

邓岚, 马箐, 王俊, 等. 农业旱灾适应性综合评价分析——以云南省施甸县为例[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 102–108.
[Deng Lan, Ma Qing, Wang Jun, et al. Comprehensive Assessment and Analysis on Agricultural Drought Adaptability——Taking Shidian County of Yunnan Province as an Example[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(2): 102–108.]

农业旱灾适应性综合评价分析

——以云南省施甸县为例*

邓 岚^{1,2,3}, 马 箐^{3,4}, 王 俊^{1,5}, 王志强^{2,3}

(1. 民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 北京师范大学, 北京 100875; 2. 民政部国家减灾中心/民政部卫星减灾应用中心, 北京 100124; 3. 民政部灾害评估与风险防范重点实验室, 北京 100124; 4. 北京师范大学教育学部, 北京 100875; 5. 中国人民财产保险股份有限公司农业保险事业部/三农保险部, 北京 100022)

摘 要: 农业旱灾是对我国农业生产影响最大的灾害之一, 不同区域的旱灾成灾过程有所差异, 如何定量评价旱灾发生过程中承灾体对农业旱灾的适应能力, 一直是旱灾研究中的重点和难点。基于投影寻踪评价模型(PPE), 能够将高维数据投影到低维空间里, 并基于改进的遗传算法(RAGA)优化投影方向, 最终实现多指标的农业旱灾适应能力分类以及等级评价。由“灾前规避风险–灾中降低风险–灾后转移风险”的不同成灾过程, 并考虑农业生产、生活系统的差异, 从而对我国西南典型雨养农业区进行系统性、过程性的农业旱灾适应性评价。以乡镇为评价单元, 结果表明研究区域的整体适应能力是不断增强的, 且存在一定的区域差异, 其中中部坝区以及南部山区适应能力较强, 北部山区相比较弱。模型计算结果基本与实地考察情况基本一致, 最后对该地区的农业旱灾适应情况进行分析, 并提出有效的适应措施和建议。

关键词: 农业旱灾; 适应性评价; 投影寻踪; 云南省施甸县

中图分类号: S423; X4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2014)02–0102–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.02.021

由于全球极端天气的发生频率不断增大, 带来各种灾害频繁发生。而在众多灾害中, 干旱仍然作为主要的自然灾害之一, 对我国的粮食产量以及农业活动持续造成影响。干旱具有普遍性、季节性、连续性和地域性等多样特征, 近年来全球气候变暖导致重特大旱灾频发, 防灾减灾工作面临更严峻的挑战。随着需求的增长、有限的供给以及气候变化的影响, 干旱将会变得越来越频繁和严重^[1]。我国农村人口占人口总量的50%以上, 众多的农业人口由于收入水平较低, 生产生活条件较差, 因此抵御和应对自然灾害的能力较弱。在最基本的农业生产过程中, 农户是受农业旱灾的直接影响对象以及政府采取各项减灾措施的直接响应对象^[2]。而旱灾作为一种渐发、累进式的灾害, 从增强适应能力的角度可以更好地应对旱灾从而降低灾害风险。随着灾害学研究领域对于“调整适应”观点的引入, 适应性研究更加注

重人类在经历灾害打击以后, 通过长期调整自身行为, 从而在下次灾害中尽可能规避风险, 降低风险和转移风险, 从而减少损失^[3]。在自然环境不断变化的过程中, 干旱事件的发生规律也在改变, 人类应该主动调整自身行为适应这些变化。

2009年底到2010年, 我国西南五省(市), 即云南、四川、贵州、重庆以及广西发生特大旱灾, 在这场秋冬春三季连旱的灾害中, 受旱耕地面积近7 000万hm², 并造成两千多万人饮水困难。云南自古就是干旱频发且分布广泛的地区^[4], 本文以云南省施甸县为例, 通过实地调查详细了解该地区的干旱情况, 并在此基础上建立农业旱灾适应性评价指标体系, 进一步采取投影寻踪法构建评价模型进行农业旱灾适应性评价。研究结果有利于西南地区更好地进行防灾工作, 寻求合理有效的防灾减灾对策, 为区域旱灾适应策略提出建议参考, 从而降低农业旱灾风险。

* 收稿日期: 2013–08–29 修回日期: 2013–10–13

基金项目: 国家自然科学基金资助(41001059)

作者简介: 邓岚(1969–), 女, 云南昆明人, 副研究员, 主要从事自然灾害风险研究. E-mail: denglan69@sohu.com

通信作者: 马箐(1990–), 女, 重庆石柱人, 硕士研究生, 主要从事自然灾害风险研究.

