

安徽省干旱灾害监测及预警服务系统研究

杨太明^{1,2} 陈金华² 李龙澍¹

(1. 安徽大学计算机科学与技术学院, 合肥 230031; 2. 安徽省气象科学研究所)

提 要: 介绍了利用 NOAA/AVHRR 卫星资料与土壤水分人工观测资料, 进行干旱灾害监测的方法、指标。详述了安徽省干旱灾害预警服务系统的组成、功能和运用统计学方法, 建立土壤干旱预测模型, 结合干旱指标确定干旱等级, 开展安徽省干旱预警服务的情况。

关键词: 干旱 监测 预警服务 系统

A Service System of Drought Disaster Monitoring and Warning in Anhui Province

Yang Taiming^{1,2} Chen Jinhua² Li Longshu¹

(1. Academy of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230031;
2. Anhui Institute of Meteorological Sciences)

Abstract: With the NOAA meteorological satellite data and the soil moisture data from surface observation station, the methods of drought disaster monitoring in Anhui Province are introduced. A service system of drought disaster monitoring and warning and forecasting is developed, and a detailed introduction on its structure and function is given.

Key Words: drought monitor warning

引 言

干旱是我国及世界上大多数国家的重大自然灾害之一。探讨一套客观、动态、实时的干旱监测方法,为及时准确地反映旱情动态发展状况,许多学者尝试利用极轨卫星 NOAA/AVHRR 资料监测分析干旱状况。较之常规气候学方法,该方法具有时效高、监测范围广、客观快捷的特点,对于大范围旱情的动态监测颇有实效。另外根据土壤墒情及气象观测资料,结合卫星遥感监测,可以及时了解旱灾的分布及早情的严重程度,从而为建立农业生产的保障体系和抗旱减灾服务^[1]。本文根据安徽省旱灾特点,介绍了利用气象卫星遥感技术、土壤墒情普查网观测资料处理,开展安徽省旱灾监测分析的方法和应用情况。在干旱灾害预警服务中,基于土壤水分平衡方程,运用统计学方法,建立土壤湿度预测模型,结合干旱指标确定干旱等级,开展安徽省干旱预警服务,为农业生产防灾减灾决策提供科学依据。

1 安徽省干旱灾害监测指标

1.1 气象卫星遥感干旱监测

干旱本质上是土壤水分含量太低,无法满足植被(作物)正常的水分需求。因此干旱遥感监测实际上就是土壤水分的监测。由于土壤水分受多种因素的影响,又受植被覆盖的干扰,国内外关于土壤水分遥感的方法可归纳为土壤水分光谱法、热惯量法、植物水分生理法。根据安徽省气候特点,用两种方法来分析旱情:一是有植被覆盖时,根据植被的供水状况来分析旱情;二是无植被覆盖时,用土壤水分的多少来分析。具体方法为:植被供水指数法、土壤热惯量法^[2]。

1.1.1 植被供水指数法

植被生长状况与土壤水分直接相关。水分供应正常,植被长势良好,反之则长势变差。因此可用植被供水指数来表征干旱状况,具体为

$$VSWI = NDVI/T_s \quad (1)$$

$$NDVI = (CH2 - CH1)/(CH2 + CH1) \quad (2)$$

T_s 为 NOAA 卫星遥感到的作物冠层温度, $NDVI$ 为常用的归一化植被指数, $CH1$ 、 $CH2$ 为 NOAA 卫星第一、二通道的反照率。

1.1.2 土壤热惯量法

热惯量法主要利用土壤水分的热特性进行土壤水分监测。热惯量是表征土壤热变化的一个物理量,它可表示为:

$$P = \sqrt{\lambda \rho c} \quad (3)$$

式中 P 为热惯量, λ 为土壤热导率, ρ 为土壤密度, c 为比热。

根据热传导方程可推出:

$$P = B(1 - A)/\Delta T_s \quad (4)$$

式中 P 为热惯量,即卫星间接遥感量, ΔT_s 为地表日较差,可用 AVHRR 第四通道亮温值得, A 为地表全波段反照率,可由 AVHRR 第一、二通道反照率求得, B 为常数。

研究表明,热惯量与土壤水分之间有很高的相关性,因此,可用于裸地的干旱监测^[1]。

1.1.3 气象卫星遥感干旱监测应用

安徽省从 20 世纪 90 年代初利用气象卫星开展干旱监测,主要通过极轨卫星 NOAA/AVHRR 1B 通用数据集资料,经投影变换、地标定位等预处理后,生成安徽域通道数据。然后,根据光谱分析选取适当阈值,分别对 $CH1$ 、 $CH2$ 、 $CH4$ 三通道数据进行云和水体剔除,进行干旱指标计算,参考降水量及土壤湿度实测值,直接对干旱指

