

区域动态气象干旱强度指数及其应用

王学锋

(云南省气候中心, 昆明 650034)

摘要 基于综合气象干旱指数的基本原理, 以气象干旱等级为基础构建区域动态气象干旱强度指数, 并就其在监测评估业务上的应用进行分析研究。结果表明: 区域动态气象干旱强度指数实现了对干旱强度的实时动态监测和评价, 充分考虑了干旱的累积效应, 不以人为划定时段来评价干旱强度, 具有动态性、连续性和客观性的特点, 可广泛应用于区域干旱的实时监测、灾害预警、过程评价、历史排位判断、重现期分析等业务。通过对 2009/2010 年云南秋冬春特大干旱中的应用检验, 效果优于气象干旱指数。

关键词 干旱 动态监测 指数

引言

干旱是对人类社会影响最严重的气象灾害之一, 它具有出现频率高、持续时间长、波及范围广的特点。气象干旱是指某时段由于蒸发量和降水量的收支不平衡, 水分支出大于水分收入而造成水分短缺现象。干旱与降水量的多少关系密切, 但干旱的发生不在于平均降水量的多少, 主要决定于降水量的稳定程度及强度^[1]。

长期以来, 国内外学者对于干旱的监测评估指标和方法进行了大量的研究, 取得了许多成果。如鞠笑生等^[2]详细地比较了降水距平百分率、湿度指标、Z 指数 3 种旱涝指标的优缺点。魏凤英^[3]利用月降水量与蒸发量之差的 Z 指数表征干旱强度, 较好地表征了华北地区干旱强度状况; 车少静等^[4]基于标准化降水指数对石家庄干旱时空特征进行了分析。李龙等^[5]提出了用土壤墒情法和降水距平百分率法得出接近实际的本地化干旱等级评价方法。王春林等^[6]借鉴 Palmer 旱度模式中的土壤水分平衡概念提出了以下层土壤有效含水量构建逐日干旱动态强度指数。罗伯良等^[7]借鉴 Z 指数给出了区域旱涝指数的概念。李梗等^[8]则采用区域内日平均降水量来划分干旱等级。2006 年国家标准《气象干旱等

级》(GB/T20481—2006)^[9]颁布, 推荐了 5 种单项干旱指数和综合气象干旱指数, 其中综合气象干旱指数(CI)现已成为气象部门在干旱日常监测业务中的主要指标, 并作为评价指标在科研中广泛应用, 例如 2008 年邹旭恺等^[10]利用该指数分析了近半个世纪我国干旱变化。樊高峰^[11]利用该指数分析了浙江干旱特征及其与区域气候变化关系等。

目前业务上使用的干旱指数非常多并各有其特点和针对性, 对于某一区域或者某一领域, 干旱指数的表现是不同的, 确有一种指数较其他指数更适合, 特别是基于现有干旱指标的研究成果, 如何评价干旱的累积效应, 仍是目前需要解决的问题^[12]。

本文基于综合气象干旱指数的基本原理, 以气象干旱等级为基础构建区域动态气象干旱强度指数, 在实际业务中实现对于干旱强度的实时监测和评估。通过在 2009/2010 年云南特大干旱过程中的应用检验, 效果良好。

1 动态气象干旱强度指数

1.1 气象干旱等级

《气象干旱等级》推荐以综合气象干旱指数 CI (K_{CI}) 表征气象干旱等级。 K_{CI} 是以标准化降水指数、相对湿润指数和近期降水量为基础建立的一种

综合指数,其计算式为:

$$K_{CI} = aZ_{30} + bZ_{90} + cM_{30}$$

式中 Z_{30} 、 Z_{90} 为近 30 天和近 90 天标准化降水指数 (SPI), M_{30} 为近 30 天相对湿润度指数, a 、 b 、 c 为系数。干旱等级定义如表 1。

表 1 气象干旱等级

气象干旱指数(CI)					
	>-0.6	$-0.6\sim$ -1.1	$-1.2\sim$ -1.7	$-1.8\sim$ -2.3	<-2.3
等级	0	1	2	3	4
意义	无旱	轻旱	中旱	重旱	特旱

