

基于干旱综合指数的模糊信息分配法的 农业干旱风险评估研究

康永辉^{1,2}, 解建仓^{1*}, 黄伟军³, 王宝红³, 杨云川⁴

(1. 西安理工大学, 陕西 西安 710048; 2. 广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院, 广西 南宁 530023;
3. 广西水利电力职业技术学院, 广西 南宁 530023; 4. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 影响农业干旱的因素复杂, 而因素之间存在较大的随机性和模糊性。本研究采用模糊线性信息分配方法, 以干燥度指数和有效降水指数相结合的综合干旱指数数据系列寻找概率估计分布函数, 以广西田东县为例对农业干旱风险进行评估, 并与采用连续无雨日数指标的常规概率统计分析法评估进行了对比。研究结果表明: 田东县的春、秋季节农业干旱几乎年年发生, 中、重度干旱3~5年可能会发生1次。干旱风险概率分别为冬季69.79%, 春季72.78%, 夏季5.79%, 秋季80.50%。基于干旱综合指数的模糊信息分配法比连续无雨日数采用概率统计分析法进行农业干旱风险评估更有效可靠, 更能反映干旱实际情况, 是一种行之有效、简单实用的方法。

关键词: 干旱风险评估; 模糊线性信息分配; 干旱综合指数; 连续无雨日数; 概率统计分析

中图分类号: S165+.25 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0174-07

Study on the agricultural drought risk assessment based on the fuzzy information distribution method of drought composite index

KANG Yong-hui^{1,2}, XIE Jian-cang^{1*}, HUANG Wei-jun³, WANG Bao-hong³, YANG Yun-chuan⁴

(1. Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi, 710048, China;

2. Guangxi Water Conservancy and Power Institute, Nanning, Guangxi, 530023, China;

3. Guangxi Hydraulic and Electric Vocational & Technical College, Nanning, Guangxi, 530023, China;

4. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu, Sichuan, 610041, China)

Abstract: The factors effecting agricultural drought are complex, and exist greater randomness and fuzziness between the factors. The fuzzy linear information distribution method has been adopted in this study, to find out the probability estimate distribution function by the comprehensive drought index data series combined with the dryness degree index and effective precipitation index. Taken the Tiandong County in Guangxi Province as for the example, carried out the agricultural drought risk assessment, compared with the assessment results obtained by the conventional probability statistics analysis method as continuous rainless days index. The research results shown that in the seasons of spring and autumn, the agricultural drought occurred almost every year in Tiandong County, the middle or severe drought may be occurred once in every 3 to 5 years. The drought risk probability was 69.79% in winter, 72.78% in spring, 5.79% in summer and 80.50% in autumn, respectively. The conclusion is that: For agricultural drought risk assessment, the fuzzy information distribution method based on drought composite index is more efficient and reliable, which can reflect the actual situation of drought better than the continuous rainless days index of conventional probability statistics analysis method. So it is an effective, simple and practical method.

Keywords: drought risk assessment; fuzzy linear information distribution; drought composite index; successive rainless days; probability statistics analysis

随着人类社会经济的迅速发展, 自然灾害所造成的各种损失与日俱增。而且, 由于过去灾害管理

收稿日期: 2013-05-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50979088); 广西高校优秀人才资助计划(桂教人[2009]62号)

作者简介: 康永辉(1976—), 男, 湖南娄底人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事水文与水资源研究。E-mail: kyh2004@163.com。

* 通信作者: 解建仓(1963—), 男, 陕西眉县人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事水文学与水资源研究。E-mail: jcxie@xaut.edu.cn。

的工作重点是危机管理,因此,社会总是从“一个灾害走向另一个灾害”,很少降低灾害风险^[1]。随着地球“温室效应”和世界人口的不断增长及各种需求不断提高,各种自然灾害特别是干旱灾害发生越来越频繁,引起的后果越来越严重,给人类社会的经济、生存环境及生态造成的影响和破坏,已引起全世界广大学者的高度重视和广泛关注^[2]。“国际风险管理理事会”将气候变化产生的自然灾害作为风险领域研究重点之一。政府和研究人员对风险评估和预测开展了深入和广泛研究。从国内外已开展的研究成果看,对于规避和减轻自然灾害有效可行的办法是在科学研究基础上,进行风险评估和区划,将自然灾害管理由危机管理转变为风险管理^[3]。进行干旱风险管理的研究,将促进我国各级政府部门特别是防旱抗旱部门在干旱方面的科学管理,提高我国在干旱管理研究领域的科学技术水平,变被动防御为主动应变,从而大大提高抗旱减灾的效果^[4]。灾害风险评估是通过灾害风险按一定指标进行科学、系统分析,其评估结果是减灾缓灾政策形成的决策依据^[5-6],开展干旱灾害风险评估对防旱抗旱具有重要的指导意义。

