلي. ولا يمكن استخدام نهج استكمال داخلي وحيد في جميع الحالات، وتشمل أكثر هذه التقنيات شيوعاً في الاستخدام، تقنيات Kriging، و Spline، وتقنية التقدير العكسي للمسافة (IDW).

ولكل من تقنيات الاستكمال الداخلي ميزاته وعيوبه. فبعض التقنيات أكثر دقة من بعضها الآخر لكنها تستغرق وقتاً أطول في إنتاج النواتج المنشودة. أما طريقة Kriging التي يعود منشأها إلى التطبيقات الجيولوجية وصناعات التعدين فتفترض أن هناك علاقة بين النقاط ليست عشوائية، وأنها تتغير عبر المساحات. وتستخدم طريقة Spline عندما يكون تخفيض المنحنى الكلي للسطح إلى أدنى حد، كبيراً. ويستخدم التقدير العكسي للمسافة (IDW) عندما تكون نقاط الإسناد متفرقة لكنها كثيفة بما يكفي لتمثيل الاختلافات المحلية. ويحدد وزن البيانات، حسبما ينطوي الاسم على ذلك، لتحديد البيانات الأقرب مكانياً إلى النقطة التي تتم معالجتها.

وتتمثل تقنية أخرى استخدمت في رصد ورسم خرائط الجفاف في الأحوال الجوية في وضع نقاط الإسناد في خلايا شبكية. ويمكن أن يعود منشأ هذه البيانات أيضاً إلى مصادر محمولة جواً أو رادارات، أو مصادر ساتلية. وتظهر نواتج البيانات الشبكية هذه أقل "طبيعية" من النواتج المستكملة داخلياً، لكنها أسهل استخداماً لأغراض المقارنة بسبب الأحجام العامة للخلايا الشبكية. فهذه الخلايا يمكن أن تختلف حجماً من درجات نزولاً إلى متر (أمتار) رهناً بالمصدر وبالتطبيق اللازم. وتتنوع أيضاً في تواترها الزمني، ففترات العودة تتراوح بين فترات يومية (أو عدة مرات في اليوم) إلى أسبوعية أو أطول. وفي الولايات المتحدة، تصبح النواتج الشبكية المتحققة من رصد جفاف الأحوال الجوية أكثر شيوعاً بكثير، بينما في مناطق أخرى، لا سيما في أفريقيا هناك تاريخ طويل لاستخدام المعلومات الشبكية لتحديد الأحوال المتعلقة بالجفاف. وقد استخدم نظام الإنذار المبكر بالمجاعة (FEWS) وشبكات مماثلة، البيانات الشبكية في تحليلاتها. وتوجد أمثلة متعددة للنواتج الشبكية الخاصة بالجفاف في الأحوال الجوية في أستراليا، والصين، والمملكة المتحدة، والولايات المتحدة.

ولإعداد نواتج خريطة شبكية، تجمع نقاط الإسناد في تحليل للخلايا الشبكية يختار لذلك المنتج باستخدام علاقة رياضية. ثم ينشأ سطح مستكمل داخلياً بين الخلايا الشبكية (وليس نقاط الإسناد). وعلى سبيل المثال، يقوم المركز المناخي الإقليمي للسهول العليا، في شراكة مع المركز الوطني للتخفيف من آثار الجفاف برسم خريطة للموشر المعياري للهطول على أساس يومي على نطاق الولاية والنطاق الإقليمي الوطني عبر الولايات المتحدة.



المصدر: المركز المناخي الإقليمي للسهول العليا في الولايات المتحدة.

مثال لمؤشر معياري للهطول في فترة 3 أشهر (1 أيار/ مايو 2011 - 31 تموز/ يوليو 2011)

تنتج خرائط المؤشر المعياري للهطول باستخدام نظام التحليل والعرض الشبكي (GrADS) وتستوفي البيانات المجزأة للمؤشر المعياري للهطول الخاص بالمحطة باستخدام تحليل Cressman الموضوعي ذي مديات التأثير التي تبلغ 10، 7، 4، 2، 1. وتبلغ الاستبانة الشبكية 0.4 درجة. وتنتج الخرائط الكنتورية الشبكية على الصعد الوطني والإقليمي وصعيد الولايات لمنطقة السهول العليا. ويطبق بالنسبة للخرائط الوطنية، إسقاط مجسامي قطبي شمالي (nps). وتستخدم الخرائط الإقليمية وخرائط الولايات، إسقاط خط عرض / خط طول (lat/lon) مع الاحتفاظ بنسبة الطول إلى العرض. ويمكن الإطلاع على هذا السطح والنواتج المتولدة منه على العنوان التالي: <http://www.hprcc.unl.edu/maps/current>.

