

基于熵权法的田东县农业干旱识别与评价研究

康永辉^{1,2}, 解建仓¹, 黄伟军³, 沈冰¹, 杨云川⁴

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

摘要: 干旱在我国是一种常见的自然现象, 农业干旱灾害每年给国家和人民造成了严重的经济损失。为防患于未然和减轻干旱缺水的影响, 不少国内外学者对干旱识别与评价开展了研究。本研究采用基于供需水量平衡的评价指标和用均值化方法处理得到的供需水相对指数作为熵权法的评价指标对农业干旱进行识别与评价, 对属南亚热带季风气候区的田东县内不同农业区域的易旱区及干旱月、季度变化趋势、干旱程度进行识别与评价。分析计算的结果表明, 熵权法用于识别与评价旱地农业干旱具有合理性, 评价的结果与干旱实际情况较吻合, 对干旱识别与评价是一种有效可行的方法。

关键词: 熵权法; 农业干旱; 供需水量平衡; 评价指标

中图分类号: S423

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)05-0825-08

Identification and evaluation of Tiandong county agricultural drought based on entropy weight method

KANG Yong-hui^{1,2}, XIE Jian-cang¹, HUANG Wei-jun³, SHEN Bin¹, YANG Yun-chuan⁴

(1. Institute of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048;
2. Guangxi Water Conservancy and Power Institute, Nanning 530023;
3. Guangxi Hydraulic and Electric Vocational & Technical College, Nanning 530023;
4. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041)

Abstract: Drought is a familiar natural phenomenon in China, and agricultural drought disaster has caused serious economic losses to the state and the people each year. To take preventive measures to reduce the impact of drought and water shortage, many scholars at home and abroad have committed to the identification and evaluation of agricultural drought research. In this study, index of water supply and demand balance, and relative index of water supply and demand based on average value method were used as entropy weight coefficient index to identify and evaluate the drought differences, drought's month and quarter transformation trends and drought degree in different agricultural regions of Tiandong county, which is located in South Asia tropical monsoon climate zone. The analysis and calculation results show that the entropy weight method for identification and evaluation of agricultural drought in dry lands are reasonable, and the evaluation results are more consistent with the drought actual situation. It is an effective and feasible method.

Key words: entropy weight method; agricultural drought; water balance of supply and demand; evaluation index

干旱灾害在我国是一种普遍自然现象。据有关部门统计, 全国的干旱灾害损失高达 GDP 的 2%。国内不少学者对干旱灾害展开了研究, 将干旱分为 4 种类型: 气象干旱、农业干旱、水文干旱以及社会经济干旱^[1-2]。干旱和洪水、地震、火山爆发等一

样, 是对人类威胁十分严重的自然变异。而干旱又有一个不同于其它自然灾害的特点, 即其“识别”问题^[3], 因此干旱灾害研究最先需解决的就是干旱的识别问题, 识别干旱是干旱研究的第一步, 也是选用干旱预防方式及治理措施和减轻干旱灾害损失的先

决条件。农业是人类社会的衣食之源及生存之本，是我国国民经济的基础，是支撑整个国民经济不断发展与进步的保证。农业干旱给我国每年造成巨额的直接经济损失，对农业干旱的识别与评价显得尤其重要。农业干旱，从成因角度分析，降水量等气象因素是农业干旱灾害形成的主要原因^[3]，一般常采用降雨量标准差指标、正负距平指标等进行农业干旱分析和研究农业干旱发展规律^[4-5]。田东县位于桂西中部，全县辖 12 个乡镇，总面积 2 816 km²，地处北回归线上，属南亚热带季风气候区，历年平均降雨量为 1 178.9 mm，平均日照时数为 1 805.5 h，地形错综复杂，地貌类型多样，县境各地受地形影响，降雨量差异较大，降雨在地区、年际、年内间分配不均。据资料统计建国后从 1950 年至今发生田东县发生旱灾 50 次，平均每 1.17 年发生 1 次，是一个“十年九旱”的地区，农业干旱极其严重，对该地区的农业干旱易旱区及干旱程度进行识别将为干旱科学管理及防控措施制定提供理论支持。本研究采用熵权法基于年内月、季间供需水量平衡评价指标和用均值化方法处理得到的供需水相对指数评价指标，对田东县旱地农业干旱易旱区及干旱月、季度变化趋势、干旱程度进行识别与评价分析，并用降水量距平百分率方法识别得到的结果与熵权法分析得到的年、季干旱程度结果进行对比。结果表明，熵权法评价法得出的结果与实际情形比较一致，因此采用熵权法进行干旱识别是一种可行的方法。