传统的农业旱灾风险分析数学方法是概率统计方法,即通过对旱灾频发地区历史上不同风险水平发生的频次进行概率分析,得到风险概率分布^[5]。但干旱风险评估的研究随着研究者的不断深入和提高以及决策部门对评估结果的精度要求不断提高,需要在信息不完备情况下进行干旱灾害风险评估与区划研究,以便能够满足区域干旱灾害风险管理决策的要求^[6]。近年来,有些学者提出了基于软计算思想的自然灾害模糊风险计算理论,其目的是对复杂的自然灾害系统,数据资料缺乏或不完备的区域进行科学可靠的风险评估,更充分地表达概率估计的模糊不确定性,为选取减灾方案提供更多的有用可靠信息^[3]。模糊数学方法是根据风险的不确定性,运用模糊数学理论发展的一类评估方法^[7],如基于信息分配理论的评价法、模糊聚类分析法、模糊综合评判法等。基于信息分配理论的模糊数学评价方法,可以通过优化利用样本模糊信息来弥补小样本导致的信息不足,而广西田东县境内缺乏农业干旱历史统计资料,故本研究采用基于信息分配理论的模糊数学评价方法对广西田东县农业干旱风险进行评估。

1 农业干旱综合指标分析

在水文干旱、农业干旱、气象干旱等干旱中,气

象干旱表现得最为直接,是其它类型干旱发生的先导^[8]。从发生先后来说,一般农业干旱虽迟于气象干旱,但农业干旱灾害的致灾因子从发生机理来分析主要是降水、气温、蒸发等气象因子,干旱的评价指标较多,一般难以用单一指标全面地反映干旱,因此研究者可以根据不同的研究目标,选择适宜的干旱指标来预测、评估旱情的发生、发展和变化情况^[9],为风险管理决策者提供抗旱减灾决策依据。由于进行干旱气候风险分析能把干旱实际情况真实地反映出来,根据旱情发展采取必要的防旱抗旱措施来有效地降低农业干旱灾害风险,进而减少或减轻农业干旱灾害损失,因此可通过对干旱气象因子分析来进行农业干旱致灾因子的风险分析。目前水分平衡干燥度指数研究是国内外的研究趋势^[10],该指数是以降水与可能蒸散的对比关系来进行干湿气候变化分析,近年来国内外干旱研究使用较多的是 Thornthwaite 干燥度指数,该干燥度指数能清楚地表示其物理意义、并能根据实时监测的基本气象观测资料进行计算,但该指数对降水异常、短期有无干旱的现象表征不十分敏感,仅用此指数还不能全面反映农业干旱的实际情况,因此本研究采用 Thornthwaite 水分平衡干燥度指数与能反映短期降水有效性特征和异常有效降水的有效降水指数相融合建立该区域干旱综合指标^[11]。该综合指数除了能在季节间进行比较外还能在地域之间进行比较,不但能反映季节性干旱而且还能反映短期干旱,是对诸如田东县缺乏历史干旱资料的类似区域进行干旱风险评估研究的理想指数。

1.1 建立农业干旱综合指数

Thornthwaite 方法是 Thornthwaite 于 1948 年提出的一种关于可能蒸散量的国际通用计算方法,年最大可能蒸散量(PE)的计算公式为:

$$PE = \sum_{i=1}^{12} k_i e_i \quad (1)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, 12$, k_i 为第 i 月的标准换算因子,根据不同纬度查询换算因子表可获取 k_i 值;

$$e_i = \begin{cases} = 16(10 \frac{T}{I})^a & 0^\circ\text{C} \leq T \leq 26.5^\circ\text{C} \\ = 0 & T \leq 0^\circ\text{C} \\ = -415.85 + 32.24T - 0.43T^2 & T \geq 26.5^\circ\text{C} \end{cases} \quad (2)$$

e_i 为第 i 月的最大可能蒸散量, $i = 1, 2, \dots, 12$, T 为月平均气温($^\circ\text{C}$), I 为由所在区域气温高低决定的温度指数, a 是温度指数 I 的函数, I 和 a 的计算公式为:

$$I = \sum_{i=1}^{12} (T_i/5)^{1.514} \quad i = 1, 2, \dots, 12 \quad (3)$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.79 \times 10^{-2} \times I + 0.4924$$