ويعتمد النجاح في رسم خرائط جفاف الأحوال الجوية على نوعية البيانات. وتحدد نوعية بيانات أدلة ومؤشرات الجفاف عدة عوامل، بما في ذلك توافر البيانات، وتوقيت التسجيل، ونوعية البيانات التاريخية في المحطة، ونقل البيانات قرب الوقت الفعلي، وصيانة شبكة المحطة، والقدرة على قياس الهطول في درجات الحرارة الباردة، لاسيما في الأماكن الشمالية أو الألبية. ويتعلق بعض هذه المسائل بالقدرة على توفير البيانات بطريقة مناسبة التوقيت وهو أمر يمكن أن تكون له أهميته الكبيرة للغاية فيما يتعلق بالجفاف في الأحوال الجوية. وأخيراً، تؤدي كثافة البيانات دوراً ضخماً في الاستبانة المكانية التي يمكن تحقيقها في رسم خرائط الجفاف. ويتمثل أحد أضخم التحديات برسم خرائط الجفاف في الأحوال الجوية في محاولة تحقيق ومواءمة الاستبانة المكانية التي يحتاجها، ويطلبها، صانع القرار، بالمعلومات المتوفرة اليوم. ويرتبط هذا القيد بكثافة بيانات نقاط الإسناد التي قد لا تكون متاحة بالاستبانة المنشودة من جانب صانعي القرار. وبسبب هذا التحدي، فإن الوعد بإمكانية إنتاج نواتج تقوم على الاستشعار عن بعد أمر مشجع للغاية. فبعض نواتج الاستشعار عن بعد يمكن أن توفر بيانات ذات استبانة مكانية في المناطق التي تكون فيها بيانات الإسناد الموقعية ضعيفة نسبياً وغير موثوقة. وقد أدمج معظم النواتج الساتلية بالفعل في خلية شبكية (أو "pixel") على النحو الوارد وصفه آنفاً. وفي الولايات المتحدة، يجري تطوير بعض النواتج حالياً للاستفادة من مزيج من البيانات المستمدة من المحطات والبيانات المستشعرة عن بعد. وتستخدم البيانات المتأتية من المحطات للمساعدة في تدقيق بيانات الاستشعار عن بعد، والخرائط "الهجينة" الناتجة عن ذلك تتسم بدرجة أعلى من الدقة.

وتمثل المسائل الطبوغرافية، لاسيما المسائل المتعلقة بالجبال والتغيرات السريعة في التضاريس الأرضية تحدياً حقيقياً عند رسم خرائط الجفاف في الأحوال الجوية. وهناك سببان لذلك، الأول هو أن كثافة البيانات تنحو نحو الانخفاض في المناطق الجبلية، والثاني هو أن منهجيات الاستكمال الداخلي تستند غالباً إلى ارتباطات، فالعلاقة بين المناطق المجاورة فيما يتعلق باتجاهات الهطول تنحو نحو الانقطاع بصفة خاصة في المناطق التي تتغير فيها التضاريس الأرضية بسرعة، وبدرجة كبيرة. ونتيجة لذلك، فإن الأسطح السلسلة المستكملة داخليا على ناتج خريطة نهائية قد لا يضاهاى على نحو واقعي المتغير الطبيعي، لاسيما الأدلة والمؤشرات المتعلقة بالهطول.

وبسبب جميع التعقيدات المتضمنة في البيانات الخاصة بالجفاف في الأحوال الجوية، وسمات تقنيات رسم الخرائط، من المهم أن يدرج صانع القرار هذه العوامل عند تفسير الخرائط التي تصور شدة الجفاف ونطاقه المكاني.

المراجع

- Edwards, D. C. and T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report 97-2*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Guttman, N.B., 1994: On the sensitivity of sample L moments to sample size. *Journal of Climate*, 7(6):1026–1029.
- Guttman, N.B., 1998: Comparing the Palmer drought index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1):113–121.
- , 1999: Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35(2):311–322.
- McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, California, 17–22 January 1993. Boston, American Meteorological Society, 179–184.
- , 1995: Drought monitoring with multiple timescales. In: *Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology*, Dallas, Texas, 15–20 January 1995. Boston American Meteorological Society, 233–236.
- Vicente-Serrano, S.M., S. Beguería and J.I. López-Moreno, 2010: A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI. *Journal of Climate*, 23(7):1696–1718, doi: 10.1175/2009JCLI2909.1.
- Wilhite, D.A. and M.H. Glantz, 1985: Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10:111–120.
- Wu, H., M.D. Svoboda, M.J. Hayes, D.A. Wilhite and F. Wen, 2007: Appropriate application of the Standardized Precipitation Index in arid locations and dry seasons. *International Journal of Climatology*, 27(1):65–79.

موارد أخرى متاحة على الإنترنت

<http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIProgram.aspx>

<http://drought.mssl.ucl.ac.uk/spi.html>

<http://www.wrcc.dri.edu/spi/spi.html>

<http://ccc.atmos.colostate.edu/standardizedprecipitation.php>

<http://www.wmo.int/drought>

لمزيد من المعلومات يرجى الاتصال بالجهة التالية :

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

Communications and Public Affairs Office

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

E-mail: cpa@wmo.int

Climate and Water Department

Tel.: +41 (0) 22 730 83 05 – Fax: +41 (0) 22 730 80 42

E-mail: agm@wmo.int

www.wmo.int/agm