

# 标准化降水指数用户指南



世界气象组织

天气·气候·水

WMO-No. 1090



# 标准化降水指数用户指南



世界气象组织

天气·气候·水

WMO-No. 1090

2012

编者注

关于WMO的术语库 (METEOTERM)，请参见 [http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm\\_wmo\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_wmo_en.html)。缩略语可参见[http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/themes/acronyms/index_en.html)。

WMO-No. 1090

© 世界气象组织, 2012

WMO 对印刷、电子和任何其他格式的出版物，以及用各种语言出版的出版物拥有版权。短幅选摘 WMO 出版物无须授权，但须清晰完整地注明出处。涉及编辑及要求出版、重印或翻译本出版物全文或部分者须联系：

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](mailto:publications@wmo.int)

ISBN 978-92-63-51090-7

注：

WMO 出版物中所用的称号和本出版物中的材料表示方式并不代表 WMO 秘书处对各国、领土、城市或地区、或其当局的法律地位、或对其边界划分的观点立场。

提及的具体商家或产品与未予提及或未刊登广告的同类相比并不表示前者得到了 WMO 的赞同或推荐。

WMO出版物中表达的署名作者的发现、解释和结论仅代表作者的发现、解释和结论，并不一定反映WMO或WMO会员的发现、解释和结论。

# 目录

前言 . . . . .	页码
1. 背景 . . . . .	3
2. 标准化降水指数简介 . . . . .	3
3. 标准化降水指数描述 . . . . .	3
4. 优点和缺点 . . . . .	5
5. 解读: 空间和时间灵活性的说明 . . . . .	6
5.1 短期与长期的标准化降水指数值 . . . . .	6
5.1.1 为期1个月的SPI. . . . .	6
5.1.2 为期3个月的SPI. . . . .	7
5.1.3 为期6个月的SPI . . . . .	7
5.1.4 为期9个月的SPI . . . . .	7
5.1.5 为期12个月至24个月的SPI . . . . .	8
6. 计算方法 . . . . .	8
6.1 SPI方法 . . . . .	8
6.2 工作原理. . . . .	8
7. 如何获取程序 . . . . .	8
8. 如何在WINDOWS上运行程序. . . . .	9
9. 测绘能力 . . . . .	12
参考文献. . . . .	13
其它在线资源. . . . .	14



# 标准化降水指数用户指南

## 前言

多年来,人们对某一特定气候条件下应该使用何种干旱指数、将其应用于何种目的等这类问题一直争论不休。人们也制定了许多干旱的定义和指数,并尝试为这类问题提供一些指导。

2009年12月8日至11日在美国内布拉斯加-林肯大学专门为此举办了一次“跨区域干旱指数和早期预警系统研讨会”。该研讨会由内布拉斯加大学自然资源学院(SNR)、美国国家干旱减灾中心(NDMC)、世界气象组织(WMO)、美国国家海洋和大气管理局(NOAA)、美国农业部(USDA)和联合国防治荒漠化公约(UNCCD)共同主办。来自全球22个国家的54名代表出席了本次研讨会。与会代表评审了目前在世界不同地区使用的、用于解释气象、农业和水文干旱的各类干旱指数,评估了关于干旱影响信息的收集能力,回顾了当前和新兴的干旱监测技术,讨论了制定共识性标准指数的需求,以使用该指数描述不同类型的干旱。

与会专家认真研讨并批准了《关于干旱指数的林肯宣言》。宣言建议世界各地的所有国家气象水文部门(NMHS)除了使用现有服务中的其他干旱指数外,应使用标准化降水指数(SPI)来描述气象干旱特征。林肯宣言还建议编制一份SPI用户综合手册。2011年6月,第十六次世界气象大会通过了一项决议,批准了这两项建议。大会还要求使用联合国所有正式语言出版和分发SPI手册。

完整版的《关于干旱指数的林肯宣言》请见WMO网站[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln\\_Declaration\\_DroughtIndices.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln_Declaration_DroughtIndices.pdf)。

世界气象组织诚挚感谢内布拉斯加大学国家干旱减灾中心(NDMC)的Mark Svoboda、Michael Hayes和Deborah A. Wood编写了本标准化降水指数用户指南。我们希望这将有助于各国和各机构了解如何计算和使用SPI,以便进一步发展或提升自身的干旱监测和早期预警能力。

若对本指南的内容有任何疑问或意见,包括任何改进的建议,请发送电子邮件至WMO农业气象处 [agm@wmo.int](mailto:agm@wmo.int)。





## 1. 背景

干旱是一种悄然发生的自然灾害，它是由于降水量低于正常值而造成的。当这种现象维持超过一个季节或更长时间，降水量就不足以满足人类活动和环境的要求。必须将干旱看作是一个相对的、而不是绝对的状况。世界上有很多监测干旱的方法。干旱从范围上呈区域性特征，每个地区都有特定的气候特征。发生在北美大平原的干旱与那些发生在巴西东北部、南部非洲、西欧、澳大利亚东部、或中国华北平原的干旱是不同的。上述地区中每个地区之间在降水量、降水季节性和降水形式上的差异很大。

在描述干旱特征时温度、风速和相对湿度也是须考虑的重要因素。同时，干旱监测需要明确的应用对象，因为干旱在各行业间的影响有所不同。干旱对不同的用户有不同的含义，这些用户可能是水管理者、农业生产者、水力发电厂经营者、以及野生动物生物学工作者。即使在行业内部对干旱也有诸多不同的观点，因为影响可能明显不同。通常以气象、农业和水文为类别将干旱进行分类，但各类之间的强度、持续时间和空间分布有所不同。