Thornthwaite 干燥度指数 dr 是一个基于水分平衡的干燥指数,把最大蒸散量 e_i 作为需水量,再求出降水量与需水量的差值,把差值与需水量的比值作为干旱程度的评价指标。由于在计算最大蒸散量时考虑了气温,这样就把降水量、气温、蒸发等气象

因子有机结合在一起,干燥度指数 dr 的计算公式如下:

$$dr_i = \frac{P_i - e_i}{e_i} \quad (4)$$

式中, P_i 为月降水量; e_i 为月份最大可能蒸散量。

可根据 dr_i 表征的干旱等级程度 G_i 进行划分,分为无旱、轻度干旱、中度干旱、重度干旱、特大干旱 5 个等级,具体如表 1 所示。

表 1 Thornthwaite 指数干旱等级程度划分标准表^[12]

Table 1 Grading standard table for the Thornthwaite Index drought degree

干旱等级说明 Drought level description	特大干旱 Serious drought	重度干旱 Severe drought	中度干旱 Moderate drought	轻度干旱 Mild drought	无旱 No drought
指数 Index dr_i	< -0.75	-0.75 ~ -0.5	-0.5 ~ -0.25	-0.25 ~ -0	> 0
等级 Grade G_i	4	3	2	1	0

有效降水指数:由于 Thornthwaite 干旱指数反映的是一个时段的降水与气温和蒸发的关系,对于特定区域降水特多或特少的极端异常现象无法反映,而近些年由于全球气候变化带来的异常气候现象又频繁出现。因此,提出用以描述降水对干旱缓和的有效降水指数^[11],按下式计算:

$$dr_p = \frac{NP_d}{\max(NP_d) - \min(NP_d)} \quad (5)$$

其中: dr_p 代表有效降水指数, NP_d 指在某时段内 ≥ 5 mm 以上的降水天数, $\max(NP_d)$ 指同时段数据系列内的最大数, $\min(NP_d)$ 为最小数。可根据 dr_p 表征的干旱程度对等级 G_p 进行划分,也可划分为无

旱、轻度干旱、中度干旱、重度干旱、特大干旱 5 个等级,具体如表 2 所示。

综合干旱指数:由于 Thornthwaite 干旱指数表征特征难以反映特定区域异常降水情况,因此与有效降水指数相结合来建立干旱综合评估指数,以便能充分反应干旱的实际情况,按下式计算:

$$C = \begin{cases} dr_1 & \text{当 } G_i = G_p \\ dr_1 + 0.125\Delta d & \text{当 } G_i \neq G_p \end{cases} \quad (6)$$

式中, C 为综合干旱指数; dr_1 为 Thornthwaite 指数; $\Delta d = G_i - G_p$; G_i 为 Thornthwaite 指数表征的干旱程度等级; G_p 为有效降水指数表征的干旱程度等级。根据综合干旱指数划分的干旱程度等级标准如表 3。

表 2 有效降水指数干旱程度等级划分标准^[12]

Table 2 Grading standards of drought degree by the effective precipitation index

干旱等级说明 Drought level description	特大干旱 Serious drought	重度干旱 Severe drought	中度干旱 Moderate drought	轻度干旱 Mild drought	无旱 No drought
指数 Index dr_p	< 0.125	0.125 ~ 0.25	0.25 ~ 0.375	0.375 ~ 0.5	> 0.5
等级 Grade G_p	4	3	2	1	0

表 3 综合干旱指数干旱程度等级划分标准^[12]

Table 3 Grading standard of drought degree by the comprehensive drought index

干旱等级说明 Drought level description	特大干旱 Serious drought	重度干旱 Severe drought	中度干旱 Moderate drought	轻度干旱 Mild drought	无旱 No drought
指数 Index C	< -0.75	-0.75 ~ -0.5	-0.5 ~ -0.25	-0.25 ~ 0	> 0
等级 Grade G	4	3	2	1	0