1 识别与评价模型

1.1 熵权法

1.1.1 熵权的基本概念 在 1948 年，申农 (C.E. Shannon) 提出了信息熵的定义，指出信息熵是物理学熵概念的延伸，根据熵的内涵，评价指标提供信息的多少和强弱程度，决定它在项目评估或多目标决策中的相对重要程度或差异变化。在项目评估或决策时，人们常常要考虑每个评价指标 (或各目标、属性) 的相对重要程度或差异变化，最直接和简便的方法是给各指标赋予权重^[5]。目前评价指标权重的方法一般有主观赋权法如层次分析法 (AHP) 和客观赋权法 2 种，主观赋权法往往与决策者的知识层次和个人喜好有关，“仁者见仁，智者见智”，使得评价结果因人的主观因素而造成偏差；客观赋权法与评价数据的内在特征紧密相关，避免因人为认识的差别而对评价结果造成影响^[6-8]。信息熵反映了数据本身的效用值，运用其来评价指标的权重系数，能反映各指标的客观成分差异，“熵权”法是一种客

观赋权方法，是一种在综合考虑各因素提供信息量的基础上计算一个综合指标的数学方法^[9-13]。由于信息熵能客观表征数据本身性质差异，因此采用熵权法对田东县旱地农业进行干旱识别与评价，首先根据分析区域的作物种类以及分布、种植面积、作物不同发育期需水要求等统计计算农作物不同月份的需水量大小，然后与区域内可供水量 (主要指降水量) 大小进行比较，得出供需水量差值，用差值大小的熵加权综合评价来评判易旱区和干旱程度。

1.1.2 建立评价矩阵 以田东县义圩、朔良、那拔、思林北部作为 I 区；祥周、平马、林逢、思林中部作为 II 区；作登、印茶、江城、思林中部作为 III 区共计 12 个乡镇 3 个分区的旱地农业作为评价对象 i ($m=12$)，对旱地农业各月需水量与对应分区供水 (主要指降水量) 比较，用得到的分区 12 个月余水量或供需水相对指数作为评价指标 j ($n=12$)，由此构成评价矩阵 R ：

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

1.1.3 对评价矩阵 R 进行归一化处理 得到标准处理后的矩阵 Q ， Q 的元素为 q_{ij} ：

$$q_{ij} = \frac{r_{ij} - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \quad (2)$$

式中： r_{\max} 指同一评价指标下不同对象中最满意者； r_{\min} 指同一评价指标下不同对象中最不满意者。

1.1.4 确定评价指标熵值 根据熵的定义，对 m 个评价对象， n 个评价指标，确定第 j 个指标的熵 H_j 为：

$$H_j = -\left(\sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}\right) / \ln n \quad (3)$$

式中： $f_{ij} = q_{ij} / \sum_{i=1}^m q_{ij}$ ，($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$)，(假定当 $f_{ij}=0, f_{ij} \ln f_{ij}=0$)。

从式 (3) 可知，当各评价对象在指标 j 上的值完全相同时， $H_j=H_{\max}=1$ ，而熵值为 0，这意味着指标 j 对决策者未提供任何信息，可以考虑把该指标删除，当 r_{ij} 的值相差越大，熵值较小，表明该指标提供了较多信息，作用也越大，其权值也较大。

1.1.5 利用熵值确定评价指标的熵权

$$\psi_j = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{j=1}^n H_j} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

1.1.6 确定熵加权综合评价值 G_i 被评价对象指标熵加权综合评价值 G_i 可按下式计算：

$$G_i = \sum_{j=1}^m \psi_j \times q_{ij} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (5)$$

G_i 取值为 [0,1] 之间, 其值越大, 表明区域农业干旱相对容易发生, 且干旱程度越重, 其值越小, 农业干旱相对不易发生, 且干旱程度越轻。用上述方法求出指标熵加权综合评价值 G_i 后, 即可对各被评价对象做出定量评价排序和定性分级。

