

基于水热条件下干旱实时动态监测研究

何永坤 王 勇

(重庆市气象台, 401147)

提 要: 从干旱实时监测气象服务的需要出发, 研究并提出了考虑近期降水、土壤底墒(前期降水)和气温三种要素, 利用实时天气资料来计算干旱指数的方案, 即重庆市干旱动态监测指数。该指数考虑了造成干旱的三个主要原因: 降水持续偏少、日最高气温高、前期降水少。利用该指数, 建立干旱实时监测业务系统, 对2004年重庆市盛夏发生的干旱进行了逐日跟踪动态监测, 效果良好。

关键词: 干旱指数 旱情等级 业务系统 应用

Study on the Real-Time Dynamic Monitoring of Drought Based on the heat and Moisture Conditions

He Yongkun Wang Yong

(Chongqing Meteorological Observatory, 401147)

Abstract: Based on the requirement of the meteorological service of real-time monitoring drought, a calculation scheme of drought index, the drought index of the dynamic monitoring in Chongqing, is designed in consideration of three conditions including precipitation in recent time, soil moisture (preceding precipitation) and air temperature, with real-time weather informance. The index is based on the main three factors resulting the drought, which is continuous less of rainfall, higher daily maximum temperature, and less rainfall in the prior period. The operating system of the real-time drought monitoring was established based on the index, and it did well in the daily dynamic monitoring of the drought in Chongqing in the midsummer of 2004.

Key Words: drought index drought level operational system application

引言

重庆市位于四川盆地的东部地区, 属于亚热带季风气候。盛夏常受西太平洋副热带高压持续控制, 以晴热高温天气为主, 常出现高温伏旱天气。有关研究表明^[1]: 重庆市盛夏伏旱可达10年6~8遇, 常常造成农作物减产, 甚至绝收。因此, 对盛夏伏旱进行实时跟踪服务十分重要。

干旱的频繁发生给农业生产和人们生活带来的严重危害, 促使对干旱的研究也更加深入。人们根据不同的需要, 建立了许多不同的干旱判别模型。有根据农作物叶面温度建立的温差模型^[2], 根据降水量与时间分布建立的不均匀降水模型^[3], 根据降水和气温建立的实时监测模型^[4], 还有根据农田水分平衡原理, 建立的动态评估模型^[5,6]。模型过简, 很难客观反映实际状况, 较完备的模型又常常计算较繁琐, 且各种资料较难获得。根据重庆市历年盛夏期间的逐日雨量、日最高气温资料, 设计了干旱动态监测指数, 应用于伏旱实时监测, 效果良好。

1 设计思路

干旱指的是长期无雨或少雨, 使土壤水分不足、作物水分平衡遭到破坏而导致减产的农业气象灾害^[4]。一段时间土壤是否出现干旱, 取决于土壤底墒、水分补充量与水分损失量, 若水分损失量超过水分补充量时, 土壤湿度将降低, 当差值超过一定限度, 将出现干旱。对重庆地区而言, 土壤水分补充一般是由自然降水量完成, 而土壤水分损失主要是作物蒸腾、土壤蒸发损失等。由于缺少实际蒸发量、蒸腾量资料, 而蒸发量、蒸腾量又与气温关系密切(据统计, 永川市1980—2002年蒸发量与日最高气温的相关

系数达到99%), 即气温越高蒸发量、蒸腾量越大, 故可用易获得的日最高气温资料来间接反映水分损失量。

基于上述分析, 造成干旱的主要原因: 降水量持续偏少、日最高气温高、前期降雨少。用公式表征干旱指数:

$$I_D = S + T - R \quad (1)$$

式中 I_D 表示干旱指数, S 表示连续干旱日数项, T 表示日最高气温项, R 表示前期降水项。

1.1 连续干旱日数项

S 值的形成是这样的: 自定义计算的开始日期, 第一天计算时, 将昨日连旱日数 S_z 值赋为0, 第二天计算时则根据雨量值所对应的 S_z 值计算最新 S 值。即

$$S = \sum S_z \quad (2)$$

S_z 主要根据降水量的量级大小来定义, 当降水量在1.0mm以下时, 认为干旱指数增加, 即 $S = S_z + 1$; 当日雨量1.0~2.9mm时, 认为此雨量可使干旱指数减少, 即 $S = S_z - 1$; 随着雨量增大, 其干旱指数减少越多, 但并不是无限制的减少。另外, 大量降水发生时, 一部分渗入土壤, 使土壤充分润湿; 一部分作为径流流失。当降水强度增大到一定量级, S_z 为一固定值。 S_z 可表示为以下公式:

$$S_z = \begin{cases} 1 & r < 1.0 \\ -\text{INT}\left(\frac{r-1}{2}\right) - 1 & 1.0 \leq r \leq 60 \\ -30 & r > 60 \end{cases} \quad (3)$$