1.2 单站动态气象干旱强度

《气象干旱等级》定义气象干旱强度为过程内所有天的 K_{CI} 为轻旱以上的干旱等级之和。按此定义,一个干旱过程结束时才能给出干旱强度。为表征干旱过程内任意时间强度的动态变化,本文基于 K_{CI} 定义了动态气象干旱强度指数(dynamic intensity index of meteorological drought)。单站动态气象干旱强度表征为从出现轻旱以上等级开始至当日的气象干旱等级之和:

$$K_{DDI} = \sum_{i=1}^n G_i$$

式中 K_{DDI} 为给定日期动态气象干旱强度指数, G_i 为出现轻旱以上等级后第 i 日气象干旱等级, n 为自出现轻旱以上等级持续到给定日期的日数。当出现无旱等级(过程结束)时, $K_{DDI} = 0$, $n = 0$ 。再次出现轻旱以上等级时, K_{DDI} 重新进行统计计算。

1.3 区域动态气象干旱强度

定义区域动态气象干旱强度指数 (RDI; Regional Dynamic Intensity index of meteorological drought) 为区域所有监测站点动态干旱强度指数的算术平均,即:

$$K_{RDI} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_{DDIj}$$

式中, K_{RDI} 为给定日期区域动态气象干旱强度指数, K_{DDIj} 为第 j 站当日动态气象干旱强度指数, m 为区域内总站点数。

区域最大动态气象干旱强度为干旱过程内区域动态气象干旱强度指数的最大值。

1.4 区域动态气象干旱强度等级划分

动态气象干旱强度等级可根据当地历史上干旱

出现的概率,采用极值分布特征结合气象灾害史料进行划分。本文以云南省为例,采用极值 I 型 (GUBEL) 分布的重现期划分干旱强度等级。由于季风气候所致,云南气候具有干湿季分明的特征^[13],干旱的季节性特征十分显著,综合对云南气象灾害史料^[14]进行分析,将 1952—2010 年 59 年间 K_{RDI} 逐年最大值进行重现期分析,以 1.5、2.5、5、10 年重现期的值(约为 40、90、140 和 190)分别划分为轻旱、中旱、重旱和特旱,如表 2。

表 2 云南省动态气象干旱强度等级

	RDI 值				
	<40	40~89	90~139	140~189	>190
等级	0	1	2	3	4
意义	无旱	轻旱	中旱	重旱	特旱

依据上述标准,对云南省 1952—2010 年最大动态干旱强度进行分析,59 年间出现轻旱 26 年,频率最大(占 44.1%),中旱、重旱和特旱分别为 12 年(占 20.3%)、8 年(占 13.6%)和 4 年(占 6.8%),轻旱以上年份占 84.7%,符合云南干旱发生的实际。

图 1 给出了 1952—2010 年云南省 RDI 的变化,图中显示云南发生特旱的年份为 1962/1963 年、1969/1970 年、1978/1979 年和 2009/2010 年冬春季节,与历史上的灾情记载非常吻合。

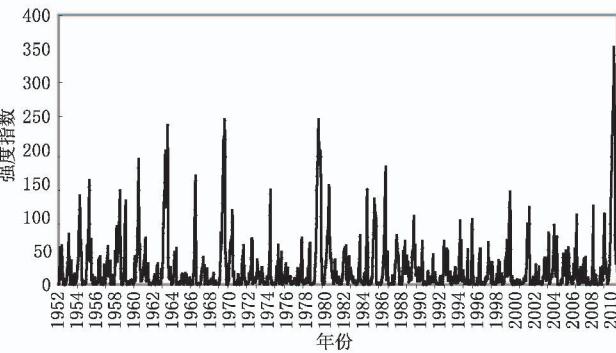


图 1 1952—2010 年云南省动态气象干旱强度

2 区域动态气象干旱强度与气象干旱等级的比较

依据《气象干旱等级》可以直接得到站点的逐日气象干旱等级,能够表征该站点气象干旱的状况。对于区域而言,气象干旱等级的平均值也能够表征区域内气象干旱的状况。但由于 CI 指数主要考虑了近 30 天、90 天标准化降水指数和近 30 天相对湿