1.2 降水量距平百分率方法

降水量距平百分率指某一时段内降水量与多年

同期平均降水量之差占多年同期平均降水量的比值, 以百分率表示。该指标的计算表达式为:

$$D_p = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \quad (6)$$

式中: D_p , 降水量距平百分率, %; P , 计算时段内降水量, mm; \bar{P} , 多年同期平均降水量, mm。

依中华人民共和国水利部批准《旱情等级标准》(SL424—2008)规定^[14], 降水量距平百分率旱情等级划分如表 1。

表 1 降水量距平百分率旱情等级划分标准
Table 1 Drought classification standards of precipitation anomaly percentage

旱情等级 Drought level	降水量距平百分率 D_p % Precipitation anomaly percentage D_p		
	月尺度 Month scale	季尺度 Season scale	年尺度 Year scale
轻度干旱 Mild	$-60 < D_p \leq -40$	$-50 < D_p \leq -25$	$-30 < D_p \leq -15$
中度干旱 Moderate	$-80 < D_p \leq -60$	$-70 < D_p \leq -50$	$-40 < D_p \leq -30$
严重干旱 Severe	$-95 < D_p \leq -80$	$-80 < D_p \leq -70$	$-45 < D_p \leq -40$
特大干旱 Serious	$D_p \leq -95$	$D_p \leq -80$	$D_p \leq -45$

2 采用熵权法对田东县农业干旱相对易旱区的识别与评价

本研究应用熵权法, 以田东县 12 个乡镇 3 个分区的旱地农业为对象进行农业相对易旱区的识别与评价。

首先建立评价指标体系, 对田东县 12 个乡镇 3 个分区的旱地农业需水量与对应分区供水量 (主要指降水量) 比较, 用得到的分区余缺水量作为评价

指标。统计田东县分区内各乡镇农业作物种类以及分布、种植面积、作物不同发育期需水量, 计算得到各评价对象的逐月需水量, 对应地统计各评价对象的逐年逐月供水量 (主要指降水量), 用逐月供水量减去逐月需水量, 得到供需余缺水量 (单位万 m^3) 作为评价指标 ($n=12$) 与 12 个乡镇旱地农业评价对象 ($m=12$) 构成评价矩阵 $R=(r_{ij})_{m \times n}$ 。限于篇幅, 本研究以 2010 作为算例进行阐述, 2010 年的评价矩阵 $R=(r_{ij})_{12 \times 12}$ 如下:

$$R = \begin{bmatrix} 192.18 & -204.05 & -226.05 & 226.79 & 138.28 & 652.67 & 130.24 & 224.18 & 406.15 & -145.17 & -215.35 & -14.65 \\ 353.85 & -375.69 & -416.19 & 417.56 & 254.60 & 1201.69 & 239.80 & 412.76 & 747.80 & -267.29 & -396.50 & -26.98 \\ 203.15 & -215.69 & -238.95 & 239.73 & 146.17 & 689.92 & 137.67 & 236.98 & 429.33 & -153.46 & -227.64 & -15.49 \\ 177.40 & -188.35 & -208.66 & 209.34 & 127.64 & 602.47 & 120.22 & 206.94 & 374.91 & -134.01 & -198.78 & -13.52 \\ 89.50 & -248.19 & -221.56 & 231.42 & 108.37 & 573.74 & 131.50 & 214.14 & 352.03 & -176.29 & -208.87 & -86.53 \\ 71.15 & -197.29 & -176.12 & 183.97 & 86.15 & 456.09 & 104.54 & 170.23 & 279.85 & -140.14 & -166.04 & -68.79 \\ 269.00 & -745.96 & -665.91 & 695.56 & 325.72 & 1724.44 & 395.25 & 643.62 & 1058.07 & -529.87 & -627.79 & -260.09 \\ 63.10 & -174.99 & -156.21 & 163.16 & 76.41 & 404.52 & 92.72 & 150.98 & 248.20 & -124.30 & -147.27 & -61.01 \\ 341.63 & -411.89 & -455.97 & 419.80 & 301.44 & 1262.27 & 254.42 & 439.04 & 810.78 & -259.82 & -437.46 & -41.21 \\ 231.48 & -279.09 & -308.96 & 284.45 & 204.25 & 855.30 & 172.39 & 297.49 & 549.37 & -176.05 & -296.42 & -27.92 \\ 162.53 & -195.96 & -216.93 & 199.72 & 143.41 & 600.53 & 121.04 & 208.87 & 385.73 & -123.61 & -208.12 & -19.61 \\ 201.04 & -242.38 & -268.32 & 247.04 & 177.39 & 742.81 & 149.72 & 258.36 & 477.12 & -152.90 & -257.43 & -24.25 \end{bmatrix}$$

