

基于GIS的南盘江流域区域农业旱灾风险区划应用研究

陈正中¹, 刘代勇², 彭亚兰²

(1. 江西省水利投资集团有限公司, 江西 南昌 330009;
2. 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410014)

摘要:根据农业干旱发生发展规律和风险理论,从旱灾造成农作物减产的角度出发,分别对致灾因子危险性、孕灾环境脆弱性和承灾体易损性进行分析,建立农业旱灾风险评估模型,结合GIS中自然断点分类法进行聚类分析,开展区域农业旱灾风险区划。以云南省南盘江流域为研究区域,根据干旱等级划分标准,将研究区域按4个等级进行农业旱灾风险区划,并对分区结果进行分析,为该区域政府部门制定防灾减灾规划提供技术支撑。

关键词:风险理论;致灾因子;孕灾环境;承灾体;GIS;风险区划

中图分类号:P426.616 S423 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-4701(2016)04-0239-05

我国受季风气候的影响,降水具有明显的季节性和地域性,而且年际变化很大,由此而引起的干旱灾害也具有普遍性、季节性、地域性和持续性,给人类社会特别是农业生产造成了巨大的损失^[1]。近几十年来,在全球气候变化的背景下,自然灾害变异有逐年加重的趋势,导致了干旱化程度进一步加重^[2]。因此,开展旱灾风险评估研究已成为目前亟待解决的问题。

从系统论的观点看,致灾因子、孕灾环境与承灾体之间相互作用、相互联系,形成了一个具有一定结构、功能和特征的干旱灾害系统,旱灾灾情是旱灾系统中各个子系统相互作用的产物^[3-7]。风险评估主要是对处于风险中的系统特性进行定量分析,阐明灾害的成因,估计灾害在规定时期内的发生概率,并计算受灾后造成的损失程度^[8]。

本文从形成农业旱灾的三个条件入手,结合风险理论,对致灾因子危险性、孕灾环境脆弱性和承灾体易损性进行了研究,建立了农业旱灾风险评估模型,对南盘江中上游流域农业旱灾进行了定量评估和风险区划,为该区域制定防灾减灾政策与决策提供科学依据。

1 农业旱灾风险评估体系

农业干旱是指由于外界环境因素造成作物体内水分失衡,发生水分亏缺,影响作物正常生长发育的一种

现象,主要是由于大气干旱或土壤干旱而导致作物发生生理干旱,其涉及到土壤、作物、大气和人类对资源利用等多方面综合因素,它不仅是一种物理过程,还与作物本身的生物过程等有关。

进行农业旱灾风险评估,首先要明确农业旱灾风险的含义。唐明^[9-10]等人认为旱灾风险应当包含两层含义:(1)干旱发生的可能性,即某种干旱指标的概率分布;(2)通过与孕灾环境和承灾体的相互作用干旱所导致的损失。本文结合系统论的观点,对形成旱灾的三个条件进行分析,即致灾因子的危险性分析、孕灾环境的脆弱性分析和承灾体的易损性分析,建立农业旱灾风险评估模型,对农业旱灾风险进行定量评估。

2 农业旱灾风险评估与区划

2.1 致灾因子危险性分析

致灾因子的危险性(即旱灾危险性)可以由某些干旱强度指标的概率分布函数表示,而干旱对作物产量的影响主要表现在干旱的程度以及该干旱程度的发生概率。因此,进行致灾因子危险性分析首先要选取合适的旱灾指标,结合相应的干旱等级划分标准确定干旱等级;再将统计的不同等级的干旱发生情况进行排频,得到不同程度干旱的发生概率 P ;然后根据实际旱灾资料确定不同程度的干旱所造成的平均旱灾损失率 L ,进而

得到危险性指标 $P \times L$ 。

2.1.1 旱灾指标的确定

从灾害学角度来看,旱灾指标应选用能直接反应灾害程度的指标。发生农业干旱时,农业部农情调度部门都会统计作物受旱面积、成灾面积等资料,各地方的统计年鉴中也能收集到相关的农业灾害面积资料。为能科学地、客观地反映干旱对农业生产的影响和危害程度,特选用作物受旱率作为旱灾指标,《农业干旱预警等级》中对作物受旱率进行了详细阐述,其计算公式如下:

$$I = \frac{A_d}{A_p} \times 100\% \quad (1)$$

式中, I 表示区域作物受旱面积率,以百分率(%)表示; A_d 表示区域受旱作物的(含缺墒、缺水)面积; A_p 表示区域种植面积。结合实际资料计算得到不同年份的作物受旱面积率,依据相应的干旱等级划分标准(见表1),统计出研究区域不同干旱强度发生的频率 P 。