## 2. 标准化降水指数简介

多年来，世界各地的气象工作者和气候工作者开发和利用了许多干旱指数。其中包括从简单指标（例如，占正常降水量的百分比和降水百分位数）到更复杂的指数（例如，帕尔默 (Palmer) 干旱指数）。然而，美国科学家认识到需要一个计算简便、在统计上相关且有意义的指数。此外，人们对降水赤字给地下水、水库蓄水、土壤湿度、积雪和径流产生的影响有不同的理解，这促使美国科学家McKee、Doesken和Kleist于1993年开发了标准化降水指数 (SPI)。

SPI (McKee等人, 1993, 1995) 是一种功能强大的、应用灵活、计算简单的指数。事实上，降水量是唯一必需输入的参数。此外，它对湿润期/周期的分析与干旱期/周期的分析同样有效。该程序可以在Windows和UNIX环境中运行。本SPI用户指南介绍了Windows版本的程序。

理想情况下，至少需要20-30年的月度值，最佳和首选是50-60年（或者更长）(Guttman, 1994)。即或缺失资料也可以运行该程序，但是这会影响到结果的可靠性，这取决于记录长度中所缺失资料的分布状况。关于使用方法的更多信息可见第6节 - “计算方法”。

气候工作者希望看到完整的序列资料集，这意味着无丢失资料。然而，更可能出现的情况是仅能获得该资料集90%或者甚至85%的完整记录。在现实中，很多用户不敢有这样的奢求，可能要退而求其次（完整的75-85%），除非他们可依靠估算技术填补记录的空白。当然，在许多情况下获得长序列原始资料的记录既不现实也不典型，这样的用户在处理不同位置较短记录时需要知道对极端事件统计的局限性。最后，用户必须就缺失资料的容忍度做出一个主观决定，他们在多大程度上愿意将缺失资料的情况纳入SPI的计算和分析。根据计算的信度和方法，利用估计的资料是可以接受的。自然，估计的资料越少，使用效果越好。

## 3. 标准化降水指数描述

**概述:** SPI是基于任何时间尺度的降水概率。然后将观测获得的降水概率转化为一个指数。超过70个国家已将该指数用于研究或业务模式。

**指数的用户:** 许多抗旱规划机构很欣赏SPI的多功能性。世界各地的各种研究机构、大学和国家气象和水文部门也将其作为干旱监测和预警工作的一部分予以应用。

**优点:** 降水是唯一的输入参数。该SPI可以针对不同时间尺度进行计算, 提供干旱早期预警, 帮助评估干旱的严重程度。它比帕尔默干旱严重指数等众多指标更简单。

**缺点:** 它只能量化降水赤字; 基于初始数据获得的值可能会改变, 而且随着记录时间的延伸一些值会变化。

**开发人:** 科罗拉多州立大学的McKee、Doesken和Kleist, 1993年。

SPI的目的是要量化多时间尺度的降水赤字。这些时间尺度可反映出干旱对不同水资源可用性的影响。土壤水分条件所对应的降水异常属相对较短的时间尺度。地下水、河川径流和水库蓄水可反映较长期的降水异常。由于这些原因, McKee等人(1993)最初计算的SPI为3 -、6 -、12 -、24 - 和48个月的时间尺度。

任何位置的SPI计算是基于理想周期的长期降水记录。此长期记录被分配到一个概率分布, 然后将其转化为正态分布, 以使该位置和理想周期的平均SPI为零(Edwards和McKee, 1997)。SPI为正值, 则表示大于降水量中值, 负值表示低于降水量中值。由于SPI是正态的, 湿润和干燥的气候条件下可以以相同的方式来表示; 因此, 同样可以使用SPI来监视湿润期。

McKee等人(1993年)使用分类系统(见下文SPI价值表(表1)), 来定义根据SPI导出的干旱强度。他们还定义了任何时间尺度干旱事件的标准。有干旱事件发生的任何时间, SPI持续为负值, 达到-1.0或更低的强度。当SPI变为正值时, 该事件结束。因此, 每次干旱事件的持续时间都由其开始和结束时间所确定, 其强度由该事件每个月的持续强度所决定。在干旱发生的所有月份, SPI正值的综合可以被称为干旱的“幅度”。

表 1. SPI 值

2.0+	极其湿润
1.5至1.99	非常湿润
1.0至1.49	中度湿润
-.99至.99	接近正常
-1.0至-1.49	中等干燥
-1.5至 -1.99	严重干燥
-2 及更小值	极其干燥

基于美国科罗拉多州各台站的分析资料, McKee确定出SPI表明24%的时间为轻度干旱, 9.2%的时间为中度干旱, 4.4%的时间为严重干旱, 而2.3%的时间为极端干旱(McKee等人, 1993年)。因为SPI是标准化的, 这些百分比是根据SPI正态分布的预期而得。在“极端干旱”的范畴之内2.3%的SPI值通常预期会出现“极端”事件。相比之下, 在美国中部大平原大部分地区超过10%的时间为Palmer干旱强度指数达到“极端”范畴。这种标准化可让SPI确定当前干旱的稀有性(表2)以及确定结束干旱所必需的降水概率(McKee等人, 1993年)。当评估给定的干旱事件是稀少还是频繁时, 还可让用户可以放心地比较不同气候和地理位置之间的过去干旱和当前干旱。

表 2 . 反复发生的概率

SPI	Category	Number of times in 100 years	Severity of event
0 to -0.99	Mild dryness	33	1 in 3 yrs.
-1.00 to -1.49	Moderate dryness	10	1 in 10 yrs.
-1.5 to -1.99	Severe dryness	5	1 in 20 yrs.
< -2.0	Extreme dryness	2.5	1 in 50 yrs.