按式 (2) 对 12 个灌区 2010 年各月余缺水量评价指标值进行标准化处理后得到矩阵 $Q=(q_{ij})_{12 \times 12}$ 如下: 以标准化值评价矩阵 Q 为基础, 利用式 (2)、(3)、(4) 可依次求出 f_{ij} 、熵值 H_j 、熵权 ψ_j 。根据式 (5) 可计算得出各乡镇分区的加权综合评价值 G_i , 并对干旱相对轻重程度排序, 其评价结果列于表 2。

另外采用均值无量纲化方法处理田东县各分区 1990~2010 年逐月农业需水量和降水量数据, 然后用处理后的降水序列与对应月份各分区无量纲化的需水量相除, 得到供需水相对指数。同理利用式 (2)、(3)、(4)、(5) 采用供需水相对指数作为熵权法的评价指标进行评价分析, 其结果也列于表 2。

$$Q = \begin{bmatrix} 0.4440 & 0.9491 & 0.8630 & 0.1195 & 0.2482 & 0.1880 & 0.1240 & 0.1486 & 0.1950 & 0.9469 & 0.8583 & 0.9954 \\ 1.0000 & 0.6485 & 0.4899 & 0.4778 & 0.7147 & 0.6040 & 0.4862 & 0.5314 & 0.6169 & 0.6463 & 0.4813 & 0.9454 \\ 0.4817 & 0.9287 & 0.8377 & 0.1438 & 0.2798 & 0.2162 & 0.1486 & 0.1746 & 0.2237 & 0.9265 & 0.8327 & 0.9920 \\ 0.3931 & 0.9766 & 0.8971 & 0.0867 & 0.2055 & 0.1500 & 0.0909 & 0.1136 & 0.1565 & 0.9744 & 0.8928 & 1.0000 \\ 0.0908 & 0.8718 & 0.8718 & 0.1282 & 0.1282 & 0.1282 & 0.1282 & 0.1282 & 0.1282 & 0.8703 & 0.8718 & 0.7039 \\ 0.0277 & 0.9609 & 0.9609 & 0.0391 & 0.0391 & 0.0391 & 0.0391 & 0.0391 & 0.0391 & 0.9593 & 0.9609 & 0.7759 \\ 0.7082 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.9983 & 1.0000 & 0.8074 \\ 0.9580 & 0.5851 & 0.4119 & 0.4820 & 0.9026 & 0.6499 & 0.5345 & 0.5847 & 0.6946 & 0.6647 & 0.3961 & 0.8877 \\ 0.5791 & 0.8177 & 0.7003 & 0.2278 & 0.5128 & 0.3415 & 0.2634 & 0.2974 & 0.3719 & 0.8709 & 0.6896 & 0.9416 \\ 0.3420 & 0.9633 & 0.8809 & 0.0687 & 0.2688 & 0.1485 & 0.0936 & 0.1175 & 0.1698 & 1.0000 & 0.8734 & 0.9753 \\ 0.4744 & 0.8820 & 0.7800 & 0.1575 & 0.4050 & 0.2563 & 0.1884 & 0.2180 & 0.2827 & 0.9279 & 0.7707 & 0.9565 \end{bmatrix}$$

表 2 田东县 2010 年各乡镇旱地农业相对易干旱区加权综合评价值

Table 2 Comprehensive evaluation of the value-weighted of dry land agricultural relatively drought-prone areas the in townships of Tiandong county in 2010