表1 作物受旱面积率旱情等级划分表

旱情等级	轻旱	中旱	重旱	特旱
作物受旱面积率 I	$5\% < I \leq 10\%$	$10\% < I \leq 20\%$	$20\% < I \leq 40\%$	$I > 40\%$

2.1.2 农业旱灾损失模型

旱灾对农业的影响主要表现为农作物的正常生长发育受到影响而导致最终减产,而且减产程度和旱灾的受灾面积、成灾面积及绝收面积有直接关系。本文根据实际旱灾资料,选取农业旱灾等级评估中的综合减产成数法来建立旱灾损失模型^[11]:

$$L = I_3 \times 90\% + (I_2 - I_3) \times 55\% + (I_1 - I_2) \times 20\% \quad (2)$$

式中, L 为旱灾损失率(%); I_1 为受灾率,即减产1成以上作物面积占播种面积的比例; I_2 为成灾率,即减产3成以上作物面积占播种面积的比例; I_3 为绝收率,即减产8成以上作物面积占播种面积的比例。利用上述模型计算得到不同年份的旱灾损失率,统计出研究区域不同强度等级下的农业旱灾平均损失率。

2.2 孕灾环境脆弱性分析

农业干旱的发生与发展有着极其复杂的机理,它不可避免地受到各种自然或者人为因素的影响。孕灾环境的脆弱性是农业系统容易受到干旱影响并形成损失的特性,它不仅受自然地理、气候等因素的影响,还受到

区域产业结构、防旱抗旱基础设施与意识等因素的影响。由于抵御旱灾的主要农业措施就是灌溉工程是否完善,防灾减灾能力与当地灌溉条件和能力直接相关,因此本文主要从灌溉水平来进行孕灾环境脆弱性分析,以灌耕比来表示抗灾能力,见公式(3),则 $(1 - Z)$ 即作为表示孕灾环境脆弱性的指标。

$$Z = S_{\text{灌溉}} / S_{\text{耕地}} \quad (3)$$

2.3 承灾体易损性分析

农业干旱的承灾体即农作物,其易损性既反映了承灾体易于受到旱灾影响造成破坏的特性,又反映了各类承灾体对旱灾的承受能力,它的大小与研究区域的种植密度和农业生产水平有关。一般种植密度越大,发生干旱时产量的损失也越大越差,易损性就越高;农业生产水平越高,其抗灾能力和灾后恢复能力也相对较强。因此,承灾体易损性指标可表示为:

$$Y = S \cdot (1 - C) \quad (4)$$

式中, S 表示作物种植比例,即播种面积占总耕地面积的比值; C 表示承灾能力,由平均单产量占研究区域最高单产量的比值表示。

2.4 农业旱灾风险评估

不同强度的致灾因子造成的灾害损失不同,相同的孕灾环境对不同的承灾体能产生不同的灾害损失,相同的承灾体在不同孕灾环境下也会造成不同的灾害损失。因此,可以认为旱灾灾情是由致灾因子的危险性、孕灾环境的脆弱性和承灾体的易损性三个因素共同作用导致的,故建立农业旱灾风险评估模型如下:

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \cdot L_i \cdot Y \cdot (1 - Z) \quad (5)$$

式中, E 为农业旱灾风险指数(%); P 为一定干旱等级的频率; L 为对应干旱等级的平均旱灾损失率; $i = 1, 2, 3, 4$,分别表示轻旱、中旱、重旱和特旱; Y 为孕灾环境脆弱性指标; Z 为承灾体易损性指标。

2.5 农业旱灾风险区划

利用由(5)式计算得到的 E 值用于分析区域农业旱灾风险程度。综合分析GIS中基于地理要素属性的分类方法,选用自然断点分级法对农业旱灾风险程度进行自然聚类,得到区域农业旱灾风险区划图。同时,结合相关部门已有区划结果,对农业旱灾风险区划图进行合理修正,绘制出最终的区域旱灾风险区划图。