E-mail: 201221010062@mail.bnu.edu.cn

1 基于加速遗传算法(RAGA)的投影寻踪评价模型

1.1 投影寻踪评价模型(PPE)

投影寻踪是处理高维数据,尤其是高维非正态数据的一类统计方法,其基本思想是将高维数据投影到低维子(一般1~3维)空间里,从而寻找能够反映原来数据的结构或特征的投影,以达到研究和分析高维数据的目的^[5-7]。在农业旱灾适应性的评价中引入投影寻踪评价模型(Projection Pursuit Evaluation Model,简称PPE模型)可以有效解决多指标综合评价问题,还可以合理评价各种指标对农业旱灾适应性的影响程度,具有研究的现实意义。

投影寻踪评价模型(PPE)建模步骤如下^[8-11]。

1.1.1 评价指标的标准化

设第*i*个样本第*j*个指标为, $x_{ij}^*(i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m)$,*n*为样本个数,*m*为指标个数,由于各指标的量纲不尽相同或者数值范围相差较大。因此,在建模之前需要对数据进行归一化处理,数据处理公式如下:

$$x(i,j) = \frac{x^*(ij) - x_{\min}(j)}{x_{\max}(j) - x_{\min}(j)}, \quad (1)$$

$$x(i,j) = \frac{x_{\max}(j) - x^*(ij)}{x_{\max}(j) - x_{\min}(j)}。 \quad (2)$$

其中正向影响指标的标准化选用式(1),负向影响指标选用式(2)。式中: $x_{\max}(j)$ 和 $x_{\min}(j)$ 分别为第*j*个指标的初始最大值和最小值, $x(i,j)$ 为指标特征值的标准化值。

1.1.2 线性投影

所谓投影实质上就是从不同的角度去观察数据,寻找最能充分挖掘数据特征的最优投影方向。可在单位超球面中随机抽取若干个初始投影方向 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$,计算其投影指标的大小,根据指标选大的原则,最后确定最大指标对应的解为最优投影方向。

设 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$ 为*m*维单位向量,也即为各指标在各投影方向上的方向向量,则第*i*个样本在一维线性空间的投影特征值 $z(i)$ 的表达式为:

$$z(i) = \sum_{j=1}^m \alpha_j x_{ij} (i=1,2,\dots,n)。 \quad (3)$$

1.1.3 构造目标函数

在综合投影指标值时,要求投影值 $z(i)$ 的散布特征为局部投影点尽可能密集,最好凝聚成若干个点团,而在整体上投影点团之间尽可能分散开来。

为了将样本间的干旱脆弱性程度区分开,可以用分类指标作为目标函数:

$$Q(\alpha) = S_z D_z。 \quad (4)$$

式中: S_z 为样本投影值 $z(i)$ 的标准差; D_z 为投影值

$z(i)$ 的局部密度。类间距离用样本序列的投影特征值方差计算。

$$S_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z(i) - \bar{z})^2}{n-1}}, \quad (5)$$

式中: \bar{z} 为序列 $\{z(i) | i=1,2,\dots,n\}$ 的均值, S_z 愈大,散布愈开。

设投影特征值间的距离 $r_{ij} = |z_i - z_k| (i,k=1,$

$2,\dots,n)$,则 $d(\alpha) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (R - r_{ik}) f(R - r_{ik})$, $f(t)$

为一阶单位阶跃函数, $t \geq 0$ 时,其值为1; $t < 0$ 时,其

值为0。在此 $f(R - r_{ik}) = \begin{cases} 1 & R \geq r_{ik} \\ 0 & R < r_{ik} \end{cases}$, R 为估计局部

散点密度的窗宽参数,按宽度内至少包括一个散点的原则进行选定,其取值与样本数据的结构相关,可基本确定其合理取值的范围为 $r_{\max} < R \leq 2m$,其中, $r_{\max} = \max(r_{ik}) (i,k=1,2,\dots,n)$ 。类内密度 $d(\alpha)$ 愈大,分类愈显著。

1.1.4 优化最优投影

当评价指标的样本值给定时,投影指标函数 $Q(\alpha)$ 只随投影方向 α 的变化而变化。不同的投影方向反映不同的数据结构特征,最佳投影方向就是最大可能暴露高维数据某类特征结构的投影方向。

因此,可通过求解投影指标函数最大化问题来估计最佳投影方向,即:

$$\text{目标函数: } \max Q(\alpha) = S_z D_z。 \quad (6)$$

$$\text{约束条件: } \|\alpha\| = \sum_{j=1}^m \alpha^2(j) = 1。 \quad (7)$$

这是以 α_j 为优化变量的复杂非线性优化问题,如果使用传统的优化方法进行处理较难实现。因此,本文应用模拟生物优胜劣汰与群体内部染色体信息交换机制的基于实数编码的加速遗传算法(RAGA)来解决高维全局寻优的问题。

1.2 基于实数编码的加速遗传算法(RAGA)

遗传算法是由美国密执安大学的Holland教授提出的,是模拟生物在自然环境中的遗传和进化过程而形成的一种自适应全局优化概率搜索算法。主要包括选择(selection)、交叉(crossover)和变异(mutation)等操作^[12]。例如求解如下最优化问题,其中目标函数为 $\max: f(X)$,约束条件为 $\alpha_j \leq x_j \leq b_j$ 具体步骤如下:

(1) 在各个决策变量的取值变化区间随机生成*N*组均匀分布的随机变量;

(2) 计算目标函数值,并从大到小排列;

(3) 计算基于序的评价函数(用eval(*V*)表示);

(4) 进行选择操作,产生新的种群;

(5) 对步骤4产生的新种群进行交叉操作;

(6) 对步骤5产生的新种群进行变异操作;

(7) 进化迭代;

(8) 上述 7 个步骤构成标准遗传算法(SGA)。由于 SGA 不能保证全局收敛性,在实际应用中常出现在远离全局最优点的地方,SGA 即停滞寻优工作。为此,可采用第一次、第二次进化迭代产生的优秀个体的变量变化区间作为变量新的初始变化区间,算法进入步骤 1,重新运行 SGA,形成加速运行,则优秀个体区间将逐渐缩小,与最优点的距离越来越近。直到最优个体的优化准则函数值小于某一设定值或算法运行达到预定加速次数,结束整个算法运行。

此时,将当前群体中最佳个体指定为 RAGA 的结果。上述的 8 个步骤就构成了基于实数编码的加速遗传算法(RAGA)。

1.3 基于 RAGA 的 PPE 模型分类评价

将 PPE 模型中投影指标函数 $Q(\alpha)$ 求最大值作为目标函数,各个指标的投影 $\alpha(j)$ 作为优化变量,运行 RAGA 的上述步骤,便可求得最佳投影方向 $\alpha^*(j)$ 及相应的投影值 $z(j)$,从而求得分类结果。同时将适应性等级评价标准按照上述步骤建立 PPE 模型,并得出最佳投影方向下的投影值 $Z(i)$,比较 $z(i)$ 与 $Z(i)$ 之间的距离,距离最近的即为样本的归属等级。

2 农业旱灾适应性评价指标体系

2.1 评价指标体系

干旱是一种渐发性的自然灾害,在自然、社会环境以及经济发展的综合作用下发展而成,在时空分布上具有普遍性。适应则是一种动态的发展过程,人类行为在干旱形成致灾的过程中随自然环境的变化而改变,采取的适应措施多变且多样。农业旱灾的适应则是在长期的环境变化中,面对自然灾害风险采取的应对策略,比如规避风险、转移风险、自我调整等措施^[13]。同样的,适应性也反映了承灾体应对灾害的主观能动性,特别是普通农户的基础抗旱能力,包括防灾能力、抗旱救灾能力和恢复重建能力^[14-15]。区域灾害系统中^[16],承灾体是人类及其活动组成的社会系统,孕灾环境以及致灾因子的变化可能导致社会系统的变化。由于不同尺度承灾体受旱灾影响因素有所不同,本文选择施甸县乡镇

作为评价单元,对小区域尺度承灾体的农业旱灾适应能力进行评价。

灾害发生过程分为灾前 - 灾中 - 灾后三个阶段,由于不同阶段造成的灾害影响有所不同,因此通过“灾前规避风险 - 灾中降低风险 - 灾后转移风险”进行农业旱灾适应性评价。从系统性、过程性两个方面研究农业旱灾适应性,同时考虑农业生产、生活系统的差异,对不同发展阶段进行过程性评价。对于旱灾的时空发展阶段——灾前、灾中、灾后,分别以自然环境、人文环境以及经济条件为主要的阶段性影响因素选取适当的评价指标,构建农业旱灾适应性综合评价指标体系(图 1)。

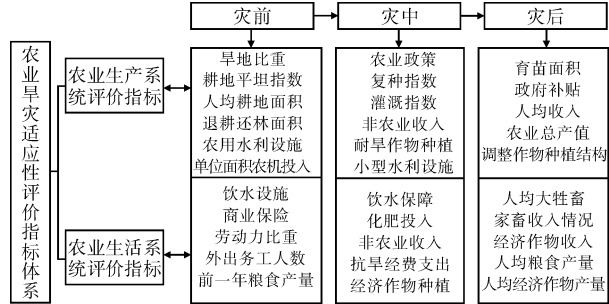


图 1 农业旱灾适应性综合评价指标体系

2.2 评价标准

农业旱灾适应性评价指标选定以后,需要对指标进行适应等级值的划分,才能对农业旱灾适应性进行评价。但是目前还没有统一的农业旱灾适应性评价标准,根据典型区域的自然环境情况以及社会发展,采取如表 1 所示的农业旱灾适应等级划分,选取不同的评价指标进行适应性评价。