1.2 干旱综合指数计算结果分析

根据田东县气象站 1990—2010 年历年逐日降水量和月平均温度数据,按照(3)式计算得到温度指数 I ,再根据(2)式可计算最大可能蒸散量 e_j ,进而

用(1)式可得到年最大可能蒸散量 PE ,再利用(4)式即可计算得到每年逐月干燥指数 dr_j ,依季节月份平均即可求得历年各季节干旱指数。同理,利用历年逐日降水量数据统计分析得到各年季节有效降水天数

及其最大、最小值,进而利用(5)式容易计算得到历年各季节的有效降水指数 dr_p ,由此按照(6)式最终求得

田东县综合干旱指数,并按照表 3 的划分标准,得到综合干旱指数及干旱程度等级结果如表 4 所示。

表 4 田东县历年季节综合干旱指数及干旱程度表

Table 4 The season comprehensive drought index and drought degree in calendar year of Tiandong County

年份 Year	冬 Winter		春 Spring		夏 Summer		秋 Autumn	
	指数 C Index	干旱程度 Drought degree						
1990	0.86	无旱 No drought	0.71	无旱 No drought	0.28	无旱 No drought	0.41	无旱 No drought
1991	-0.74	重旱 Severe drought	-0.64	重旱 Severe drought	0.84	无旱 No drought	-0.64	重旱 Severe drought
1992	0.77	无旱 No drought	-0.70	重旱 Severe drought	0.26	无旱 No drought	-0.58	重旱 Severe drought
1993	0.76	无旱 No drought	-0.30	中旱 Moderate drought	0.32	无旱 No drought	-0.13	轻旱 Mild drought
1994	-0.92	特旱 Serious drought	-0.11	轻旱 Mild drought	1.04	无旱 No drought	-0.11	轻旱 Mild drought
1995	0.47	无旱 No drought	-0.55	重旱 Severe drought	0.15	无旱 No drought	-0.56	重旱 Severe drought
1996	-0.85	特旱 Serious drought	0.57	无旱 No drought	0.77	无旱 No drought	-0.49	中旱 Moderate drought
1997	-0.28	中旱 Moderate drought	0.77	无旱 No drought	0.56	无旱 No drought	0.25	无旱 No drought
1998	-0.60	重旱 Severe drought	-0.33	中旱 Moderate drought	0.60	无旱 No drought	-0.42	中旱 Moderate drought
1999	-0.49	中旱 Moderate drought	0.26	无旱 No drought	0.48	无旱 No drought	-0.16	轻旱 Mild drought
2000	-0.30	中旱 Moderate drought	0.01	无旱 No drought	-0.03	轻旱 Mild drought	0.05	无旱 No drought
2001	-0.39	中旱 Moderate drought	-0.19	轻旱 Mild drought	0.92	无旱 No drought	-0.19	轻旱 Mild drought
2002	-0.09	轻旱 Mild drought	-0.37	中旱 Moderate drought	0.37	无旱 No drought	-0.25	轻旱 Mild drought
2003	0.65	无旱 No drought	-0.26	中旱 Moderate drought	0.09	无旱 No drought	-0.32	中旱 Moderate drought
2004	-0.38	中旱 Moderate drought	-0.09	轻旱 Mild drought	0.06	无旱 No drought	-0.63	重旱 Severe drought
2005	-0.48	中旱 Moderate drought	-0.01	轻旱 Mild drought	0.11	无旱 No drought	-0.46	中旱 Moderate drought
2006	-0.30	中旱 Moderate drought	-0.12	轻旱 Mild drought	0.24	无旱 No drought	-0.46	中旱 Moderate drought
2007	-0.55	重旱 Severe drought	-0.36	中旱 Moderate drought	0.28	无旱 No drought	-0.11	轻旱 Mild drought
2008	-0.26	中旱 Moderate drought	-0.33	中旱 Moderate drought	0.13	无旱 No drought	0.79	无旱 No drought
2009	-0.74	重旱 Severe drought	-0.07	轻旱 Mild drought	0.10	无旱 No drought	-0.63	重旱 Severe drought
2010	1.13	无旱 No drought	-0.05	轻旱 Mild drought	0.41	无旱 No drought	-0.06	轻旱 Mild drought

2 基于模糊信息分配法的广西田东县干旱风险分析

2.1 信息分配定义^[5,13-14]

假设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是一个样本, x_1 是观测值(Observation),即样本点(Sample point),令 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 是监测空间一些标准点集合,则 U 称为 X 的一个离散论域。