分区 Zone	乡镇名称 Name of township	旱地面积 Dry land area	易干旱次序 Easy drought order	余缺水量指标评价 Index evaluation of surplus shortage water		供需水相对指数指标评价 Relative index evaluation of water supply and demand	
				乡镇次序 Township order	综合评价值 G_i	乡镇次序 Township order	评价结果
					综合评价值 G_i		评价结果
I 区 zone I	义圩 Yixu	4.03	1	林逢 Linfeng	0.818 6	林逢 Linfeng	1.000 0
	朔良 Suliang	7.42	2	作登 Zuodeng	0.644 7	作登 Zuodeng	0.842 8
	那拔 Naba	4.26	3	朔良 Suliang	0.609 1	朔良 Suliang	0.830 6
II 区 Zone II	思林北部 Silinbeibu	3.72	4	印茶 Yinchā	0.419 5	印茶 Yinchā	0.622 5
	祥周 Xiangzhou	3.56	5	思林南部 Silinnanbu	0.357 3	思林南部 Silinnanbu	0.519 0
	平马 Pingma	2.83	6	那拔 Naba	0.326 9	那拔 Naba	0.478 0
	林逢 Linfeng	10.70	7	义圩 Yixu	0.306 3	义圩 Yixu	0.430 7
	思林中部 Silinnanbu	2.51	8	思林北部 Silinbeibu	0.278 6	祥周 Xiangzhou	0.386 4
III 区 Zone III	作登 Zuodeng	7.63	9	江城 Jiangcheng	0.278 6	思林北部 Silinbeibu	0.357 8
	印茶 Yinchā	5.17	10	祥周 Xiangzhou	0.236 5	江城 Jiangcheng	0.332 5
	江城 Jiangcheng	3.63	11	平马 Pingma	0.177 0	平马 Pingma	0.149 2
	思林南部 Silinnanbu	4.49	12	思林中部 Silinbeibu	0.151 0	思林中部 Silinzhongbu	0.001 7
	合计 Total	59.95		平均 Average	0.383 7	平均 Average	0.495 9

嫡权法是在综合考虑各相关指标提供信息量的基础上计算一个综合指标的方法。 G_i 取值为 [0,1] 之间,其值越大,表明区域农业干旱相对易发生,干旱程度相对严重。由表 2 可知,2010 年林逢镇旱地农业干旱最易发生,其次为作登、朔良、印茶等,反映了余缺水量评价指标评价旱地农业易干旱区的合理性。林逢乡镇本地实际上总水量丰富,但其耕地面积大部分属无法灌溉的雨养旱地农业,多年来时常发生干旱,评价得到的结果与实际相符。因此

对于区域雨养旱地农业而言,容易发生干旱与否的决定性指标是降水,时段内降水量的多少决定着该区干旱程度。田东县总体水资源量较为丰富,经常发生农业干旱的主要原因是由于缺乏农田水利工程和水源工程在农作物缺水时节进行灌溉,形成工程型缺水。因此加快对田东县农田水利灌溉工程和水源工程的建设步伐,目前是解决该区域农业干旱的主要手段。对于该县其他年份的干旱情况具有类似的结论,在此不再赘述。

3 田东县农业干旱程度识别及月、季尺度变化趋势

类似地对田东县分区农业干旱随时间变化趋势进行分析研究。采用供需水相对指数作为熵权法的评价指标进行评价分析, 同样以 2010 年作为算例进行阐述。利用式 (2)、(3)、(4) 可求出逐月各分区旱地干旱对农业生产的影响权重 ψ_j , 根据式 (5) 计算各乡镇分区的加权综合评价值 G_i , 由于相对指数采用降水量与需水量的相对比例, 所得综合评价值 G_i 反映了降水对需水的贡献, 其值越小, 说明降

水对需水的贡献越小, 干旱程度就越严重, 为了与余缺水量指标区分开, 采用 $D_i=1-G_i$ 作为最终的综合评价, 取值为 $[0,1]$, 根据计算分析结果与实际调查情况并参照文献[15]的有关划分标准和方法对熵权法分析的干旱成果进行了旱情等级初步划分, 共划分为无旱、轻度干旱、中度干旱、严重干旱、特大干旱 5 级, D_i 旱情划分等级标准见表 3。对供需水相对指数熵权法计算分析得到的逐月、季节尺度农业干旱轻重程度进行排序, 分析得到的 2010 年成果列于表 4。

表 3 熵权法综合评价值 D_i 旱情等级划分标准

Table 3 Drought classification standards through comprehensive evaluation value D_i based on entropy weight method

旱情等级 Drought level	熵权法综合评价值 D_i Comprehensive evaluation value D_i based on entropy weight method
无旱 No	$D_i \leq 0.65$
轻度干旱 Mild	$0.65 < D_i \leq 0.70$
中度干旱 Moderate	$0.70 < D_i \leq 0.75$
严重干旱 Severe	$0.75 < D_i \leq 0.80$
特大干旱 Extreme	$D_i > 0.80$