**一些关键点:**

- 由于SPI是归一化的,可以用相同的方式来表示更为湿润和更为干燥的气候状态;因此,也可以使用SPI监测湿润时期。然而,必须强调的是,SPI不适用于气候变化的分析,因为温度不是一个输入参数。
- SPI旨在量化多时间尺度上的缺少降水的情况。
- 这些时间尺度可反映干旱对不同水资源可用性的影响,这是SPI创建者的初衷。
- 土壤水分条件对应的是相对较短时间尺度上的降水距平。地下水、河川径流和水库蓄水可反映长期降水距平。因此,举例来说,气象干旱可以查看1个月或2个月的SPI,农业干旱可以查看1个月到6个月的SPI,水文干旱分析和应用可以查看6个月到24个月或更长时间尺度的SPI。

**4. 优点和缺点**

SPI的优点和缺点可以归纳为:

**优点:**

- 灵活: 可通过多个时间尺度进行计算
- 短时间尺度的SPI (例如, 1、2或3个月的SPI) 可提供干旱的早期预警并有助于评估干旱严重性
- 空间一致性: 可在不同气候条件下进行不同地点之间的比对
- 概率性本质赋予它历史背景, 这正好非常适用于决策。

**缺点:**

- 仅基于降水

- 无土壤水分平衡分量, 因此无法计算蒸散量/潜在蒸散量 (ET/PET) 之比。
- 由Vicente-Serrano等人(2010年)提出的一个新变量指数试图解决PET问题, 是通过在计算其新指数(称为标准化降水和蒸散量指数(SPEI))时增加温度分量。运行程序所需输入的资料是降水、平均温度和台站的纬度。关于SPEI的更多信息可查询: <http://sac.csic.es/spei/index.html>。

## 5. 解读: 空间和时间灵活性的说明

没有一个统一的干旱定义(Wilhite和Glantz, 1985年)。我们一般可以将干旱分为气象干旱、农业干旱、水文干旱和社会经济干旱。干旱是一种非常复杂的灾害, 难以定义和检测。它涉及多个部门和时间尺度。正如干旱没有统一的定义一样, 也没有统一的指数可满足所有应用的需求。

尽管如此, SPI的真正优势是可通过多个时间尺度进行计算的能力, 这就使得它可以处理以上描述的多种干旱类型。在多个时间尺度上计算SPI的能力可使评估与供水有关的降水条件具有时间上的灵活性。

如前文所述, SPI的目的是量化多时间尺度上的缺少降水的情况, 或者是移动平均时间窗。这些时间尺度可反映干旱对不同决策者所需不同水资源的影响。气象和土壤水分条件(农业)对应的是相对较短时间尺度(例如: 1-6个月)的降水距平, 而径流、水库和地下水对应的是6个月至24个月或更长时间尺度的长期降水距平。因此, 举例来说, 气象干旱可以查看1个月或2个月的SPI, 农业干旱可以查看1个月到6个月的SPI, 水文干旱分析和应用可以查看6个月到24个月或更长时间尺度的SPI。

可计算1个月至72个月的SPI。从统计角度来看, 1-24个月是最佳的实际应用范围(Guttman, 1994年, 1999年)。截止24个月的范围是根据Guttman使用50-60年可用资料提出的建议而确定的。

除非有80-100年的资料, 否则样本量太少, 超过24个月关于两端(干湿两种极端事件)概率预估的统计信度会变弱。此外, 如果仅有最少30年的资料(或更少)就会缩小样本的规模并削弱信心。从技术上讲, 需要指出的是可以使用少于30年的资料计算SPI, 但是具有上述指出的统计局限性和较低的信度。

### 5.1 短期与长期的标准化降水指数值

#### 5.1.1 为期1个月的SPI

1个月的SPI图谱非常类似于展示30天期正常降水百分比的图谱。事实上, 衍生的SPI能更为精确地表示月降水情况, 因为对其分布进行了归一化。例如, 使用到11月底的一个月的SPI可将该特定年份11月的降水总量与有记录以来所有年份11月的降水总量进行对比。因为一个月的SPI反映的是短期条件, 其应用可与气象类型的干旱、以及短期土壤水分与作物压力密切相关, 特别是在生长季。1个月的SPI可能接近于作物水分指数表示的条件, 是Palmer干旱指数系列指数的一部分。

除非了解气候学, 否则使用1个月的SPI可能会产生误导。在一些通常月降雨量较少的区域, 即使平均值偏差相对较小, 也会造成较大的SPI正值或负值。当某些区域一个月的正常降水量较少时, 降水量小于正常值, 1个月的SPI也会产生误导。与正常降水图谱的百分比一样, 1个月SPI图表中也包含了有用的信息, 但是当分析这类图谱时必须谨慎进行。

注解：从理论上讲，可按次月计算SPI，但在实践中不予推荐。我们强烈推荐用户查看4个星期的最小平均时间窗。可以计算1个星期的SPI，但实际情况是可能会遇到很多旱日事件（即使在非干旱气候也会出现0.00降雨），这就使得SPI不稳定（Wu等人，2006年），因此这种方法也不予推荐。然而，对于1个月至24个月的时间框架，每天或每周更新SPI是可接受的。“移动时间窗”的方法不会影响该程序，因为当它移动时每天查看的仍然是最少4个星期的资料。I