3 应用实例

3.1 研究区域概况

南盘江属于珠江流域西江水系,位于云贵高原的东

南斜坡上,地势呈西北高东南低。南盘江是珠江主源,发源于云南省沾益县马雄山南麓,流域北面有乌蒙山,是南盘江和金沙江、北盘江的分水岭;西面和南面有哀牢山和六韶山,是南盘江和红河、郁江的分水岭;流域四周除东面出口外,均为群山环绕。流域属亚热带季风气候区,干湿季节变化明显,夏半年因受西南季风影响,湿润多雨,且多为暴雨;冬半年经常受西来干暖大陆气团的影响,出现旱季。由于地形地势和大气环流的差异,使得降水在地区的分布也极不均匀,在流域的中西部地区为干旱少雨区,东部则为湿润多雨区。云南农业生产水平比较低,几乎每年都有农业干旱,并有连季干旱和数年连续干旱的现象,对农业生产影响很大。由于资料限制,重点开展了流域内昆明、曲靖、玉溪、红河、文山 5 个地市的农业旱灾风险程度评估与区划研究。

3.2 农业干旱风险评估

首先,统计南盘江流域内 1990 ~ 2010 年农业播种面积、受旱面积、受灾面积、成灾面积、绝收面积等数据,利用公式(1)计算得到昆明、曲靖、玉溪、红河、文山 5 个地市作物逐年受旱面积率,并参照相应的干旱等级划分标准,计算得到 5 个地市每年均出现中旱或中旱以上的旱情,统计得到研究区域不同干旱强度发生的频率,计算结果见表 2;再结合文中建立的农业旱灾损失模型计算出不同程度的干旱所造成的平均旱灾损失率,计算结果如表 3 所示。

表 2 研究区域不同干旱强度的频率					
地区	昆明	曲靖	玉溪	红河	文山
轻旱	0	0	0	0	0
中旱	0.167	0.111	0.167	0.278	0.056
重旱	0.278	0.611	0.667	0.556	0.889
特旱	0.556	0.278	0.167	0.167	0.056

其次,结合昆明、曲靖、玉溪、红河、文山 5 个地市的统计年鉴资料,分别统计得到昆明、曲靖、玉溪、红河、文山的多年平均灌耕比为 0.704、0.401、0.724、0.511、0.311。

表 3 研究区域不同干旱强度的旱灾损失率 %					
地区	昆明	曲靖	玉溪	红河	文山
中旱	6.2	7.6	3.9	3.3	5.8
重旱	10.3	10.2	6.2	5.7	8.1
特旱	19.4	24.3	16.1	13.0	19.3

再次,根据 1987 ~ 2010 年云南省统计年鉴中记载的耕地面积、粮食播种面积及粮食产量资料,计算得到昆明、曲靖、玉溪、红河、文山 5 个地市的粮食作物的种植比例、承灾能力和易损性指标见表 4。

表 4 研究区域易损性指标值					
地区	昆明	曲靖	玉溪	红河	文山
S	1.158	1.441	1.440	1.143	1.412
C	0.953	0.942	0.954	0.932	0.910
Y	0.054	0.084	0.066	0.078	0.127

最后,结合 2.4 节中建立的农业旱灾风险评估模型,对研究区域农业旱灾风险进行定量评估,研究区域农业风险评估结果如表 5 所示。

表 5 研究区域农业旱灾风险评估结果 %					
地区	昆明	曲靖	玉溪	红河	文山
E	0.180	0.696	0.203	0.238	0.752

3.3 农业干旱风险区划

在 GIS 软件中,将上述计算结果分别导入地图数据属性列表中,对图层数据进行分级显示设置,得到研究区域的危险性、脆弱性、易损性指数图(见图 1 ~ 图 3)。参照干旱等级划分标准,将研究区域风险等级划分为 4 级,即轻度旱灾风险区、中度旱灾风险区、重度旱灾风险区、极度旱灾风险区;利用 GIS 自然断点分级法,绘制出研究区域农业旱灾风险程度区划图(见图 4)。

3.4 区划结果分析

(1)通过研究分析,曲靖、文山两个地市属于极度旱灾风险区,红河州属于重度旱灾风险区,玉溪市属于中度旱灾风险区,昆明市属于轻度旱灾风险区。

(2)《云南水旱灾害》干旱灾害篇农业干旱灾害中,对 1950 ~ 1993 年的 44 年间云南省旱情受旱率进行了统计,并对发生的重大干旱旱情旱灾进行了详细描述。统计表明,曲靖、玉溪有 21 年受旱,昆明、文山有 20 年受旱,红河有 19 年受旱,均为旱情发生较为频发的区域。

(3)《云南水旱灾害》干旱灾害篇农业干旱灾害中,以受旱率为主导指标、成灾率和灌溉率为参考指标,按轻旱区、重旱区、极旱区三级,对云南省干旱灾害进行了分区。分区结果显示,曲靖、文山属于极旱区,玉溪、红