表 4 田东县 2010 年逐月和季节干旱程度次序

Table 4 Month by month and seasonally drought degree order in Tiandong county in 2010

干旱程度次序 Order of drought degree	2010 年逐月干旱轻—重排序 Mild - serious sort of drought from month to month in 2010			2010 年季节干旱评分 Season drought score result in 2010			
	月份 Month	综合评价值 D_i	对应降水/mm Corresponding rainfall	季节干旱 Season drought	月份 Month	综合评价值 D_i	季节连旱 Season successive drought
1	3 月 Mar.	0.989 5	0.3	冬 Winter	12 月 Dec.	0.786 5	冬春连旱
2	2 月 Feb.	0.982 9	2.4		1 月 Jan.		Winter spring
3	11 月 Nov.	0.976 7	14.3		2 月 Feb.		successive drought
4	10 月 Sept.	0.902 1	37.0	春 Spring	3 月 Mar.	0.674 7	0.754 7
5	12 月 Dec.	0.773 4	79.3		4 月 Apr.		
6	7 月 Jul.	0.573 5	133.0	夏 Summer	5 月 May	0.347 3	秋旱
7	5 月 May	0.570 4	135.0		6 月 Jun.		Autumn drought
8	1 月 Jan.	0.549 1	142.2		7 月 Jul.		0.716 6
9	8 月 Aug.	0.468 5	188.0	秋 Autumn	8 月 Aug	0.716 6	0.716 6
10	4 月 Apr.	0.464 4	163.0		9 月 Sep.		
11	9 月 Sept.	0.271 1	265.0		10 月 Oct.		
12	6 月 Jun.	0.000 0	322.0		11 月 Nov.		
2010 年度干旱综合评价值 Comprehensive evaluation value of drought in 2010		0.626 8	1 481.5	年度最早季节 Annual serious drought season	冬 Winter		冬春连旱 Winter spring successive drought

由表 4 知, 田东县 2010 年春季的 2、3 月, 秋季的 10、11 月, 冬季的 12 月, 会出现农业干旱且易旱; 从季节干旱来看, 2010 年田东县冬、春、秋季会发生农业干旱, 夏季降水丰沛, 不会出现农业干旱; 从连旱季节来看, 2010 年田东县会发生冬春

连旱。采用类似方法可对其他年份进行逐月、季节尺度旱地农业干旱程度评价分析, 并得出类似的结论, 在此不再赘述。

通过对田东县 1990~2010 年逐月、季节尺度旱地农业干旱程度的评价分析, 按时间序列绘制

1990~2010年逐月旱地农业干旱程度变化曲线如图1。由曲线图易知,田东县年际干旱具有类似的特征,主要为冬、春、秋旱,由于冬季干旱农业损失相对较低,因此,田东县的农业干旱主要为春、秋季节的干旱。

基于对以上各年旱地农业干旱程度的分析成

果,统计了1990~2010年每年干旱程度综合评价、年度最大季节干旱、最大季节连旱情况如表5。为了对熵权法识别与评价的干旱成果进行验证,同时采用了降水量距平百分率利用1990~2010年的降水量进行了干旱程度识别计算,其计算结果列于表6。

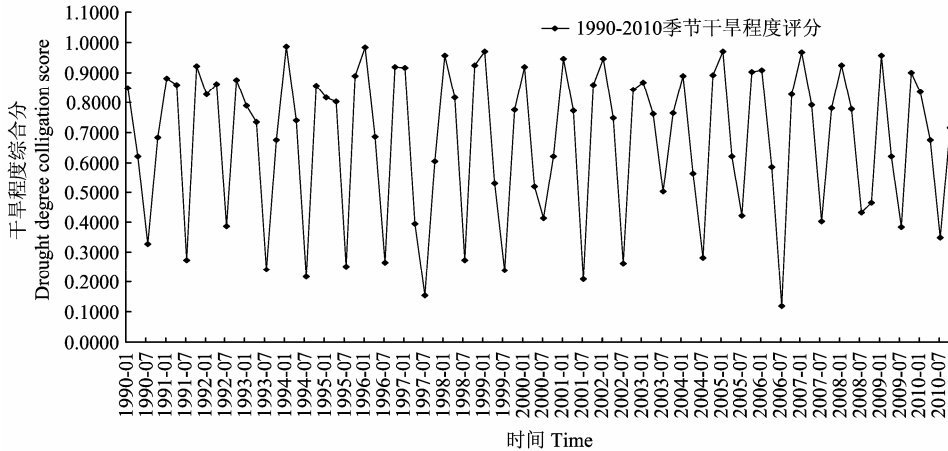


图1 田东县1990-2010多年季节尺度旱地农业干旱程度变化曲线

Figure 1 Dryland agriculture drought degree transformation curve of many years season scale from 1990 to 2010 in Tiandong county