标进行等级划分，形成旱情遥感影像图，监测分析干旱状况。

1.2 土壤墒情干旱监测

目前国内部分省份利用土壤湿度观测资料来建立土壤墒情对气象要素变化的响应模型，结合未来天气预测，开展土壤墒情预测模型研究。通过对各种土壤水分状况的监测分析，就能对干旱程度作出诊断。一般采用较多的是土壤重量含水率指标、土壤相对湿度指标^[2~4]。在气象业务中，主要采用土壤相对湿度指标。

1.2.1 土壤相对湿度指标

即以重量含水率占田间持水量的百分比表示，其表达式为：

$$r_T = W/F_c \times 100\% \quad (5)$$

式中 r_T 为土壤相对湿度 (%)，取整数； W 为土壤重量含水率 (%)； F_c 为田间持水量。

根据土壤含水量的大小，分为正常、轻旱、中旱、重旱、特旱四个等级。基于土壤相对湿度的干旱等级标准为： $>60\%$ 为不旱， $50\% \sim 60\%$ 为轻旱， $40\% \sim 50\%$ 为中旱， $30\% \sim 40\%$ 为重旱， $<30\%$ 为特旱，在业务中，我们采用土壤相对湿度作为干旱指标^[4]。

1.2.2 土壤墒情干旱监测应用

土壤墒情干旱监测，可以直接反映土层水分变化。根据土壤湿度观测资料分为 5cm、10cm、20cm、30cm、40cm、50cm 五个层次深度，主要针对旱地作物耕作层 (0~30cm) 对水分的敏感性，开展 10cm、20cm 土壤墒情监测。

2 干旱灾害预警服务

干旱预测是根据干旱成因和干旱发生规律，找出影响干旱的前期因子，运用一定的

方法，预测未来干旱发生的趋势。在干旱灾害预警服务中，通过建立与旱灾相关的地面气象资料、土壤湿度观测资料和干旱灾害数据库，实现旱灾的监测预警服务。

2.1 系统组成

在 Windows 环境下，利用分布式数据库以及 SQL Server 与其它高级语言开发的 OCX、COM 控件，通过信息接受、分析，建立灾害知识库、信息推理诊断，完成灾害检索及服务^[5,6]。其系统主要功能流程示意图见图 1 所示。

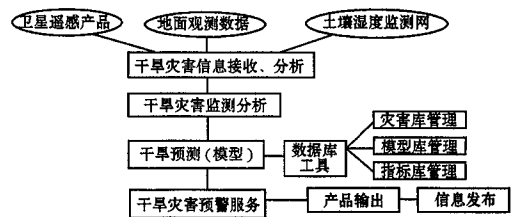


图 1 安徽省干旱监测及干旱灾害预警服务流程图

2.2 干旱灾害信息接收、分析

灾害信息采集依托建立的省—市—县—乡(镇)四级自动雨量站监测网、常规地面气象观测网、土壤墒情普查网、卫星遥感等实现；信息分析主要在计算机上实现，信息存储采用通用数据库标准，建立 SQL Server 数据库；通过软件、模型、方法等实现气象遥感资料的处理、对地面观测资料的数据转换、土壤墒情监测站资料的接收分析等。

2.3 干旱灾害监测分析

根据接收的实时观测资料(地面气象资料、土壤湿度观测资料)以及卫星遥感资料，根据干旱评估指标，进行干旱监测分析，形成分县干旱监测图。目前主要利用气

象卫星遥感和土壤墒情普查网的资料,进行干旱实时跟踪监测分析。

2.4 干旱预测模型

农业干旱是从土壤干旱开始的,因为大田作物对水分的吸收主要来自于土壤水。在农业干旱预报中采取土壤水分干旱预报是其方法之一^[3]。基于农田土壤水分平衡原理,农田土壤水分动态变化可简单描述如下:未来一定时段某计划土层的土壤水分,决定于该时段初始阶段的土壤含水量和该时段内的计划土层的水分收入量和支出量,在无灌溉条件下,忽略地下水补给量、计划土层向下渗漏量和水汽凝结量时,农田土壤水分平衡方程可表示为^[7]:

$$W_t = W_0 + P_e - E_m \quad (6)$$

$$p_e = P - R_n - I_n \quad (7)$$

其中 W_t 和 W_0 分别为时段末和时段初的土层含水量; E_m 为时段内农田实际蒸散; p_e 为有效降水量; P 为时段内降水量; R_n 为时段内地表径流; I_n 为作物冠层对降水