润指数,对于长期(特别是超过90天)的干旱过程的累积影响考虑不足,而在长期干旱过程中出现的少量降水对干旱的缓和作用却常表现得过于敏感。

图2给出了2009年9月至2010年7月云南省122个站点气象干旱等级平均值的变化情况。从2009年9月开始,综合气象干旱等级上升十分迅速,在2009年11月15日即达到最大,但此时干旱持续时间尚不够长,累积效应尚不明显,实际干旱强度仍在发展。其后的一段时间内,综合气象干旱等级呈波动状态,分别在1月21日和3月24日出现了两个高值,在12月14日和2月18日出现两个相对低值,均由部分站点出现少量降水而引起,但大范围实际干旱强度从开始到3月下旬并未发生趋势性转变。

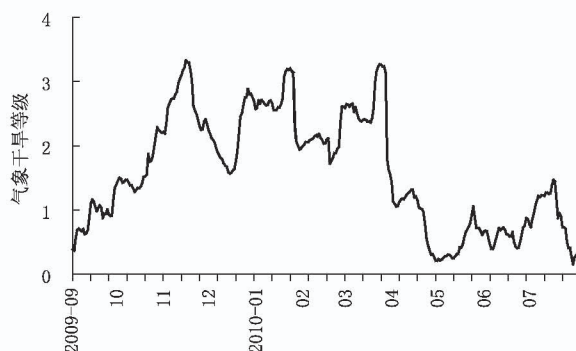


图2 2009年9月至2010年7月云南省气象干旱等级

单站动态气象干旱强度指数(DDI)实质上是气象干旱等级的动态表征,其主要特征是对出现气象干旱以后的气象干旱等级进行累加,只有当该站干旱解除时指数才归0。由于干旱具有累积的效应,一个长期的干旱过程中如在局部区域出现较小量级的降水,对于干旱的实际缓和作用可能十分不显著。DDI不会因为小范围和小量级的降水过程对干旱趋势产生过度反应,在干旱持续时间相对较短的情况下也不会夸大实际干旱的程度,能够较真实地模拟干旱过程中实际强度的演变状态。例如某站气象干旱等级由于少量降水而下降,但仍未解除,则干旱的累积影响将持续,在动态干旱强度上就表现为继续加大。区域动态气象干旱强度指数(RDI)表现了对区域内干旱强度的总体评价,当区域内仅有小部分站点干旱等级下降而大部分站点干旱持续时,能够表现出干旱的持续特征。

图3是区域动态气象干旱强度指数在2009年9月至2010年7月间的监测情况。RDI表征了从

2009年9月开始至2010年3月27日间的显著加重趋势,同时给出了其后部分区域干旱解除,但其他区域干旱依旧存在,云南省气象干旱全部解除于7月下旬的结果,动态描述了整个干旱过程强度的变化特征,实现了监测的实时性和连续性。

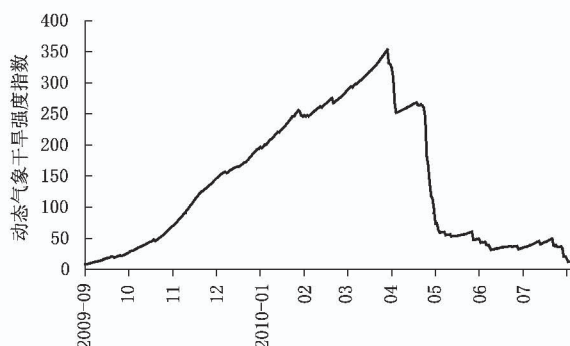


图3 2009年9月至2010年7月云南省动态气象干旱强度

与《气象干旱等级》中的气象干旱强度相比,RDI能够逐日动态监测干旱的强度,在评定干旱的最大强度和历史排位时,避免了因为人为划定时段而产生的误差。

3 应用实例

2009年秋季至2010年春季,云南省出现了自有气象记录以来最严重的干旱。这次干旱强度大、持续时间长、影响程度深、受灾面积大,不但对夏收作物造成了巨大损失,还引发了人畜饮水困难、高森林火险、高原生态系统遭受破坏等灾害。据有关部门统计,灾害共造成1078万人和约666万头(匹)大牲畜饮水困难,823万人需要粮食救助。农业受灾面积 3.163×10^6 hm^2 ,林业地受灾面积 3.847×10^6 hm^2 ,直接经济损失超过200亿元,其中农业直接经济损失超过140亿元。