一般为了方便地进行数学处理,常假设 X 是一个随机样本,且总体中样本有相同的出现机会,并假设 $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 是独立同分布随机变量。

令 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是一个给定样本, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 是它的一个离散论域, u 是从 $X \times U$ 到 $[0, 1]$ 的一个映射,即

$$u: X \times U \rightarrow [0, 1]$$

$$(x, u) \mapsto u(x, u), \forall (x, u) \in X \times U$$

如果 $u(x, u)$ 满足以下条件:

(1) $\forall x \in X$, 若 $\exists u \in U$, 使 $x = u$, 则 $u(x,$

$u) = 1$, 即 u 是自反的(Reflexive);

(2) 对于 $x \in X, \forall u', u'' \in U$, 若 $\|u' - x\| \leq \|u'' - x\|$, 则 $u(x, u') \geq u(x, u'')$, 即: 当 $\|x - u\|$ 增加时, u 递减(Decreasing);

$$(3) \sum_{i=1}^m u(x_i, u_j) = 1, i = 1, 2, \dots, n$$

即信息守恒(Conserved), 则称 $u(x, u)$ 为 X 在 U 上的信息分配(Information distribution)。 u 称作 X 在 U 上的分配函数(Distributed information), $u_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 称作控制点(Controlling point), 样本点 x_i 分配给控制点 u_j 量值为 $q_{ij} = u(x_i, u_j)$ 的信息, q_{ij} 称作“样本点 x_i 给控制点 u_j 的分配信息”(Distributed information)。 U 也称作控制点空间(Space of controlling point)。信息分配能在选定的控制点空间上展示一个样本的信息结构。

$$\text{令 } Q_j = \sum_{i=1}^n q_{ij}, j = 1, 2, \dots, m$$

该式表明样本 X 提供总量为 Q_j 的信息给控制点 u_j 。

Q_j 称作控制点 u_j 获得的信息总量。 $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_m)$ 称作 X 在 U 上的原始信息分布 (Primary information distribution)。一般来说, 一维线性信息分配是最简单的信息分配函数。

模糊信息分配方法是通过小样本的信息扩散将原始样本点转化成模糊集, 来弥补数据本身由于不完备性引起的信息空白, 通过样本的信息扩散能较多地利用样本信息, 进而提高分析计算的精度和稳定性, 是用模糊集方法研究函数逼近的一种新途径, 具有比传统直方图精度高的优点。

模糊信息分配将样本点所携带的信息依照程度不同地归于有关的两类, 最简单的是线性分配模型。本研究首先通过计算得到田东县 1990—2010 年的各月及季度的综合干旱指数后, 根据模糊线性信息分配方法, 通过分析计算即可得到干旱综合指数的概率分布函数, 然后采用超越极限概率方法分时段对田东县农业干旱进行风险评估。

2.2 基于信息分配的干旱综合指数概率分布

利用田东县 1990—2010 年各季节的干旱综合指数计算结果, 把该计算结果作为评估数据样本 X , 然后利用模糊信息线性分配方法, 并按下式^[5] 计算田东县农业干旱综合指数在各干旱程度等级内的模糊概率 q_{ij} 。

$$q_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{|x_i - u_j|}{\Delta} & |x_i - u_j| \leq \Delta \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (7)$$

q_{ij} 是指第 i 个指数值在第 j 个等级的模糊概率, x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 是样本组中的第 i 个指数值, u_j 是某个等级区间的中点值, $\Delta = u_j - u_{j-1}$ ($j = 2, 3, \dots, m$) 是信息分配区间长度, m 为等级控制点个数。样本指数值 x_i 经过信息分配后, 被模糊地分配到不同等级中, 这样在事先不假定分布函数的情况下, 指数值 x_i 通过按等级区间模糊信息分配后, 即可得到样本 X 的总体概率分布估计的函数分布图。