河属于重旱区,昆明属于轻旱区。

依据。

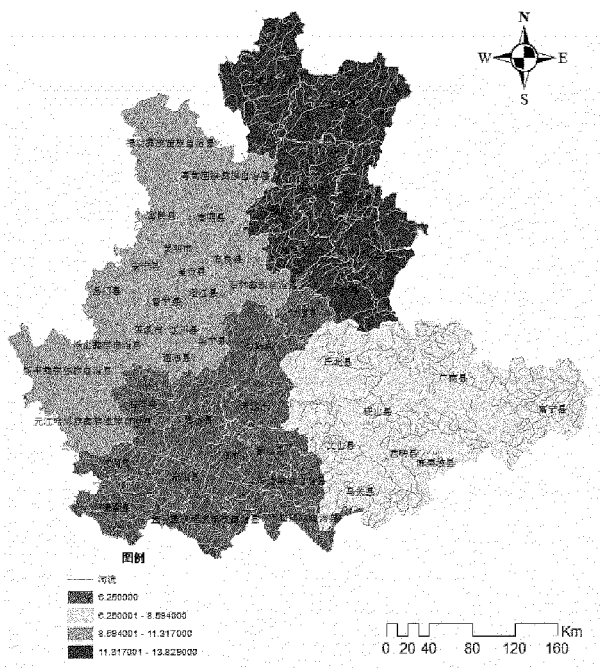


图1 危险性指数图

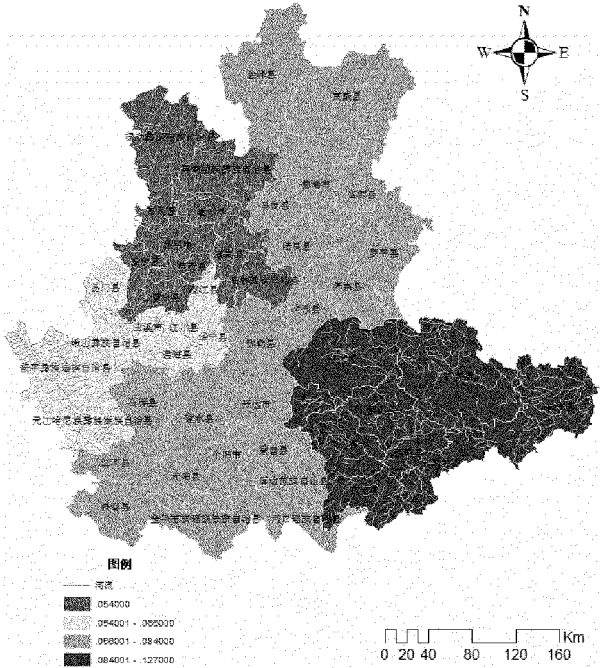


图3 易损性指数图

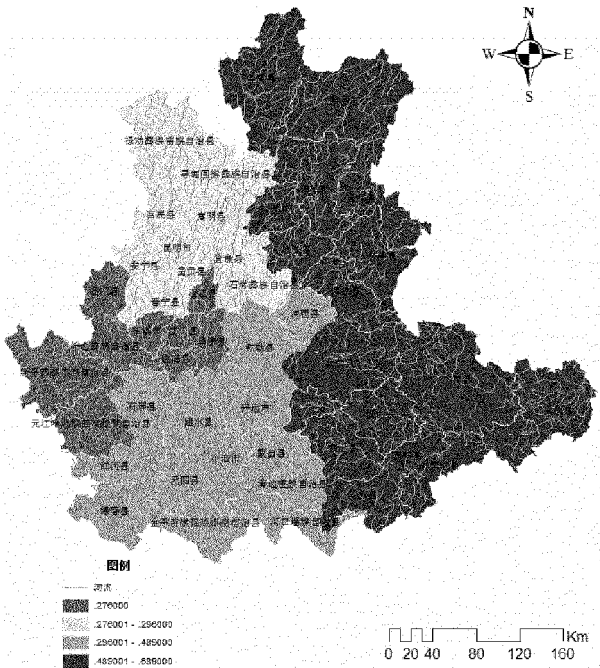


图2 脆弱性指数图

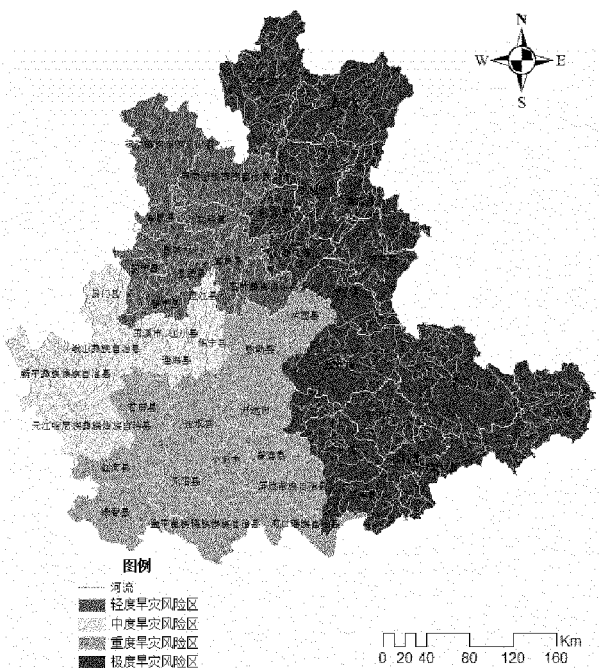


图4 区域农业旱灾风险区划图

(4)本文农业旱灾风险分区结果和实际资料记载对比表明,研究成果具有一定的合理性和准确性,考虑到文中选用的风险因子不太全面,该模型还需进一步完善,但文中的分区方法仍可为抗旱防旱部门提供参考

4 结 论

近年来,我国干旱灾害频发,极大的影响了农业生

产和经济发展,如何科学合理的做好防灾减灾工作,对社会稳定发展就显得尤为重要。农谚说:“水灾一条线,旱灾一大片”,对旱灾频发的区域进行合理分区,因地制宜的制定防灾减灾措施,能将旱灾风险降低到最小。农业旱灾风险区划实质上是将各行政区域按照农业旱灾风险评估结果的相近程度进行分类,划分出不同风险程度的区域。随着地理信息系统技术的快速发展和广泛应用,能够快速存储、处理大量地理数据,使得基于 GIS 的方法越来越多地被应用到区划研究中。

本文结合风险理论,对致灾因子危险性、孕灾环境脆弱性和承灾体易损性进行了研究,建立了研究区农业旱灾风险评估模型,结合 GIS 中的自然断点分类法,对农业旱灾风险评估结果进行聚类分析,初步提出了南盘江中上游流域农业旱灾风险区划方案,并结合资料记载对区划结果进行了比对,可为区域防灾减灾提供参考依据。

参考文献:

[1] 王素艳. 北方冬小麦干旱风险评估及风险区划研究[D]. 北京: 中国

- 农业大学, 2004.
- [2] 席北风, 贾香凤, 武书龙, 等. 干旱预警指标初探[J]. 山西水利, 2007, 23(5): 12 ~ 13.
- [3] 史培军. 灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1991(11): 37 ~ 42.
- [4] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6 ~ 17.
- [5] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 1 ~ 9.
- [6] 史培军. 四论灾害系统研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 1 ~ 7.
- [7] 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.
- [8] 王晓红, 乔云峰, 沈荣开, 等. 灌区干旱风险评估模型研究[J]. 水科学进展, 2004, 15(1): 77 ~ 81.
- [9] 唐明. 旱灾风险分析的理论探讨[J]. 中国防汛抗旱, 2008, (1): 38 ~ 40.