的截流量。 E_m 是温度 (T)、日照 (S) 等气象因子的函数,所以可以建立如下土壤水分统计预测模型:

$$W_t = a_0 + a_1 W_0 + a_2 P + a_3 T + a_4 S + \dots \quad (8)$$

在模型建立时,针对安徽气候特点、土壤分布特征以及农作物布局,采取分区、分季节建立土壤墒情预报模型,通过对各区数据对比分析,分别在各区选择有代表性的站点,分不同季节(春、夏、秋、冬),在土壤水分预测模型中只引入时段初的原土层含水量 (W_0)、时段降水 (P) 和温度 (T , 用活动积温来表示) 对模型进行回归,即:

$$W_t = a_0 + a_1 W_0 + a_2 P + a_3 T \quad (9)$$

例如,利用安徽省农业气象观测站 1980~2004 年土壤水分监测数据(取合肥市、滁州市 0~20cm 的土壤相对湿度资料及同期气象资料),进行数理统计分析,得到江淮之间不同季节干旱预测模型,如表 1 所示。

表 1 安徽省江淮之间干旱预测模型

季节	计划期内	模型表达	R^2
春	无降水	$W_t = 47.29 + 0.36W_0 - 0.05T$	0.644
	有降水	$W_t = 54.3 + 0.36W_0 + 0.169p - 0.64T$	0.464
夏	无降水	$W_t = 50.0 + 0.525W_0 - 0.102T$	0.599
	有降水	$W_t = 66.87 + 0.358W_0 + 0.151P - 0.095T$	0.51
秋	无降水	$W_t = 8.67 + 0.818W_0 - 0.033T$	0.728
	有降水	$W_t = 45.76 + 0.478W_0 + 0.219P - 0.053T$	0.5889
冬	无降水	$W_t = 12.87 + 0.721W_0 - 0.012T$	0.403
	有降水	$W_t = 43.08 + 0.473W_0 + 0.251p - 0.056T$	0.584

考虑到大气降水是影响土壤水分的直接因素,在模型建立中,按照时段有无降水分别建立模型,在检验中也发现更接近实际。在 2005 年安徽省春季干旱预测服务中,利用上述模式开展了江淮之间干旱预测检验,预报干旱与实际发生旱情,江淮之间中、东部较吻合,江淮之间西部误差大(江淮之间

西部属于大别山区,地形因素影响较大)。

2.5 干旱灾害预警服务

根据农业气象服务需求,开发面向用户的灾害及防御对策知识库检索系统,以方便用户及时、准确地查询灾害及相关信息。采用 Visual Basic V6.0 语言设计检索系统^[8]。

按照灾害发生后的气象服务业务流程,当某一地发生灾害后,首先了解灾害发生的强度、损失程度,然后根据当地作物所处发育期及生长发育所需气象条件,结合未来天气形势,提出农业生产上的相应对策。

3 小结

干旱是一个复杂的系统工程,涉及大气降水、蒸发、气温、下垫面特性(土壤结构、植被)、土壤湿度等多要素综合影响。利用 NOAA/AVHRR 卫星资料与土壤水分人工观测资料,进行安徽省干旱灾害监测,可以方便、及时了解旱情分布,基本满足省级干旱监测业务需求。但是单一方法的监测有其局限性,需要对多源数据监测结果进行综合分析,尤其利用高分辨率的 MODIS 卫星资料开展干旱监测,以提高监测精度。

在干旱预报中,基于土壤湿度的干旱预测模型,预报发生的干旱区域与实际发生的干旱有一定的误差,需要结合农作物的需水

和耗水规律,以及土壤干旱的农业气象指标,对预测模型作进一步修正,干旱预警系统在业务运用中有待进一步研究和完善。

参考文献

- 1 欧阳惠. 水旱灾害学. 北京:气象出版社,2001:34~36.
- 2 盛绍学,胡雯,马晓群等. 安徽省农业干旱遥感监测指标的确定及应用. 安徽气象,2000,3:16~18.
- 3 申惠娟,严昌荣. 农田土壤水分预测模型的研究进展及应用. 生态科学,2003,22(4):366~370.
- 4 马晓群,盛绍学,张爱民. 降水对安徽省长江以北地区旱情演变趋势的影响. 中国农业气象,2001,22(3):48~51.
- 5 池天河,苏亚芳. 重大自然灾害遥感监测与评估集成系统. 北京:中国科学技术出版社,1995:78~82.
- 6 邱仲潘编译. SQL Server 2000 从入门到精通. 北京:电子工业出版社,2001:204~210.
- 7 裴步祥. 华北平原地区土壤水分和干旱的预报方法. 农业气象预报文集. 北京:气象出版社,1983:115~118.
- 8 张树誉,赵杰明,李士高等. 陕西省干旱信息管理决策服务系统. 气象,1997,(23)2:29~31.