文中基于研究区域 1991 - 2011 年数据,分析施甸县 20 多年的统计资料,综合考虑该地区的人口自然增长变化、自然环境改变、城镇化以及退耕还林等因素,确定研究区域的土地资源承载力的标志值;根据多年以来国家政策、农业经济发展以及种植结构调整等因素,推算出该地区作物产量的标志值;结合当地经济发展水平,畜牧业发展条件等,确定该地区载畜能力的标志值。在以上自然社会经济发展条件的基础之上,提出了施甸县各乡镇农业旱灾适应性评价参考标准(表 1)。

表 1 农业旱灾适应性评价标准

指标	含义	适应等级				
		I	II	III	IV	V
旱地比重 / %	$A_1 = \text{旱地面积} / \text{耕地面积}$	> 0.8	0.8 ~ 0.7	0.7 ~ 0.6	0.6 ~ 0.5	< 0.5
人均耕地面积 / hm^2	$A_2 = \text{耕地面积} / \text{总人口}$	> 0.08	0.08 ~ 0.07	0.07 ~ 0.053	0.053 ~ 0.05	< 0.05
人均粮食产量 / t	$A_3 = \text{年末粮食产量} / \text{总人口}$	< 0.3	0.3 ~ 0.35	0.35 ~ 0.38	0.38 ~ 0.41	> 0.41
经济作物合计产量 / t	$A_4 = \text{糖类作物产量} + \text{烤烟产量}$	< 2 000	2 000 ~ 3 500	3 500 ~ 15 000	15 000 ~ 25 000	> 25 000
人均大牲畜 / 头	$A_5 = \text{年末大牲畜头数} / \text{总人口}$	< 0.1	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.4	> 0.4

3 施甸县农业旱灾适应性评价结果与分析

3.1 施甸县概况

施甸县位于云南省西部,保山地区东南部,地理坐标 $98.55^{\circ} \sim 99.21^{\circ}\text{E}$, $24.16^{\circ} \sim 24.59^{\circ}\text{N}$,处于横断山脉的南延部份。境内海拔最低点 560 m,最高 2 895.4 m,海拔相对高差 2 335.4 m。属高原高山亚热带季风气候,是南亚热带季风影响区,境内气候温和,年均温 17.0°C ,四季温差较小。境内多为丘陵山地,整个地势北高南低,地貌以怒江、勐菠萝河、施甸河及东西两列山地夹施甸坝子的“三江二山一坝”为主要特征。地形特征为山高谷深,气候垂直地带性显著,因此形成三种不同类型的气候区域,分别是温凉山区和半山区、中亚热带气候区和南亚热带气候区,素有“一山分四季,十里不同天”的说法,受南亚热带季风影响,全年雨季、干季十分明显。季风气候造成了云南干旱灾害发生的必然性,不稳定的季风活动又造成了云南干旱灾害发生的随机性^[17]。

3.2 农业旱灾适应性评价模型

根据农业旱灾适应性评价等级标准(表 1),利用以上所介绍的基于 RAGA 的 PPE 模型建立评价步骤,构建云南典型雨养农业区乡镇尺度的农业旱灾适应性等级评价模型。

首先选定农业旱灾适应性等级评价标准,将等级作为样本(5 级),从综合评价指标体系(图 1)中选取旱地比重(A_1)、人均耕地面积(A_2)、人均粮食产量(A_3)、经济作物合计产量(A_4)、人均大牲畜(A_5)五项指标构建乡镇评价指标体系,按照其综合性状建立标准样本的 PPE 模型。乡镇评价模型的计算结果见表 2,从评价等级标准 RAGA-PPE 模型计算及误差可以看出,乡镇农业旱灾适应性评价 RAGA-PPE 模型的精度较高(表 2)。

表 2 乡镇农业旱灾适应性等级标准
PPE 模型计算及误差

等级 经验值	样本 投影值	等级 计算值 y	绝对 误差	相对 误差 /%
1	0.01	0.92	0.08	7.75
2	0.34	2.10	-0.10	-5.10
3	0.69	3.14	-0.14	-4.68
4	0.96	3.80	0.20	4.98
5	1.73	5.03	-0.03	-0.69
均值			0.11(绝对值)	4.64(绝对值)

利用 PPE 评价模型,计算实际样本投影值,然后将投影值代入 RAGA-PPE 模型,求得各乡镇农业旱灾适应性等级计算值,再判断样本与标准等级之间的距离,即可判定该样本的归属级。

首先可得最佳投影方向 $\alpha_1^* = (0.006\ 7, 0.003\ 1, 0.558\ 9, 0.584\ 3, 0.588\ 4)$,将 α_1^* 代入式(2)后即得各适应性标准的投影值 $Z(i) = (0.009\ 8, 0.340\ 7,$

$0.687\ 9, 0.955\ 1, 1.731\ 6)$,建立乡镇农业旱灾适应性等级评价的投影寻踪模型(PPE): $y_1^* = -0.845\ 6z_1^2 + 3.860\ 8z_1 + 0.884\ 7, R^2 = 0.992\ 3$ 。

以 1991 年、2007 年的数据结果为例,得出各样本投影值分别为:

$z(i) = (0.452\ 5, 0.615\ 2, 0.134\ 5, 0.439\ 1, 0.308\ 4, 1.203\ 7, 0.298, 0.308\ 8, 0.317\ 8, 0.308\ 8, 0.799\ 6, 1.1924, 0.568)$;

$z(j) = (1.042\ 1, 1.382\ 2, 0.566\ 6, 1.040\ 3, 0.822\ 3, 0.566\ 6, 0.587\ 8, 0.878\ 1, 1.189\ 3, 1.559\ 6, 1.368\ 6, 1.607\ 1, 1.041\ 5)$ 。分别比较 $z(i)$ 、 $z(j)$ 与 $z(i)$ 、 $z(j)$ 之间的距离,从而分别判定样本的归属等级(表 3)。从表 3 中可以看出,相比 2007 年,1991 年各个乡镇的适应等级基本上较低,只有旧城乡的适应等级高于 2007 年。

表 3 1991 年、2007 年农业旱灾适应性评价
结果及其等级划分

样本	1991 年			2007 年		
	投影值	计算值 y^*	归属级	投影值	计算值 y^*	归属级
太平镇	0.45	2.46	2	1.04	3.99	4
姚关镇	0.62	2.94	3	1.38	4.61	5
万兴乡	0.13	1.39	1	0.57	2.80	3
摆榔乡	0.44	2.42	2	1.04	3.99	4
酒房乡	0.31	1.99	2	0.82	3.49	3
旧城乡	1.20	4.31	4	0.57	2.80	3
木老元乡	0.30	1.96	2	0.59	2.86	3
老麦乡	0.31	2.00	2	0.88	3.62	4
何元乡	0.32	2.03	2	1.19	4.28	4
水长乡	0.31	2.00	2	1.56	4.85	5
由旺镇	0.80	3.43	3	1.37	4.58	5
仁和镇	1.19	4.29	4	1.61	4.91	5
甸阳镇	0.57	2.80	3	1.04	3.99	4

3.3 乡镇农业旱灾适应等级

选取 1991 年、1996 年、2002 年、2007 年的各乡镇农业旱灾适应性数据制作等级分布空间图(图 2)。从图中可以看出,2000 年以前该地区各乡镇的旱灾适应等级明显低于 2000 年以后。随着社会的发展,大部分地区的农业旱灾适应能力呈现不断增强的趋势。

基于上述乡镇适应性评价指标体系和模型,利用研究区域 1991-2011 年的数据,对研究区域的农业旱灾适应性进行了评价。结果表明:随着施甸县人口的不断增加,同期耕地面积却呈现减少的趋势,人多地少带来人地矛盾日益突出。而善洲林场的建成从很大程度上改善当地自然环境,植树造林 $3\ 733\ \text{hm}^2$,林场林木覆盖率达 97% 以上,直到 2009 年,施甸县的森林覆盖率提高到了 44.8%,可以有效涵养水源并降低暴雨影响。

由于施甸县南北地形、地势的差异,不同地区乡镇适应农业旱灾的能力也有所差别,从图 3 可以看出,位于中部坝区的甸阳镇以及南部山区的旧城乡的适应性指数较高。施甸河流经甸阳镇,提供较好的水热条件,且甸阳镇是县城所在地,