其中 S_z 表示为与雨量相对应的逐日雨情参数项, r 为日降水量(mm)。

1.2 日最高气温项

T 计算方法: 每天对日最高气温进行参数化累加, 即:

$$T = \sum T_z \quad (4)$$

根据有关研究^[7], 日最高气温按式 (5) 进行参数化处理。

$$T_z = \frac{\text{INT}(T_{\max} - 33)}{10} \quad (5)$$

式中 T_z 为计算时段内每日的日最高气温参数值, T_{\max} 为日最高温度。第一天计算时: 设 T_z 值 (昨日的 T 值) 为 0。 T_z 值体现了“日最高气温越高, 干旱指数越高”的思路。

1.3 前期降水项

一个时段内是否出现干旱及其干旱强度, 不仅与该时段内的水分补充有关, 同时与该时段前土壤墒情如何有关系, 但由于土壤墒情并不易得到, 可用前期降水量情况来反映。根据王建平的研究结果^[8], 结合重庆市土壤物理性质, 采用干旱时段前 7 天的降水量作为对土壤湿度有影响的有效降水。

一般来说, 离干旱期越近的降水对后期干旱程度关系更大, 故权重系数大一些, 离干旱期较远的权重系数就小一些。前期降水项可用以下公式表征:

$$R = 0.01R_7 + 0.02R_6 + 0.03R_5 + \dots + 0.07R_1 \quad (6)$$

式 (6) 中, R_1 表示第一天开始计算干旱指数时的前一天的日雨量值, R_2 表示前二天的日雨量值, 以此类推。因此, 当 $R > 7$ 时, 则令 $R=7$, 即 R 值最大就是 7。

2 干旱等级

在每天上午收到全市 34 个气象站的前一天 08—08 时雨量、日最高气温后, 根据式 (3)、(5) 计算各站前一天的 S_z 、 T_z 计算, 按式 (2)、(4) 计算出各站的连续干旱日数项、日最高气温项, 根据式 (1) 每天可得出全市各站的 I_D 值。注意: 公式中的

R 项只能在第一天计算时减一次。

基于以上思路, 从重庆市盛夏干旱着手, 选定 1997—2003 年全市伏旱较重且有旱情、旱情缓解或解除等气象服务材料的 1997 年、2001 年、2003 年, 计算了盛夏期间的干旱指数, 并对比、分析干旱指数的范围、大小及旱情变化情况, 最终得出了重庆市干旱指数的等级标准。划分标准如下:

I_D 值 ≤ 10	无旱
I_D 值 11~20	轻度干旱
I_D 值 21~30	中度干旱
I_D 值 31~40	严重干旱
I_D 值 > 41	特大干旱

3 干旱实时监测业务系统

基于以上设计思路及干旱指数, 应用计算机技术, 建立“基于水热条件下的重庆市干旱实时监测系统”。

该系统具有从网络自动读取实时气象资料, 可设定计算开始期, 计算任意时段干旱指数, 并以色斑图、表格的形式表征干旱状况, 具有界面美观、大方, 可视化操作简单, 显示结果可人为控制、也可进行动画演示, 计算结果可以输出到文件, 也可打印。

4 应用情况

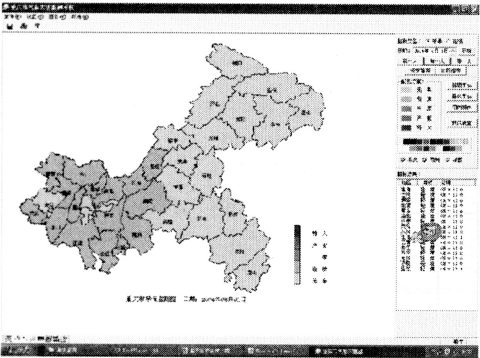
2004 年 7 月下旬至 8 月中旬, 重庆市出现连晴高温少雨天气, 大部地区降水量不足 80mm, 较常年同期偏少 5~8 成, 丰都、石柱、江津等地不足 30mm, 偏少 8~9 成, 与此同期, 平均气温偏高 1~2℃, 旱情严重。8 月下旬初, 重庆市出现了较强降水天气, 过程降水量普遍在 30mm 以上, 部分地区雨量在 60mm 以上, 大部地区旱情得以缓和或解除 (图 1)。利用上述干旱指数动态监测方案, 从 2004 年 7 月下旬至 8 月

下旬，逐日进行了重庆市干旱动态监测。选择旱情发生较重的江津、丰都、石柱三代表点，将监测的干旱指数 I_D 与土壤湿度 W 及

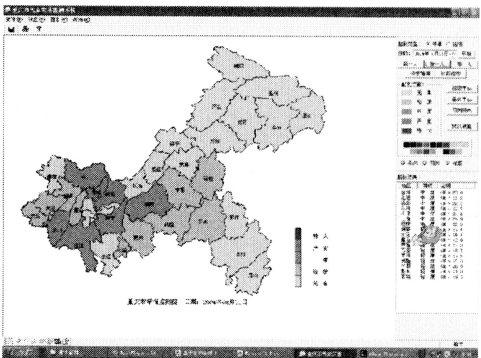
旱情进行对比（表 1），可看出该干旱指数的表征与土壤墒情监测资料反映的旱情基本吻合。