表5 田东县1990~2010年度旱地农业干旱程度统计结果

Table 5 Annual statistics results of dry land agriculture drought degree from 1990 to 2010 in Tiandong county

序号 Serial number	年份排序 Order for year	综合评价价值 D_i Comprehensive evaluation value	干旱程度 Drought degree	最早季节 Serious drought season	连旱季节 Successive drought season	年度降水量/mm Annual rainfall mm
1	1998	0.746 3	中旱 Moderate drought	冬 Winter	冬春连旱	1 087.6
2	1992	0.742 9	中旱 Moderate drought	秋 Autumn	冬春连旱	982.6
3	2007	0.736 7	中旱 Moderate drought	冬 Winter	冬春连旱	1 091.1
4	1991	0.733 4	中旱 Moderate drought	秋 Autumn	冬春连旱	1062.1
5	2003	0.732 6	中旱 Moderate drought	冬 Winter	冬春连旱	997.5
6	2005	0.724 6	中旱 Moderate drought	冬 Winter	冬春连旱	1 005.7
7	1996	0.713 8	中旱 Moderate drought	冬 Winter	冬春连旱	1 231.2
8	2009	0.713 2	中旱 Moderate drought	冬 Winter	冬春连旱	833.6
9	1995	0.702 4	中旱 Moderate drought	秋 Autumn	冬春连旱	783.0
10	2001	0.701 4	中旱 Moderate drought	冬 Winter	冬春连旱	1 401.7
11	2002	0.689 2	轻旱 Light drought	冬 Winter	冬春连旱	1 112.6
12	1994	0.688 2	轻旱 Light drought	冬 Winter	冬春连旱	1 458.2
13	2004	0.657 5	轻旱 Light drought	秋 Autumn	冬春连旱	865.5
14	2008	0.649 7	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	1 352.7
15	2010	0.626 8	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	1 481.5
16	1999	0.626 1	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	1 295.8
17	1993	0.621 6	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	1 192.6
18	1990	0.620 2	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	1 349.8
19	2000	0.616 2	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	975.2
20	2006	0.615 3	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	975.6
21	1997	0.514 1	无旱 No drought	冬 Winter	冬春连旱	1 562.2

冬春连旱 Winter spring successive drought.

从表 5 和表 6 成果可以看出, 用熵权法评价得到的结果与用降水量距平百分率方法得到的年、季干旱程度结果存在一定的差异, 但整体评价结果基本一致。由于降水量距平百分率法主要单纯从降水总量方面进行农业干旱判别, 田东县地处亚热带季风湿润地区, 全年降水量较为丰沛, 因此对干旱评估的干旱程度较实际干旱程度偏低, 但熵权法采用

综合加权评价值, 客观的反映了农业干旱轻重程度及易旱程度, 因此两者的划分结果存在一定差异, 但整体来说, 两种方法评价结果比较统一。结果表明田东县近 20 年旱地农业干旱 1998 年最为严重, 其次为 1992 年。最早季节主要为冬旱和秋旱, 而冬春季节连旱又是田东县农业干旱的主要特征。

表 6 田东县降水量距平百分率指标对 1990~2010 年干旱等级划分结果

Table 6 Precipitation anomaly percentage indicator of drought classification results from 1990 to 2010 in Tiandong county