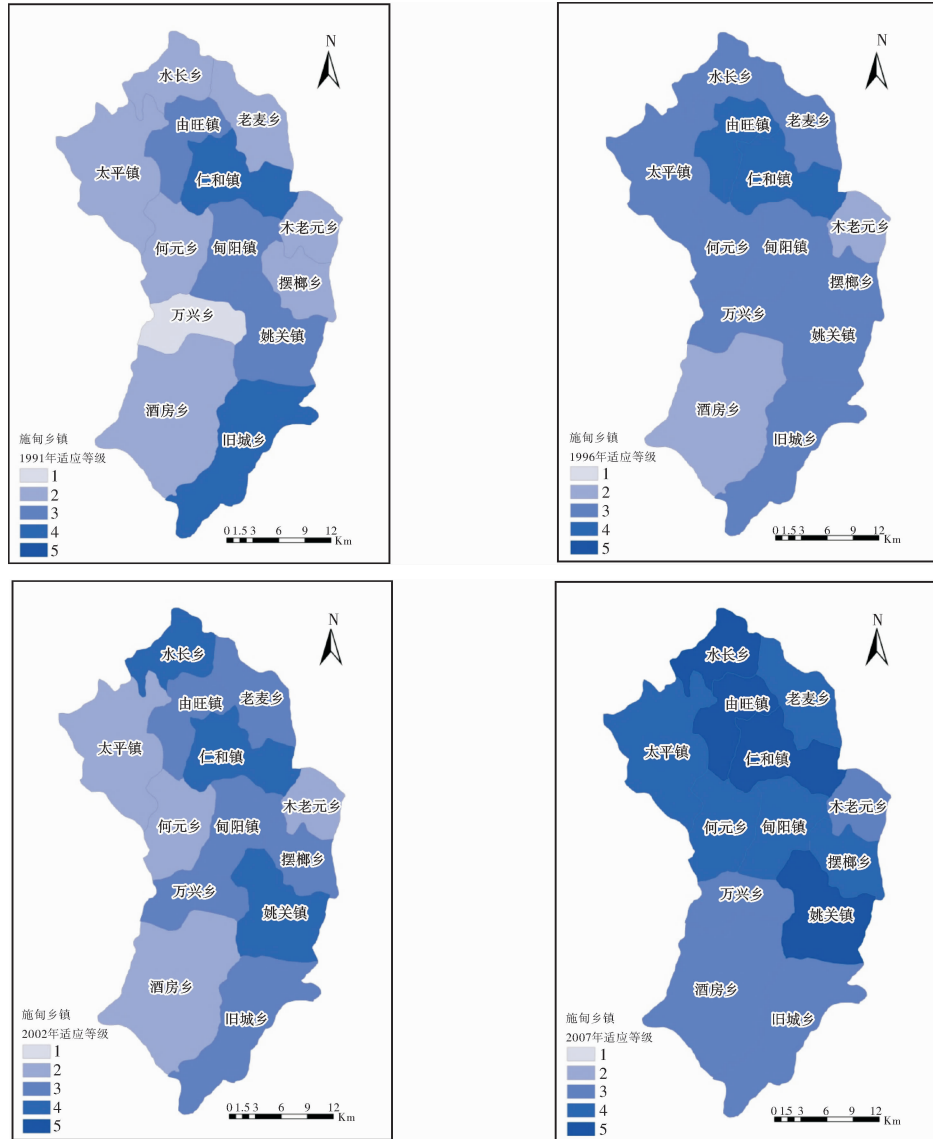


图2 乡镇农业旱灾适应等级空间分布图

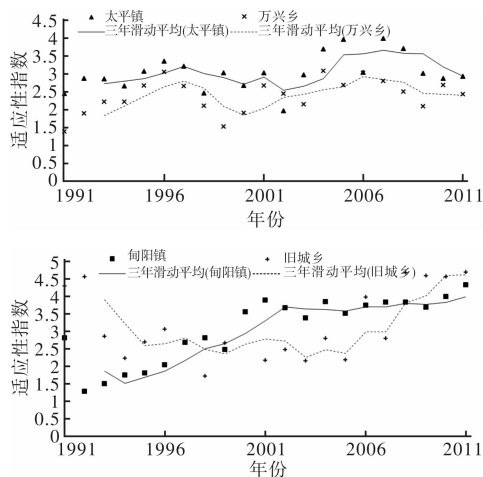


图3 典型乡镇适应等级年际变化

社会经济条件以及地理区位良好,所以旱灾适应能力较强;旧城乡与勐菠萝河相临,且位于施甸县南部,气候条件以及水热环境较好,适于种植

热带水果以及蔬菜,经济作物的大规模种植为旧城乡带来较好的农业经济收入。

进一步分析,由图3中各乡镇适应性指数的三年滑动平均曲线可以看出,太平镇和万兴乡的年际变化较平稳,处于波动且呈现持续上升的趋势。相比之下,甸阳镇和旧城乡的年际变化较大,甸阳镇在20世纪以前处于不断增大的趋势,增幅较大,20世纪以后趋于平稳,且适应性指数较大,适应能力较强。旧城乡的适应性指数一直处于波动变化过程,2007年以后增幅明显,之后一直处于较高适应等级。

3.4 施甸县农业旱灾适应分析

根据农业旱灾适应性评价模型,最优投影方向向量 a^* 相当于各指标的权重,1991年的最优投影方向向量 $a^* = (0.246\ 8, 0.044\ 0, 0.709\ 7, 0.653\ 2, 0.082\ 4)$,2000年的最优投影方向向量 $a^* = (0.599\ 4, 0.049\ 7, 0.752\ 8, 0.255\ 2, 0.080\ 3)$,

2010 年为 $\alpha^* = (0.037\ 7, 0.041\ 3, 0.255\ 9, 0.783\ 4, 0.563\ 7)$, 对应的指标分别为旱地比重 (A_1)、人均耕地面积 (A_2)、人均粮食产量 (A_3)、经济作物合计产量 (A_4)、人均大牲畜 (A_5)。总体来看, 2000 年以后旱地比重以及人均粮食产量指标权重与 2000 年以前相比明显降低; 人均耕地面积指标权重基本不变, 权重值较小; 经济作物合计产量指标权重处于波动变化的过程, 而人均大牲畜指标权重大幅度升高。可以看出, 2000 年以前旱地比重、人均粮食产量以及经济作物合计产量指标对农业旱灾适应性分级影响较大; 2000 年以后人均粮食产量、经济作物合计产量以及人均大牲畜指标对农业旱灾适应性分级具有较大影响。