2.3 超越极限概率

按照表 3 综合干旱指数干旱程度等级划分标准, 可取综合干旱指数样本 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。根据信息分配定义, 一般 x_i 常取论域 U 中的某一元素 u_i , 如轻度干旱概率取 $u = -0.125$, 中度干旱概率取 $u = -0.375$, 重度干旱概率取 $u = -0.625$, 特大干旱概率取 $u = -0.875$, 则超越 u_i 的概率值为

$$P(u \leq u_i) = \sum_{k=m}^i (u_k) \quad (8)$$

3 田东县农业干旱风险评估

为了充分利用每个样本携带的信息, 防止信息

波动或丢失, 所以取控制点 (等级) $m = 15$, 区间长度 $\Delta = u_j - u_{j-1} = 0.25$, 则论域 $U = \{-0.875, -0.625, -0.375, -0.125, 0.125, 0.375, 0.625, 0.875, 1.125, 1.375, 1.625, 1.875, 2.125, 2.375, 2.625\}$, 根据 (7) 式计算得田东县各月、季节时段的农业气象干旱风险概率, 季节尺度农业气象干旱风险概率, 并依此绘制田东县冬、春、夏、秋各季节干旱风险概率折线图如图 1。从田东县季节尺度农业干旱风险概率分布图形式表明, 它不具有线性、周期性、指数、正态等典型函数的分布特征, 所以采用模糊线性信息分配方法比事先假定的各种典型分布函数进行干旱概率分布估计用于风险评估要优越, 更能反映数据真实情况, 更科学合理和可靠。

根据信息分配定义及分析计算的需要, 取综合干旱指数值 x_i 为论域 U 中的某一元素 u_i , 可取轻度干旱概率 $u = -0.125$, 中度干旱概率 $u = -0.375$, 重度干旱概率 $u = -0.625$, 特大干旱概率 $u = -0.875$, 利用式 (8) 进行计算后可得到超越 u_i 概率的农业干旱各程度等级的超越极限概率, 同时应用连续无雨日数指标并运用传统的概率统计分析法得到了该区域农业干旱程度等级的概率, 两者分析计算的结果详见表 5。由表 5 结果可以看出, 采用综合指标与单一指标并利用现代数学方法与传统数学方法分析得到的结果存在较大差异, 可明显地看出连续无雨日数利用传统概率统计方法分析得到结果比实际干旱程度偏重, 几乎每年都发生干旱, 且夏季发生中度干旱的概率高达 72.73%, 这与实际调查的结果很不吻合, 主要原因是采用单一指标不能全面表征农业干旱的发生机理、复杂性、多因素性、模糊性等特性, 同时历史数据系列较短, 采用传统概率统计方法进行分析存在较大偏差。而采用干旱综合指数的模糊信息分配法得到结果表明田东县近 20 年来的农业干旱, 春季发生干旱的风险概率为 72.78%, 发生中度干旱以上的风险概率为 38.38%, 发生重度干旱以上的风险概率为 12.92%, 发生特大干旱以上的风险概率为 1.17%; 而秋季发生干旱的风险概率为 80.5% (最大), 发生中度干旱以上的风险概率为 50.79%, 发生重度干旱以上的风险概率为 27.96%, 发生特大干旱以上的风险概率为 0.41%; 冬、夏季节发生干旱及干旱程度的风险概率可类似推理, 得到评价结果与实际调查情况较吻合。因此本研究采用干旱综合指数的模型信息分配法得到结果对田东县的干旱程度进行评估, 显然可看出田东县多年来农业干旱以春、秋干旱为主, 发生频率较高, 而冬季干旱风险也很高, 但冬季干旱造成的农

业干旱损失相对小于春秋季节。夏季是田东县降水最丰沛的季节,通常占到全年降水的 70% 左右,故该季节干旱风险低。从重现期看,田东县春、秋农业干旱几乎年年都可能发生,中度、重度干旱三五年可