- [10] 唐明. 旱灾风险管理理论方法及应用[D]. 武汉: 武汉大学, 2008.
- [11] 刘代勇. 干旱评价与灌溉效益计算方法研究[D]. 南京: 河海大学, 2012.

编辑: 唐少龙

Application of agricultural drought risk regionalization based on GIS in Nanpanjiang basin

CHEN Zhengzhong¹, LIU Daiyong², PENG Yalan²

(1. Jiangxi Provincial Water Conservancy Investment Group Corp, Nanchang 330009, China;

2. Power China Zhongnan Surveying and Designing Institute Limited Corporation, Changsha 410014, China)

Abstract: According to the regular pattern of development of agricultural drought and risk theory, from the perspective of crop losses caused by drought, analyzed the risk of hazard factor, environmental vulnerability of disaster and vulnerability of bearing body, established the agricultural drought risk assessment model, made cluster analysis combining GIS in natural breaks classification, developed regional agricultural drought risk regionalization. Selected Nanpanjiang basin in Yunnan as the study area, according to the standard classification of drought, made agricultural drought risk regionalization according to four levels, and analyzed the regionalization results. The research provides technical support for the development of disaster prevention and mitigation planning.

Key words: Risk theory; Hazard factor; Environment disaster; Hazard bearing body; GIS; Risk regionalization

翻译: 陈正中