3.1 干旱动态监测

自2009年9月1日至2010年3月27日,云南省RDI基本呈线性增强趋势,其间虽然存在波动但很微弱。2009年10月13日达到全省性干旱标准,其后分别于11月8日、11月28日和12月27日达到中旱、重旱和特旱标准,2010年3月27日达到过程最大(353)。其后出现了较明显的降水过程,旱情在部分区域得到一定程度的缓和,但未改变区域性特旱的状况。4月下旬出现较大面积明显降水过程后,强度等级才开始下降,至6月2日指数降至无

旱。全省干旱解除后,RDI 长期在 20~40 间波动,并一度突破轻旱标准,表明全省性干旱虽已解除,但部分区域的干旱仍在持续。7 月 29 日指数稳定降至 40 以下,全省各区域干旱基本解除。监测结果与实际干旱变化情况十分一致。

3.2 干旱预警

以逐年出现的最大动态气象干旱强度为基础进行普查并确定划分指标,可以将 RDI 作为区域干旱预警的参考指标。本次干旱过程中,以云南省 RDI 达到轻旱、中旱、重旱和特旱分别作为 4 级、3 级、2 级和 1 级干旱预警发布的参考指标,并以指数等级下降 1 级作为干旱预警降级或解除的参考指标,具有良好的指示意义。

3.3 干旱过程历史排位评估

1952—2010 年云南省最大动态气象干旱强度变化(图 4)表明,2009/2010 年秋冬春特大干旱的最大干旱动态气象干旱强度达到 353,列 1952 年以来第 1 位。

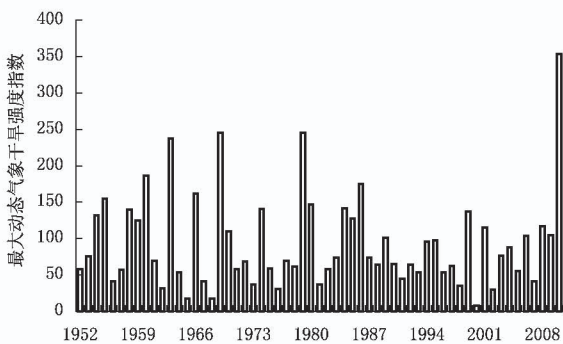


图 4 1952—2010 年云南省最大动态气象干旱强度年际变化

表 3 是 1952—2010 年云南省达到特旱的干旱过程的基本情况,强度排序以最大气象干旱强度指数为标准,强度相当时参考持续日数。从表中可以看到,云南特大干旱均始于头年秋冬,止于次年初夏。历史上的干旱灾情史料表明,4 次特旱过程的强度在历史上的排位是客观的和准确的。

表 3 1952—2010 年云南省特大干旱过程概况

	轻旱起日 (月-日)	中旱起日 (月-日)	重旱起日 (月-日)	特旱起日 (月-日)	特旱止日 (月-日)	重旱止日 (月-日)	中旱止日 (月-日)	轻旱止日 (月-日)	持续 日数	重旱 日数	特旱 日数	最大 强度 指数
2009/2010	10-13	11-08	11-28	12-27	04-22	04-24	04-28	06-02	233	148	117	353
1978/1979	12-01	12-29	01-19	01-21	06-09	06-18	06-25	07-05	217	151	109	245
1968/1969	12-20	02-18	03-07	04-03	06-16	06-19	06-20	07-05	198	105	75	245
1962/1963	12-02	12-27	02-06	05-19	06-12	06-21	06-24	07-02	213	90	25	237

3.4 干旱重现期分析

通过对 1952—2010 年云南省最大动态气象干旱强度指数序列进行分析,采用极值 I 概率分布模型计算云南干旱的重现期,结果表明云南省干旱 100 年一遇的动态气象干旱强度指数为 348,2009/2010 年特大干旱的重现期为 109 年一遇。