能发生一次,因此田东县农业亟需进行相关抗旱的工程和非工程措施,以预防和应对区域频发的农业干旱灾害,减少干旱带来的各种损失。

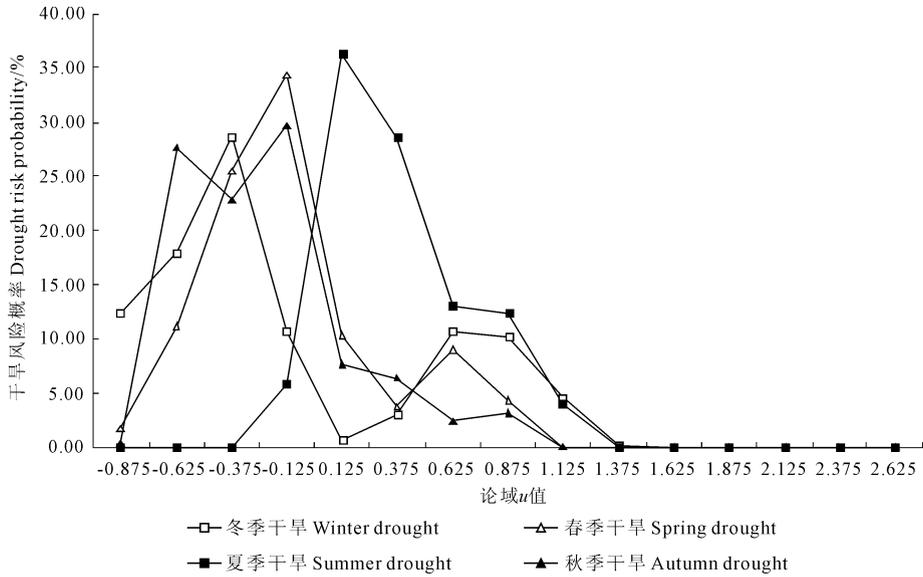


图 1 田东县季节尺度农业干旱风险概率折线分布图

Fig. 1 The seasonal scale agriculture drought risk probability polyline drawing of Tiandong County

表 5 田东县季节尺度农业干旱概率风险表

Table 5 The season-scale agriculture drought probability risk of Tiandong County

季节 Season	评估指标 Assessment index	评估方法 Assessment methods	干旱 Drought		中旱 Moderate drought		重旱 Severe drought		特旱 Serious drought	
			风险 Risk /%	重现期 Reappearing period/a	风险 Risk /%	重现期 Reappearing period/a	风险 Risk /%	重现期 Reappearing period/a	风险 Risk /%	重现期 Reappearing period/a
冬 Winter (12, 1, 2月)	干旱综合指数 Drought composite index	模糊信息分配法 Fuzzy information distribution	69.79	1.4	59.10	1.7	30.42	3.3	12.43	8.0
	连续无雨日数 Successive rainless days	概率统计分析法 Probability and statistics analysis	95.45	1.0	90.90	1.1	59.09	1.7	9.09	11.0
春 Spring (3, 4, 5月)	干旱综合指数 Drought composite index	模糊信息分配法 Fuzzy information distribution	72.78	1.4	38.38	2.6	12.92	7.7	1.71	58.5
	连续无雨日数 Successive rainless days	概率统计分析法 Probability and statistics analysis	95.45	1.0	81.81	1.2	9.09	11	4.55	22.0
夏 Summer (6, 7, 8月)	干旱综合指数 Drought composite index	模糊信息分配法 Fuzzy information distribution	5.79	17.3	0.00	—	0.00	—	0.00	—
	连续无雨日数 Successive rainless days	概率统计分析法 Probability and statistics analysis	95.45	1.0	72.73	1.4	27.27	3.7	4.55	22.0
秋 Autumn (9, 10, 11月)	干旱综合指数 Drought composite index	模糊信息分配法 Fuzzy information distribution	80.50	1.2	50.79	2.0	27.96	3.6	0.41	243.4
	连续无雨日数 Successive rainless days	概率统计分析法 Probability and statistics analysis	95.45	1.0	77.27	1.3	4.55	22.0	0.00	—

4 结 语

由于田东县缺乏农业干旱的历史资料,在农业干旱信息不完备情况下,利用干燥度指数和有效降水指数相结合的气象综合指标计算得到干旱指数及干旱程度结果,并有效利用田东县 1990-2010 年历年逐日降水量和月平均温度数据的样本信息,采用模糊信息分配方法及超越极限概率方法进行田东县农业干旱的风险评估。结果表明,田东县春、秋季节农业干旱可能年年发生,中、重度干旱也是 3~5 a 可能发时 1 次,同时从得到的干旱风险概率折线图表明,采用模糊线性信息分配方法分析计算得到的干旱概率分布估计比预先假定的典型分布模型进行风险评估要优越,比单一指标的传统概率统计分析法得到的评估结果更能反映实际,更具科学合理性和可靠性。

参 考 文 献:

- [1] 张继权,冈田宪夫,多多纳裕一.综合自然灾害风险管理——全面整合的模式与中国的战略选择[J].自然灾害学报,2006,15(1):29-37.
- [2] 李中锋,刘昌明,王红瑞.构建干旱防备系统—减免干旱灾害损

失[J].中国水利,2011,(6):75-79.