表 1 代表站干旱指数 (I_D) 变化与土壤湿度 (W) 比较

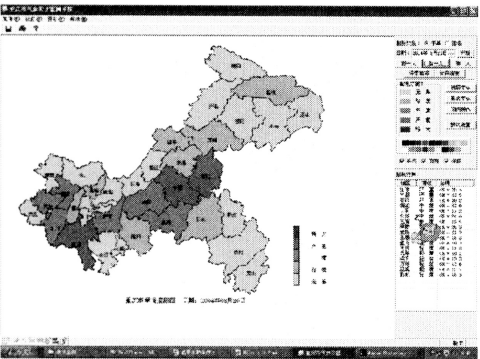
	8 月 3 日		8 月 8 日		8 月 13 日		8 月 18 日		8 月 23 日		灾情
	I_D	W	I_D	W	I_D	W	I_D	W	I_D	W	
江津	18.9	0.59	24.6	0.49	33.1	0.42	37.4	0.39	12.0	0.63	农作物受灾 $56.05 \times 10^3 \text{hm}^2$ ， 绝收 $0.56 \times 10^3 \text{hm}^2$
丰都	11.1	0.65	14.6	0.51	23.5	0.48	30.5	0.42	20.5	0.50	农作物受灾 $64.87 \times 10^3 \text{hm}^2$ ， 绝收 $6.23 \times 10^3 \text{hm}^2$
石柱	10.5	0.62	15.8	0.52	23.0	0.47	28.8	0.45	18.7	0.54	农作物受灾 $9.43 \times 10^3 \text{hm}^2$ ，绝 收 $0.72 \times 10^3 \text{hm}^2$



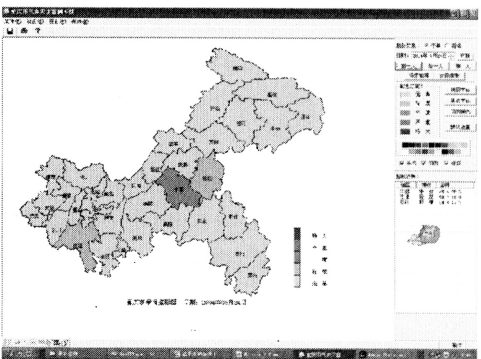
a. 8 月 1 日旱情初显



b. 8 月 11 日旱情发展 (范围更大, 程度加重)



c. 8 月 20 日旱情严重 (范围进一步增大)



d. 8 月 24 日大部地区旱情解除

图 1 重庆市 2004 年伏旱变化色斑图

从 2004 年全市干旱实时监测情况看，应用基于水热条件下的干旱指数进行旱情动态监测具有以下特点：可根据每日最新降水

值和最高气温值的变化及时给出干旱程度的变化，并具有客观性；它可每天跟踪监测旱情是否加重、减轻或缓解，随时准确地掌握

旱情的变化;该指数与以固定时段来计算干旱指数的方法相比要更具有敏感性、实时性和连贯性。

5 结 语

(1) 造成干旱的主要气象要素:一定时段内雨量、前期降水量、蒸发量,而蒸发量与最高气温相关显著,因此,可用一定时段内降水量、日最高气温及前期雨量情况来表征干旱状况。

(2) 应用该基于水热条件下的干旱指标建立业务平台,进行干旱的实时跟踪监测,能客观地掌握旱情动态,为抗旱决策提供科学依据。

(3) 该指标是应用一个点资料代表一个区域的干旱情况,因此,该指标仅能代表一定区域内的平均干旱状况。若要表征更小区域的干旱状况,可将 GIS 技术应用在干旱

监测中,进一步提高干旱监测的精确率。

参考文献

- 1 何永坤,王裕文.重庆市三峡库区干旱特征及其变化分析[J].山区开发,2002,12:24-26.
- 2 李韵珠,陆锦文,吕梅等.作物和土壤旱情的温差模型[J].气象,1992,18(5):9-15.
- 3 陆叔鸣.江西省伏、秋旱时空分布特征及其预测[J].气象,1992,18(5):26-31.
- 4 李小泉,顾秋瑾,牛若芸.用天气资料实时监测和评估北方的旱情变化[J].气象,1998,24(1):13-19.
- 5 姜爱军,董晓敏.农田水分盈亏量及早涝客观分析方法探讨[J].气象,1992,18(10):28-32.
- 6 田宏,徐崇浩,彭骏等.四川盆地干旱动态评估指标的研究[J].气象,1998,24(4):11-15.
- 7 尹洁,文绮新,张传江等.江西省干旱指数动态监测研究与应用[C].2003年全国气候业务技术交流研讨会文集.中国气象局预测减灾司,2003年11月:195-197.
- 8 王建平,付抱璞.土壤-大气系统中蒸发数值模拟[J].气象学报,1992,50(3):327-333.