4 小结

针对综合气象干旱指数(CI)在实际应用中对于长时期干旱累计效应考虑不够和对于少量降水过度敏感的不足,在 CI 的基础上构建了动态气象干旱强度指数。通过对云南省历史上干旱事件的检验和 2009/2010 年特大干旱中的监测应用分析,效果优于 CI。

(1)区域动态气象干旱强度指数实现了对给定区域气象干旱强度的实时动态监测,不以人为划定时段来评价干旱强度,具有动态性、连续性和可操作

性的特点。

(2)区域动态气象干旱强度指数充分考虑了干旱的累积效应,在对长时期干旱过程的监测和评价中能够客观表征干旱的发展过程。

(3)区域动态干旱强度指数可广泛应用于给定区域气象干旱的实时监测、灾害预警、过程评价、历史排位判断、重现期分析等,具有较好的业务应用前提。

干旱监测和评价是一个非常复杂的问题,每一种干旱指数都有其优点和缺点,寻找一种适合本地区或者本领域的干旱指数是十分重要的。

参考文献

[1] 张强,潘学标,马柱国,等. 气象灾害丛书:干旱[M]. 北京:气象出版社,2009:1-4.

[2] 鞠笑生,杨贤为. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报,1997,8(1):26-32.

[3] 魏凤英. 华北地区干旱强度的表征形式及其气候变异[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(2): 32-38.

[4] 车少静, 李春强. 基于标准化降水指数的石家庄干旱时空特征[J]. 气象科技, 2010, 38(1): 66-70.

[5] 李龙, 徐玲玲, 方军. 三种气象干旱等级评价方法的比较与改进[J]. 中国农业气象, 2009, 30 (增 2): 310-312.

[6] 王春林, 吴举开, 黄珍珠, 等. 广东干旱逐日动态监测模型及其应用[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(4): 36-42.

[7] 罗伯良, 张超. 湖南伏旱期旱涝变化特征及其与前期环流之关联[J]. 气象科技, 2009, 37(1): 19-24.

[8] 李梗, 刘小冉, 刘德, 等. 重庆市伏旱时空变化特征[J]. 气象科技, 2011, 39(1): 27-32.

[9] 张强, 邹旭恺, 肖风劲, 等. 气象干旱等级[S]. GB/T20481—2006 中华人民共和国国家标准. 北京: 中国标准出版社, 2006.

[10] 邹旭恺, 张强. 近半个世纪我国干旱变化的初步研究[J]. 应用气象学报, 2008, 19(6): 679-687.

[11] 樊高峰, 苗长明, 毛燕军, 等. 浙江干旱特征及其与区域气候变化关系[J]. 气象科技, 2008, 36(2): 180-184.

[12] 袁文平, 周广胜. 干旱指标的理论分析与研究展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 982-991.

[13] 秦剑, 解明恩, 琚建华. 低纬高原天气气候[M]. 北京: 气象出版社, 1998: 1-8.

[14] 刘建华. 中国气象灾害大典(云南卷)[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 47-96.

Regional Dynamic Index of Meteorological Drought Intensity and Its Application

Wang Xuefeng

(Yunnan Climate Center, Kunming 650034)

Abstract: Based on the compound index (CI) for meteorological droughts, using the Regional Dynamic Index (RDI) for meteorological droughts constructed from the classification of droughts, the application of RDI in the operational service is analyzed. Results indicate that the occurrence and development of droughts can be monitored and evaluated dynamically by using RDI. The index responds to the cumulative effects of droughts sufficiently, with the intensity evaluation of a drought not depended on the time period defined artificially. With characteristics of dynamic, consecutive and exercisable, the index is more applicable in depicting regional droughts in service practice, such as real-time monitoring, disaster warning, course evaluating, return period estimation, history rank judgment and so on. The application test of RDI to the 2009/2010 extreme drought event occurred in Yunnan Province indicates that the practical effect is better than that by using the classification of drought.

Key words: drought, dynamic monitoring, index