1990 年以后, 随着干旱事件发生的风险增加, 加之人口剧增, 人均土地占有量骤减, 致使农民不得不采取新的种植方式。施甸县人口与耕地的一增一减, 使得依靠土地产出的农副产品总量少, 难以形成量的区域优势, 总量优势逐渐被削弱, 调整农业种植结构则成为重点。21 世纪初期, 该地经济作物种植形成初步规模, 烤烟、甘蔗等经济作物已经进行大面积种植。另外, 农户通过外出务工增加非农收入, 即使旱情严重影响作物产量, 也可保障基本的生产生活, 从而转移旱灾风险, 提高农户的农业旱灾适应能力。

除此以外, 该地区的生活用水主要来自天然水源和地下水, 但是水资源有限带来饮水困难。随着国家对农村改革发展政策的不断完善, 施甸县政府引进项目投资, 修建规格为 24 m^3 的水窖以保障生产生活用水, 目前全县多数受旱严重地区可以保障户均 1 口水窖。但是施甸县地形复杂, 交通不便带来材料运费较高等问题 (每一口水窖需要花费 4 500 ~ 5 000 元), 所以当地水窖数量相对较少。因此大力发展水利工程能够为旱情严重的地区提供一定的保障, 并且可以有效解决饮水问题从而增强适应农业旱灾的能力。善洲林场的建成从很大程度上改善当地自然环境, 植树造林 $3\ 733\text{ hm}^2$, 林场林木覆盖率达 97% 以上, 直到 2009 年, 施甸县的森林覆盖率提高到了 44.8%, 能够有效涵养水源并降低暴雨影响。然而人口持续增长带来资源承载力下降, 生态环境对于维持和发展农业生产生活的重要作用不可忽视。退耕还林工程的实施使施甸县的泥石流、山体滑坡等自然灾害发生频率明显下降, 农户意识到森林破坏带来的水源枯竭等恶劣问题, 积极落实坡改梯政策, 增加退耕还林面积。

4 结论与讨论

通过深入了解施甸县的农业旱灾适应情况,

环境变化与农业旱灾适应之间的关系得到进一步验证。在全球气候变暖的大背景之下, 人类可以通过改变自身行为的方式改变区域内的自然条件, 例如退耕还林、小型水利工程等项目的实施能够降低旱灾风险。虽然当地年年干旱, 但是政府在应对旱灾的过程中很好地发挥了指导功能, 在没有出现重特大旱灾的情况下, 仍然能够正常开展生产活动。在人类的发展历程中, 人们因为生产生活压力所迫, 不得不开始改造自然、利用自然, 这个过程对自然环境造成的影响是巨大且较难恢复的, 而自然环境的变化同样会直接影响人类社会活动。由于孕灾环境不断发生变化, 所以环境变化是研究人地关系和灾害系统的基本要求和原动力。短时间内的自然环境变化并不明显, 而人文环境的变化则可能对孕灾环境造成较大的影响。为了能够适应干旱气候带来的影响, 人们则需要寻找维持平衡发展的方法和途径。本文通过对施甸县农业旱灾适应性的研究, 得出以下两点结论:

(1) 通过运用 PPE 模型, 并基于改进的遗传算法 (RAGA) 优化投影方向, 最终实现多指标的农业旱灾适应能力分类, 建立了区域农业旱灾适应性等级评价的 PPE 模型。在传统的农业旱灾脆弱性评价中, 主要运用专家打分法、层次分析法 (AHP) 等确定评价指标的权重大小, 主观因素影响较大。而 PPE 模型能够定量评价农业旱灾适应性, 投影值大小即为农业旱灾适应性指数。

(2) 采取农业旱灾适应性投影寻踪评价模型, 并从“灾前规避风险 - 灾中降低风险 - 灾后转移风险”的不同发生阶段, 从系统性、过程性两个方面研究农业旱灾适应性, 并考虑农业生产、生活系统的差异对进行过程性的评价。研究结果表明施甸县各乡镇的农业旱灾适应能力处于波动上升的趋势, 不同乡镇由于其气候环境、地形地貌、地理区位等不同造成农业旱灾适应等级的差异性。评价结果显示, 2000 年以前旱地比重、人均粮食产量以及经济作物合计产量指标影响较大, 而 2000 年以后旱地比重的影响明显减小, 这与该地区退耕还林政策以及作物种植结构的调整等有关。随着环境的不断变化, 政府和农户应适时采取适当的措施适应环境变化, 未来的 10 年或 20 年, 现在可行的退耕还林、经济作物种植结构等适应措施可能不再适用, 这就需要根据环境的变化情况而及时有效地采取措施适应农业旱灾, 才能够真正实现区域的可持续发展。