### 5.1.2 为期3个月的SPI

3个月的SPI可将特定3个月的降水与历史记录中所有年份同一时期的3个月降水总量进行比较。换言之，二月底的3个月SPI可对该特定年份的12月-1月-2月降水总量与该地区记录中所有年份的12月至2月的降水总量进行比较。每年都有资料增加进来，另一年的资料则添加到历史记录的周期中，因此可再次使用所有年份的数值。由于当前年可在历史和统计上与观测记录中以往所有年份进行比较，因而上述数值将会随之变化。

3个月的SPI可反映短期和中期的水分条件，并可提供季节降水估算。在主要农业地区，3个月的SPI在强调现有水分条件方面比响应迟缓的帕尔默指数或其他目前可用的水文指数更为有效。美国玉米产区8月底的3个月SPI可掌握玉米和大豆重要生长期和初期灌浆阶段的降水趋势。同时，随着生长季节的开始，5月底的3个月SPI可说明土壤的水分条件。

重要的是要将3个月SPI与更长时间尺度进行比较。在更长期干旱的中期可出现相对正常甚至3个月的湿润期，这只在长时间周期才会出现。关注更长时间尺度可有助于在出现暂时湿润期时避免错误地认为干旱会结束。连续和持久的干旱监测对于确定干旱的起始和结束时间至关重要。这有助于避免在干旱发生和结束时发出“错误的警报”。为确保实现这一目的，可设定一系列“临界值”，并将其与干旱计划内的各项行动挂钩。

与1个月的SPI一样，在任何给定的3个月周期通常都是干燥的地区，3个月的SPI也会产生误导。巨大的SPI负值或正值也许与距平差异不大的降水总量有关。加利福尼亚和北非以及南欧的地中海气候可以解释这一警示，这些地区每年不同时期的降雨或预期降雨极少。因为这些时期的特点是降雨少，相应的历史总量也将很小，与平均值相对小的偏差会导致巨大的SPI负值或正值。相反，这个时间周期可以成为世界各地某些季风区的良好指标。

### 5.1.3 为期6个月的SPI

6个月的SPI可将该时期的降水与历史记录中同一时期的6个月进行比较。例如，9月底的6个月SPI可将4月至9月的降水总量与相同时期所有过去的总量进行比较。

6个月的SPI可表示季节至中期降水趋势，而且仍可被认为其对该尺度下各种条件的敏感性大于帕尔默指数。6个月的SPI可极为有效地表示不同季节的降水。例如，3月底的6个月SPI可极好地表明从10月至3月这一极重要的湿季时期地中海某些局地的降水量。6个月的SPI信息也开始涉及异常流量和水库水位，这取决于地区和每年的时间。

### 5.1.4 为期9个月的SPI

9个月的SPI可表明中期时间尺度跨季节降水模式。干旱通常是一个季节以上才会形成。SPI值在这些时间尺度下低于-1.5通常充分表明干旱正在对农业产生显著影响，同时还会影响到其他行业。有些地区或许会发现帕尔默指数地图显示的分布形势与9个月的SPI地图密切相关。对于其他地区，帕尔默指数与12个月的SPI有密切关系。这个时间周期开始使短期季节干旱跨越到实质上变为水文或多年的长期干旱。

### 5.1.5 为期12个月至24个月的SPI

这些时间尺度的SPI可反映出长期降水模式。12个月的SPI是将连续12个月降水与以往所有年份资料中记录的相同连续12个月降水进行比较。因为这些时间尺度是较短期的累积结果，或许会高于或低于正常值，因此更长期的SPI往往会趋于零，除非出现显著的潮湿或干燥趋势。这些时间尺度的SPI通常与流量、水库水位、甚至是较长期地下水水位有关联。在有些地方，12个月的SPI与帕尔默指数关系最为密切，这两个指数可反映出类似的条件。

## 6. 计算方法

SPI的确定是根据McKee等（1993, 1995）、Edwards和McKee（1997）和Guttman（1998）所述的将某个给定台站的降水量进行概率密度函数拟合后的归一化处理。SPI计算程序的完整描述可参见McKee等（1993, 1995）和Edwards和McKee（1997）。摘自Edwards（1997）的基本原理描述如下。

### 6.1 SPI方法

- 任何地点的SPI计算都是依据理想时期的长期降水记录。这种长期记录可进行概率分布拟合，而后转化为正态分布，因此该地点和理想时期的平均SPI为零（Edwards和McKee, 1997）。
- 正SPI值表示大于中值降水量，负值表示小于中值降水量。
- 根据SPI，当SPI值小于等于-1.0时，干旱发生，SPI值为正值时干旱结束。

### 6.2 工作原理

- 使用概率分布函数将降水量归一化，以使SPI值实际上被视为中间值的标准离差。
- 归一化分布可以估算干燥期和湿润期。
- 累积值可用于分析干旱严重程度（强度）。
- 至少需要连续30年的每月降水资料，但最好是长期记录。
- 小于1个月或大于24个月的SPI时间尺度区间或许都不可靠。
- 空间尺度在其释用中是不变的。
- 其概率特性（观测到的降水概率转化为指数）使之非常适合于风险管理和启动决策。