- [3] 黄崇福,张俊香,陈志芬,等.自然灾害风险区划图的一个潜在发展方向[J].自然灾害学报,2004,13(2):9-15.
- [4] 顾 颖.风险管理是干旱管理的发展趋势[J].水科学进展,2006,17(2):295-298.
- [5] 黄崇富.自然灾害风险评价—理论与实践[M].北京:科学出版社,2006.
- [6] 张俊香,黄崇福.自然灾害软风险区划图模式研究[J].自然灾害学报,2005,14(6):20-25.
- [7] 徐新创,刘成武.干旱风险评估研究综述[J].咸宁学院学报,2010,30(10):5-9.
- [8] 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.
- [9] 李星敏,杨文峰,高 蓓,等.气象与农业业务化干旱指标的研究与应用现状[J].西北农林科技大学学报(自然科学报),2007,35(7):111-116.
- [10] 孟 猛,倪 健,张治国.地理生态学的干燥度指数及其应用评述[J].植物生态学报,2004,28(6):853-861.
- [11] 彭贵芬,张一平,赵宁坤.基于信息分配理论的云南干旱风险评估[J].气象,2009,(7):79-86.
- [12] 彭贵芬,刘 瑜,张一平.云南干旱的气候特征及变化趋势研究[J].灾害学,2009,24(4):40-44.
- [13] 陈晓楠.农业干旱灾害风险管理理论与技术[D].西安:西安理工大学,2008.
- [14] Lotfi A. Zadeh.模糊集与模糊信息粒理论[M].阮达,黄崇福,译.北京:北京师范大学出版社,2008.

(上接第 168 页)

- [4] 田 苗,王鹏新,孙 威.基于地表温度与植被指数特征空间反演地表参数的研究进展[J].地球科学进展,2010,25(7):698-705.
- [5] Sandholt I, Rasmussen K, Andersen J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of soil moisture status[J]. Remote Sensing of Environment, 2002,79(2/3):213-224.
- [6] 王鹏新,龚健雅,李小文.条件植被温度指数及其在干旱监测中的应用[J].武汉大学学报(信息科学版),2001,26(5):412-418.
- [7] 王鹏新,Wan Zhengming,龚健雅,等.基于植被指数和土地表面温度的干旱监测模型[J].地球科学进展,2003,18(4):527-533.
- [8] 孙 威,王鹏新,韩丽娟,等.条件植被温度指数干旱监测方法的完善[J].农业工程学报,2006,22(2):22-26.
- [9] 韩 萍,王鹏新,张树誉,等.基于条件植被温度指数的干旱预测研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2010,35(10):1202-1206,1259.
- [10] Lorenz E N. Deterministic non-periodic flows[J]. Journal of Atmospheric Science, 1963,20(2):130-141.
- [11] Takens F. Determining strange attractors in turbulence[J]. Lecture Notes in Mathematics, 1981,898(29):361-381.
- [12] Grassberger P, Procaccia I. Measuring the strangeness of strange at-

tractors[J]. Physics Letters D, 1983,9(12):189-208.

- [13] Lu Jinjun, Wang Zhiqian. Internet traffic data flow forecast by RBF neural network based on phase space reconstruction[J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2006,23(4):316-323.
- [14] Alan L, Robert F. The geometry of shape space: application to influenza[D]. Los Alamos national laboratory, 1988.
- [15] 孙 涛,李 健,郑 豫,等.基于神经网络的混沌时间序列预测[J].成都信息工程学院学报,2008,23(2):126-131.
- [16] 王永生,范洪达,尚崇伟,等.混沌时间序列的神经网络预测研究[J].海军航空工程学院学报,2008,23(1):21-25.
- [17] 张 允,赵景波.近 200 年来关中地区干旱灾害时空变化研究[J].干旱区资源与环境,2008,22(7):94-98.
- [18] Moody J E, Darken C. Fast learning in networks of locally tuned processing units[J]. Neural Computation, 1989,1(2):281-294.
- [19] 侯姗姗,王鹏新,田 苗.基于相空间重构与 RBF 神经网络的干旱预测模型[J].干旱地区农业研究,2011,29(1):224-230.
- [20] 田 苗,王鹏新,严泰来,等.Kappa 系数的修正及在干旱预测精度及一致性评价中的应用[J].农业工程学报,2012,28(24):1-7.