在环境演变的过程中, 自然环境和人文环境同时改变, 只有通过不断的发展和自身的改变才能适应当前环境、应对未来灾害。政府和农户需要采取多样化的措施和方法适应旱灾, 只有不断适应环境变化才能不断发展进步。

参考文献:

- [1] 王劲松, 李耀辉, 王润元, 等. 我国气象干旱研究进展评述[J]. 干旱气象, 2012, 30(4): 497-508.
- [2] 严奉宪, 张钢仁, 朱增城. 基于农户尺度的农业旱灾脆弱性综合评价——以湖北省襄阳市曾都区农户调查为例[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2012(1): 11-16.
- [3] 张建松, 王静爱, 李睿, 等. 农牧交错带农业旱灾适应模式与区域可持续发展——以内蒙古兴和县为例[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 92-95.
- [4] 王宁, 胡杏, 曲瑞伟. 云南农业灾害的主要类型及其对策初探[J]. 云南农业大学学报, 2012, 6(6): 11-15.
- [5] 成平, 李国英. 投影寻踪——一类新兴的统计方法[J]. 应用概率统计, 1986(3): 267-276.
- [6] 李国英. 什么是投影寻踪[J]. 数理统计与管理, 1986(4): 21-26.
- [7] 汪志红, 王斌会. 投影寻踪技术在突发事件风险分类评级中的应用——以广东省雷电灾害风险评价为例[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 78-82.
- [8] 王顺久, 杨志峰, 丁晶. 关中平原地下水资源承载力综合评价的投影寻踪方法[J]. 资源科学, 2004, 26(6): 104-110.
- [9] 付强, 赵小勇. 投影寻踪模型原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [10] 金菊良, 杨晓华, 丁晶. 基于实数编码的加速遗传算法[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2013, 32(4): 20-24.
- [11] 黄勇辉, 朱金福. 基于加速遗传算法的投影寻踪聚类评价模型研究与应用[J]. 系统工程, 2009, 27(11): 107-110.
- [12] 付强, 付红, 王立坤. 基于加速遗传算法的投影寻踪模型在水质评价中的应用研究[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 236-239.
- [13] 尹衍雨, 王静爱, 雷永登, 等. 适应自然灾害的研究方法进展[J]. 地理科学进展, 2012, 31(7): 953-962.
- [14] 葛全胜, 邹铭, 郑景云, 等. 中国自然灾害风险综合评估初步研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [15] 孙雪萍, 房艺, 苏筠. 基于旱情演变的社会应灾过程分析——以2009-2010年云南旱灾为例[J]. 灾害学, 2013, 28(2): 91-94.
- [16] 史培军. 五论灾害系统研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(5): 1-9.
- [17] 贾慧聪, 袁艺, 曹春香, 等. 基于地理因子的因旱饮水困难人口快速评估模型——以云南省2012年大旱为例[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 92-97.

Comprehensive Assessment and Analysis on Agricultural Drought Adaptability

——Taking Shidian County of Yunnan Province as an Example

Deng Lan^{1, 2, 3}, Ma Qing^{3, 4}, Wang Jun^{1, 5}, Wang Zhiqiang^{2, 3}

(1. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, the People's Republic of China, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;
2. National Disaster Reduction Center/Satellite Application Center for Disaster Reduction of the Ministry of Civil Affairs, Beijing 1000124, China; 3. Key Laboratory of Integrated Disaster Assessment and Risk Governance of the Ministry of Civil Affairs, Beijing 1000124, China; 4. Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 1000875, China; 5. Agricultural Insurance Department, PICC Property and Casualty Company Limited, the People's Insurance Company(Group) of China Limited, Beijing 100022, China)

Abstract: Agricultural drought is one of the disasters that have major impact on the agricultural production of China. Due to different disaster-causing processes in different regions, it has been a major focus and difficulty in drought research as to how to make quantitative evaluation on the adaptability of disaster-bearing bodies to agricultural drought in the process of drought disaster. Based on Projection Pursuit Evaluation (PPE) model, which could project high-dimensional data onto low-dimensional subspace, and based on the optimized projecting direction of the improved genetic algorithm (RAGA), classifications and classified evaluation on the multi-index agricultural drought adaptability are realized at last. According to the different disaster-causing process of Avoiding Risks before Disaster-Reducing Risks during Disaster-Shifting Risks after Disaster and taking into consideration the differences in agricultural production and living system, systematic and process-based evaluation on the agricultural drought adaptability of some representative rain-fed agricultural regions in southwest China are made. Taking villages and towns as the evaluation unit, the study showed that the overall adaptability of the studied regions was improving with certain regional differences, among which the central dam area and southern mountain area took on relatively strong adaptability while the northern mountain area presented relatively weak adaptability. As the result calculated by the model is consistent with on-spot investigation, analysis on the agricultural drought adaptability of the regions is made finally and effective adaptability measures and suggestions are proposed.

Key words: agricultural drought hazard; adaptability assessment; projection pursuit; Shidian County of Yunnan