## 7. 如何获取程序

该程序可在Windows/PC下使用，并可免费下载。

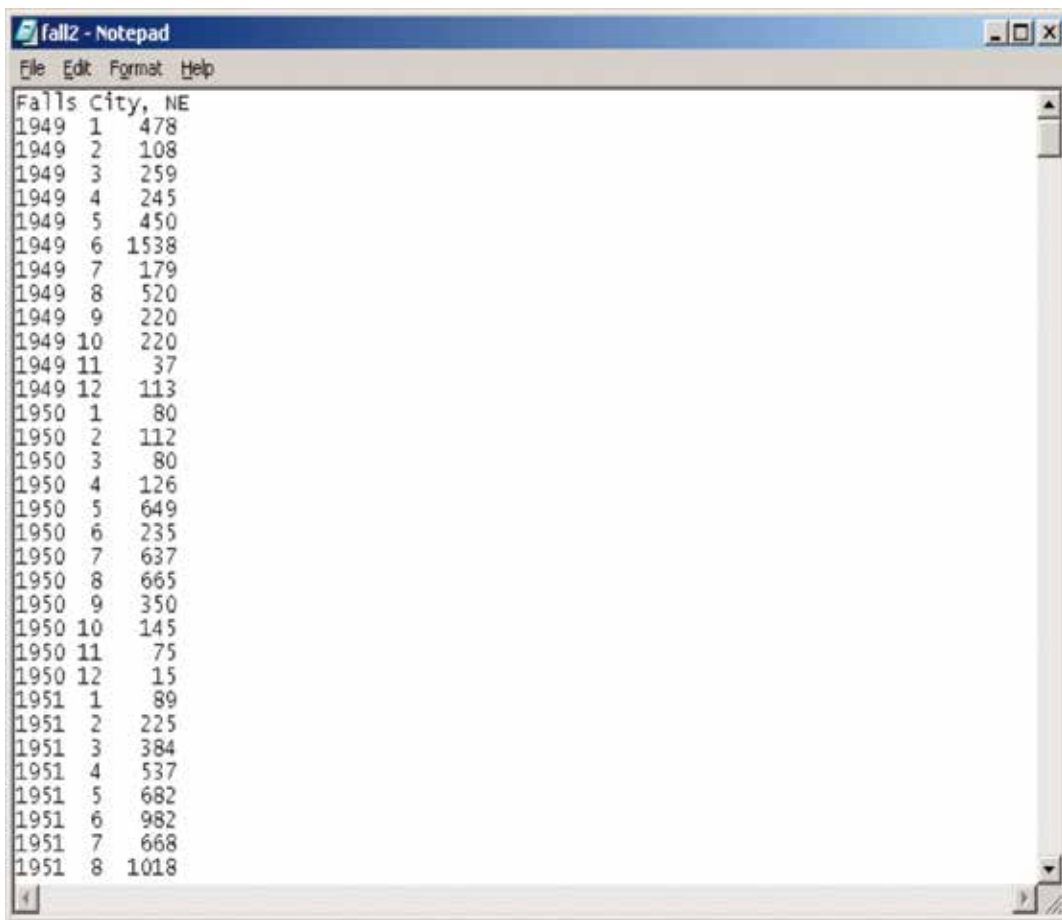
最新SPI程序（SPI\_SL\_6.exe）、下文所述的示例文件以及Windows/PC下的使用说明可登录<http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIProgram.aspx>。

该程序可在同一时间计算任何给定地方的6个SPI时间窗。该程序以PC的C++语言汇编，且所有数据库均涵盖在内。

## 8. 如何在WINDOWS上运行程序

在Windows上运行该程序仅需按如下步骤操作：

1. 建立输入文件，以内布拉斯加福尔斯城降水资料为例：



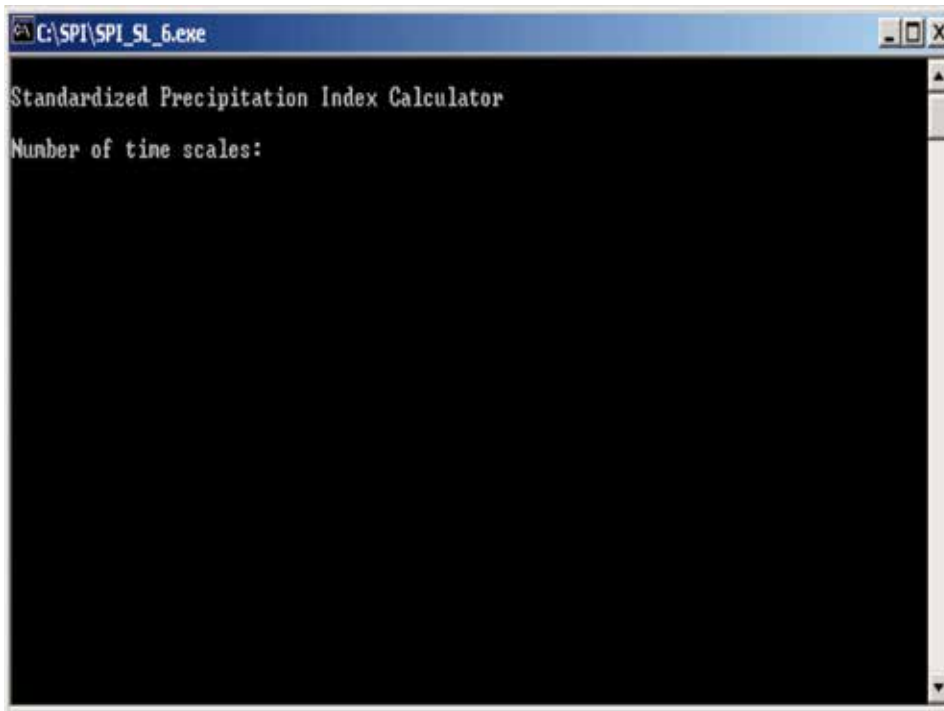
所有输入文件必须按照此格式，分为三栏，分别表示年份、月份和每月降水值。输入文件的最上端必须有报头，通常为台站名，否则程序将制作出空白输出文件。降水总量必须省略小数，并以英寸或毫米为单位。