年份 Year	不同时间尺度降水距平指标及干旱等级 Different time scale precipitation anomaly index and drought level									
	春 Spring	等级 Level	夏 Summer	等级 Level	秋 Autumn	等级 Level	冬 Winter	等级 Level	年 Year	等级 Level
1990	28.69		-3.38		46.16		-64.48	III	17.63	
1991	-58.72	III	26.96		-57.93	III	131.40		-7.44	
1992	-77.91	II	-3.32		-51.08	III	-60.24	III	-34.37	III
1993	-25.18	IV	-1.21		34.68		-92.42	I	3.93	
1994	16.74		46.52		-2.20		103.31		27.07	
1995	-54.19	III	-21.03		-48.81	IV	-79.64	II	-31.77	III
1996	27.84		25.61		-39.51	IV	-10.28		7.29	
1997	89.50		11.71		60.51		-4.05		36.14	
1998	-27.21	IV	25.35		-54.83	III	-75.24	II	-35.22	III
1999	54.13		2.45		11.36		-24.74		12.92	
2000	16.14		-39.48	IV	26.82		5.17		-15.02	IV
2001	4.55		37.15		5.16		1.24		22.15	
2002	-16.59		3.49		-15.90		64.42		-3.04	
2003	-19.23		-22.22		15.80		-16.03		-13.07	
2004	4.63		-25.28	IV	-56.82	III	-51.84	III	-24.58	IV
2005	28.33		-19.65		-34.79	IV	-12.81		-12.36	
2006	-1.12		-8.76		-33.35	IV	-43.56	IV	-14.98	
2007	-18.21		-5.61		22.88		16.68		-4.92	
2008	-20.04		-12.35		152.98		-77.67	II	17.88	
2009	7.02		-22.89		-57.51	III	104.30		-27.36	IV
2010	20.83		5.94		46.39		83.38		29.11	

I. 特大 Extreme; II. 严重 Severe; III. 中度 Moderate; IV. 轻度 Mild

4 结论

本研究采用熵权法对田东县旱地农业干旱特征进行分析计算, 首先采用了分区逐月余水量指标和供需水相对指数指标, 对田东县 2010 年各分区旱地农业干旱易旱区进行了识别与评价。其次, 对 1990~2010 年田东县旱地农业干旱程度进行了分析计算, 得出了田东县 1990~2010 年逐月干旱程度次序及月、季尺度变化趋势, 对田东县各年旱地农业干旱程度做出综合评价, 对 1990~2010 年田东县干旱程度进行了排序, 分析了各年的季节干旱程度次序和最易发生干旱的季节、连旱季节等。得到的

易旱分区, 月、季、年次序及干旱程度成果可为田东县防旱抗旱减灾决策和措施的实施提供科学参考。综上, 熵权法对区域农业干旱进行识别与评价, 是一种简单可行的方法。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张晓煜, 杨晓光, 李茂松, 等. 农业干旱预警研究现状及发展趋势[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(11): 18-22.
- [3] 冯平, 朱元胜. 干旱灾害的识别途径[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(3): 41-47.

- [4] 冯平, 李绍飞, 王仲珏. 干旱识别与分析指标综述[J]. 中国农村水利水电, 2002(7): 13-15.
- [5] 杨丽娜, 吴智杰, 许新路, 等. 基于标准化降水指数的邢台地区的干旱特征[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(11): 120-24.
- [6] 楼成君, 陈有才, 吕有名. 熵权多目标决策法在水资源系统决策分析中的应用[J]. 浙江水利科技, 2005, 137(1): 20-22.
- [7] 张星, 张春桂, 陈惠, 等. 熵权理论在定量评价农业气象综合灾情中的应用[J]. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1907-1910.
- [8] 李磊, 吴晓华, 李圭白. 熵权理论在我国六省水污染损害评估中的应用[J]. 中国给水排水, 2006, 22(8): 101-104.
- [9] 冯翠红, 余建民. 基于熵权系数法的地下水防污性能评价[J]. 人民黄河, 2010, 32(3): 55-59.
- [10] 罗军刚, 解建仓, 阮本清. 基于熵权的水资源短缺风险模糊综合评价模型及应用[J]. 水利学报, 2008, 39(9): 1092-1097.
- [11] 张先起, 梁川, 刘慧卿. 基于熵权的属性识别模型在地下水水质综合评价中的应用[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2005, 37(3): 28-31.
- [12] 赵晓慎, 张超, 王文川. 基于熵权法赋权的贝叶斯水质评价模型[J]. 水电能源科学, 2011, 29(6): 33-35.
- [13] 白艳芬, 马海州, 沙占江, 等. 基于熵权法的南水北调西线工程区生态环境综合评价[J]. 盐湖研究, 2008, 16(1): 12-16.
- [14] 中华人民共和国水利部. SL424-2008 旱情等级标准[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2009.
- [15] 张伟兵, 朱云枫. 区域场次特大旱灾评价指标体系与方法探讨[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2008, 6(2): 111-117.