注：要注意输入文件中竖栏的间隔和缺失资料。如果缺失某一特定月份或数月降水数值，缺失的资料值必须使用-99。降水量一栏不能留有空白。对于干旱地区的典型干燥月份或有明显湿润或干燥季节的地区，零是一个有效值。为了使统计数据具备一定可信度，最好是要有至少30年的每月/每周资料，但在评估某个特定地点或地区的任何干旱气候时，多数指数都会需要此类可信度。

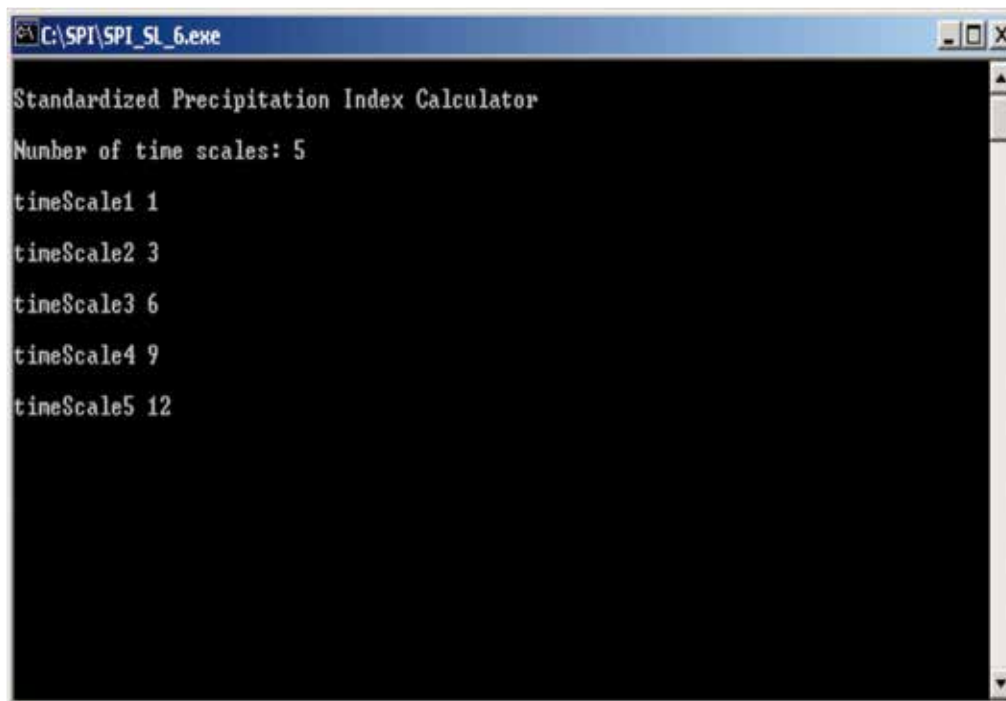
输入文件可用Excel或任何文本编辑软件生成，但必须在执行程序前重命名，加上.cor扩展名。

2. 右键点击SPI\_SL-6.exe文件并保存。然后执行（双击）程序，并按弹出窗的说明操作。

3. 选择要计算的SPI时间尺度的数量:

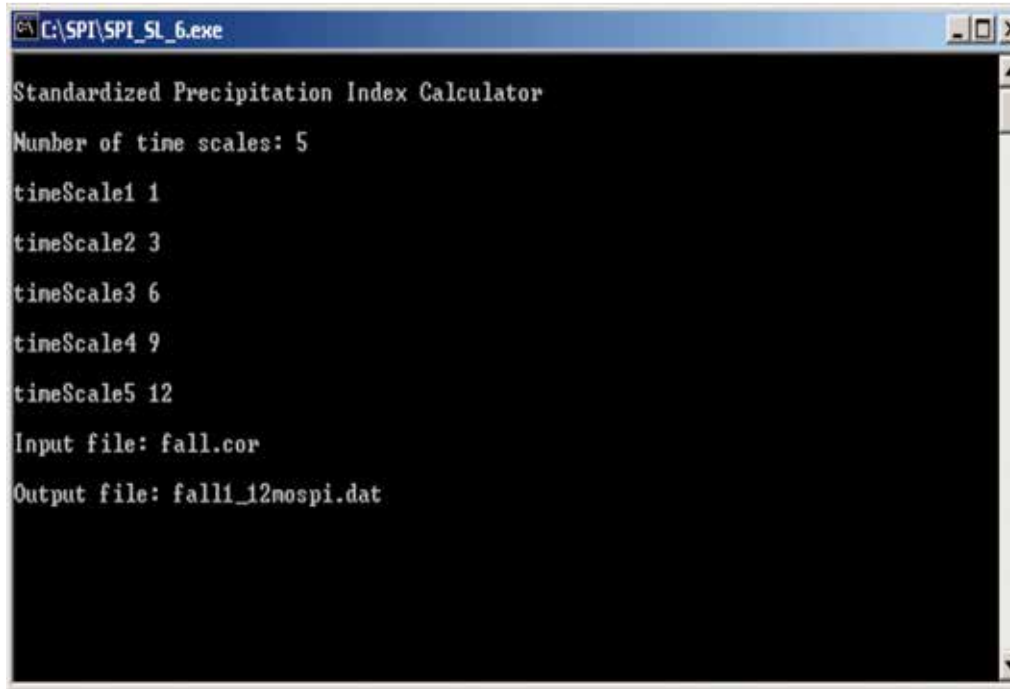


4. 选择要计算的具体SPI时间尺度。在下面的示例中, 用户将生成五种SPI时间尺度或窗口: 1个月、3个月、6个月、9个月、12个月的SPI:





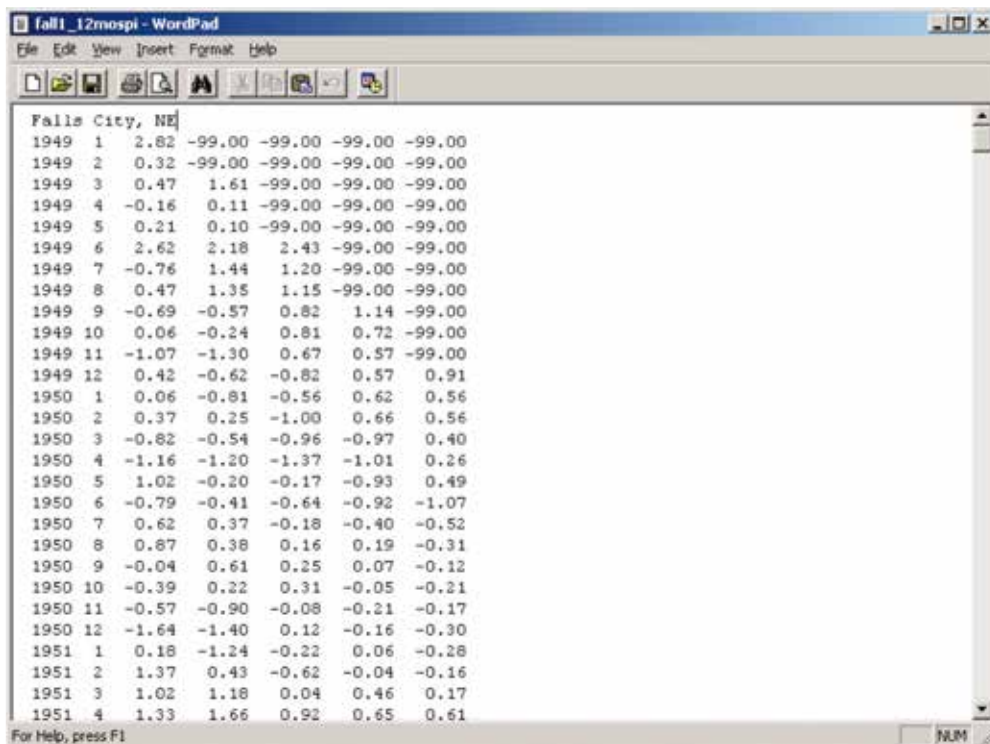
5. 输入一个输入和输出文件名。建议采用可反映待执行SPI分析的命名系统，以便区分每个分析的结果：



输出文件可以起任何名称，但必须有一个.dat扩展名。输出文件将位于可执行文件所在的同一文件夹。

结果可用Microsoft Notepad或任何其它文本或字处理软件处理。这些文件保存为MS\_DOS ASCII文本文件。输入资料可以任何方式标绘、插图或绘制。

内布拉斯加福尔城的样本输出文件见以下图片。已创建了输入文件，以分析1个月、3个月、6个月、9个月、12个月的SPI。相应的值位于第3、4、5、6、7行中。



注：-99.00这个值并不是指此处缺乏资料，而只是指：例如在第4行中，直到3个月加入这段记录期后才能有一个3个月的SPI值。同样，在最后一行中，到1949年12月、或可用于计算的第12个月之后才能看到一个12个月的SPI值。这是生成的第一个12个月的SPI。

## 9. 测绘能力

许多国家都定期计算和测绘SPI和其他干旱指数或气象参数。以下概述了测绘干旱指标时经常使用的方法。

有许多方法可以测绘气象变量，如标准干旱指数和指标。大多与干旱相关的资料原本为点（“基于站点的”或“某一地点的”）资料。虽然这些资料可以达到目的，但地图格式的资料能最好地向决策者传达基于地理背景的信息，使其理解干旱的严重程度和空间范围。可以将点资料置于地图上，也可提供该地点的衍生产品或特征作为附加信息，例如可包括指标或指数的时间序列图等。该水平空间细节的局限性是没有关于两点之间状况的信息。

许多技术都可被用于生成气象干旱的连续地图。其中一种这样的技术能够基于原始点资料指标和指数间的数学关系在两点之间的位置上生成估值的内插表面。这种方法通常会生成一种看似“自然”的地图，但仍然是基于具体点的资料，且其精度仅相当于原始资料和内插技术。没有哪种方法可以应用于所有情况，最常用的内插技术包括Kriging、Spline和距离反比权重法（IDW）。

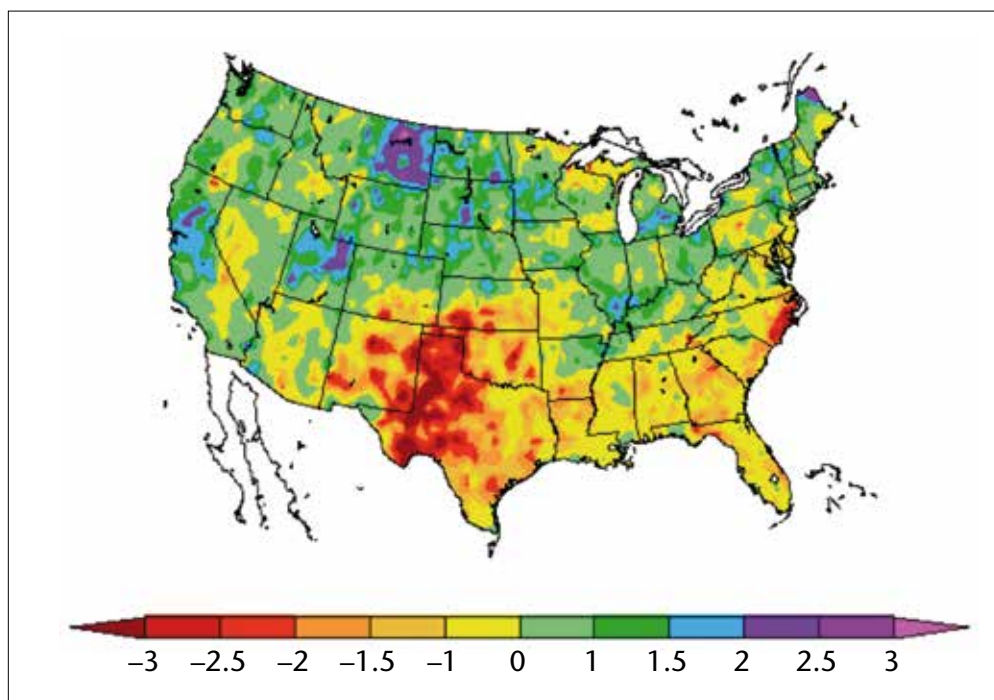
每种内插技术都有其优缺点。一些技术比其他技术更精确，但生成所需产品的时间也更长。Kriging方法源于地质应用和采矿业，该方法认为两点之间有一种非任意的关系，而且这种关系随空间而变化。当表面总曲率最小化很重要时可以使用Spline法。当资料点分散但其密度足以代表局地变率时使用距离反比权重法（IDW），正如这种方法的名称所表示的，该方法会对资料加权，使距离近的资料更接近正在处理的点。

另一种已经用于气象干旱监测和测绘的技术是将点资料测绘入网格单元中。这些资料也可以源自空基、雷达和卫星来源。这些网格资料产品看起来没有内插产品“自然”，但由于通用网格单元的尺寸，这些产品更易于比较目的。由于来源和所需的应用不同，这些单元的尺寸可能不一，有的为度，有的为米。其时间频率也可能不同，返回期有的为每日（或一日多次），有的为每周或更长。在美国，监测气象干旱的网格产品越来越常用，而在其它区域，特别是在非洲，已有很长的使用网格信息监测确定干旱状况的历史。饥荒预警系统（FEWS）和类似的网络已经在其分析中使用了网格资料。澳大利亚、中国、英国和美国有很多网格化气象干旱产品的例子。

要制作一个网格地图产品，就要使用数学关系将点资料合计成为该产品选择的网格单元分辨率。然后在网格单元间建立内插表面（不是点资料）。例如，美国高平原区域气候中心正在与国家抗旱中心合作在整个美国测绘州、区域和全国尺度的日标准化降水指数。

SPI地图通过使用网格分析和显示系统生成（GrADS）。分散站的SPI资料通过使用影响半径为10、7、4、2、1的Cressman客观分析进行插值。网格分辨率为0.4度。国家、区域和州层面会生成高平原区域的网格化等高线地图。在国家地图中使用的是北极球面（NPS）投影。区域和国家地图使用纬度/经度（lat/lon），投影纵横比保持不变。界面和由此产生的产品请见：<http://www.hprcc.unl.edu/maps/current/>。

气象干旱的成功测绘依赖于资料的质量。干旱指标和指数资料的质量是由几个因素决定的，其中包括资料的可用性、记录的及时性、站点历史资料的质量、资料近实时的传输、站网的维护以及在低温下，特别是在北方或高寒地区测量降水的能力。其中一些问题涉及及时提供资料的能力，这一点对于气象干旱非常重要。最后，资料密度在干旱测绘可实现的空间分辨率中起着巨大的作用。



3个月的SPI示例 (2011年5月1日-2011年7月31日)

测绘气象干旱时面临的巨大挑战之一是尝试使决策者需要和要求的空间分辨率与当今可用的信息匹配。这种限制与点资料的密度相关，而这在决策者期望的分辨率上可能不可用。正是因为这种挑战，潜在的基于遥感的产品具有很大的前景。一些遥感产品可以在现场点资料相对稀少和不可靠的区域提供资料。大多数卫星产品已经纳入到如上所述的网格单元（或“像素”）中。美国正在开发一些结合使用台站资料和遥感资料的产品。台站资料可用来帮助完善遥感资料，并使得到的“混合型”地图具有更高的精度水平。

地形的问题，特别是与山地和快速地形变化相关的地形问题，是测绘气象干旱的极大挑战。这有两个原因。首先，山区的资料密度往往更低。其次，插值方法通常基于相关性，但在降雨方面在地形迅速和显著变化的地区，邻近区域的关系尤其不具有连续性。因此，成品图上的平滑内插表面可能不符合自然变化，尤其是与降水相关的指标和指数。

因为气象干旱资料和测绘技术特点具有很多复杂性，决策者在解读干旱严重程度和空间范围的地图时要了解这些因素，这一点非常重要。

## 参考文献

- 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.

### 其它在线资源

<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>



欲了解更多信息请联系:

## 世界气象组织

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

### 宣传及公共事务办公室

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

E-mail: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int)

### 气候和水司

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

E-mail: [agm@wmo.int](mailto:agm@wmo.int)

[www.wmo.int/agm](http://www.wmo.int/agm)