

基于 GIS 和 ANN 的农户生计脆弱性的空间模拟分析

刘 进, 甘 淑, 吕 杰, 闰海青, 袁欣婷, 刘晨晨, 谢长波

(昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650031)

摘 要: 基于农户生计脆弱性测定方式的不完善和云贵高原缺乏农户生计脆弱性研究, 选取云南省宜良县为案例区, 构建了农户生计脆弱性评价指标体系, 包括农户面临的风险、农户生计资本和面对风险的应急能力, 并运用 GIS 与 BP 神经网络模拟区域的风险度指数、农户生计资本和应急能力指数的空间分布格局。在此基础上, 得到农户生计脆弱性指数, 结果表明坝区的生计脆弱性指数为山区 > 半山区 > 坝区, 且各自原因不同。可见, 运用 BP 神经网络模拟生计脆弱性简便实用, 是一种可行的实践方法。

关键词: 生计脆弱性; BP 神经网络; GIS; 云贵高原

中图分类号: X22

文献标识码: A

长期以来, 农户生计是我缓解贫困所关注的热点之一, 高效的农户生计资本是农户降低生计脆弱性和增强风险抵御能力的基础。随着国内外学者对农户生计问题的深入研究, 发现农户生计很容易受到气候变化等外界干扰, 尤其是贫困地区, 表现出很强的脆弱性^[1-2]。脆弱性是指个人或者家庭面临某些风险的可能, 以及由于遭遇风险而财富顺势或者生活质量下降到某一个社会个人水平之下的可能, 包括两个方面: 遭受冲击的可能和抵御冲击的能力^[3-5]。由于复杂的人地系统, 很难找到广泛使用的定量评估方法。因此, 本文在深入理解生计脆弱性内涵基础上, 在可持续生计资本视角下, 以云南省宜良县为案例区, 以该县各行政村为评估单元, 参考国内外脆弱性评价指标体系^[6-8], 建立农户生计脆弱性评价指标体系, 并摒弃传统依靠数据进行脆弱性评估的方法, 采用人工神经网络模型定量分析风险度、现有生计资产和应急能力对农户脆弱性的影响, 模拟案例区脆弱性大小的空间格局, 以期为提高农户生计对风险的抵御能力和构建高效优质的农户

生计资本提供科学依据。

1 研究区概况

宜良县地处云南省中部地区, 是昆明市的近郊县。全县矿产资源、旅游资源丰富, 第二产业和第三产业是主要经济支柱, 农民年均收入达到 3 380 元。该县是现代新昆明城市布局规划的卫星城和次级城市, 交通便利, 9 个乡镇全部修通柏油公路, 90% 的村庄都有乡村公路。宜良县地势北高南低中平坦, 山地、坝区和谷底间隔分布, 素有“滇中粮仓”的美称。宜良县管辖 5 镇 4 乡, 133 个村民委员会, 其中 44 个村民委员会处于坝区, 31 个村庄处于半山区, 59 个村民委员会处于山区, 人均土地 0.51 hm², 土地的利用程度高达 93%。

宜良县地处低纬度高原, 地理位置特殊, 地形地貌复杂, 近年来, 在干旱和人口压力等多原因的共同作用下, 农户生计表现出了一定的脆弱性, 因此可作为在云贵高原研究农户生计脆弱性的案例区。

收稿日期(Received date): 2011 - 03 - 10; 改回日期(Accepted): 2012 - 05 - 21。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(71163023)。[The Natural Science Foundation of China(71163023) .]

作者简介(Biography): 刘进(1988 -), 男, 硕士研究生, 主要从事于国土资源信息化。[Liu Jin(1988 -), male, postgraduate, major in information of land and resource.] Tel: 13700647457, E-mail: 517522284@qq.com

2 指标选取和数据来源

DFID(英国国际发展署)将可持续性农户生计资本分为自然资本、社会资本、金融资本、物质资本和人力资本五类^[9]。本文在基于对脆弱性内涵的认识基础上,在可持续农户生计资本框架下,从可能遭遇的外界风险和抵御风险能力对农户生计脆弱性影响角度出发,结合云南宜良县的自然资源、文化习俗、生活习惯等,参考国内外脆弱性评价指标体系,并对上述评估指标体系进行了一定的修改、调整与

完善,构建适合于宜良县当地的农户生计脆弱性衡量指标体系(表 1)。

根据表 1 所构建的可持续农户生计脆弱性衡量指标体系,主要通过参与性农户评估方法(PRA)得到的数据资料,同时参考 2010 年云南省宜良县年鉴,从中得到可持续农户生计资本衡量指标体系中的各项指标值。

3 脆弱性空间模拟分析

3.1 人工神经网络模型简介

表 1 农户生计脆弱性评价指标体系及其赋值说明

Table 1 Index system of livelihood vulnerability assessment and value assignment

系统层	目标层	测量指标层	赋值说明
风险(R)	人力	劳动能力损失(R1)	因意外事故或者生病导致的医疗护理费用/(元/户)
	物质	牲畜意外死亡(R2)	牲畜意外损失比例
		房屋电器等损失(R3)	自然灾害导致房屋、家用电器等损失,以实际价值衡量/元
		粮食减产(R4)	自然因素或者人为管理等导致粮食减产农户所占的比例
	自然	鲜花、核桃等特色产业减产(R4)	自然因素或者人为因素等导致种植业减产农户所占的比例
	金融	耕地资源弃耕(R5)	自然灾害或者人为因素导致弃耕田地数量/(hm ² /户)
		贷款(R6)	参与民间高利贷的农户比例
应急能力(EC)	社会	亲戚好友等出现意外事故(R7)	农户给予亲朋好友的帮助,以现金衡量/(元/户)
	自救	粮食(EC1)	购买良种、化肥和农药等农户的比例/元
		牲畜意外死亡(EC2)	购买饲料和请兽医看病的农户比例
		耕地、林地转租(EC3)	转租的耕地和林地的比例
		生计多样化(EC4)	生计活动的数量/(种/户)
	政府	资金补贴(EC5)	低保、医保和重建等国家的现金补助/元
		退耕(EC6)	退耕还林的耕地数量/hm ²
可持续农户生计资本(L)	人力资本	政策资助(EC7)	国家救济农户出台的政策效果,农户评价,好为 1,一般为 0.5,没有为 0
		农户整体劳动能力(L1)	完全劳动能力取 1,半劳动能力取值 0.5,无劳动能力取 0
	自然资本	乡村人口受教育水平(L2)	大专及其以上取 1,中学取 0.5,小学取 0.25,文盲则取 0
		人均耕地(L3)	人均耕地面积/hm ²
		人均林地(L4)	人均林地面积/hm ²
	金融资本	人均纯收入(L5)	人均纯收入/元
		银行贷款(L6)	有取 1,无取 0
	物质资本	牲畜养殖情况(L7)	牛取值 1,猪取值 0.75,羊取值 0.5,鸡/鸭取值 0.02
		住房类型(L8)	砖(钢)混结构房屋取 1,砖木结构房屋取 0.75,土木结构取 0.5,其他结构为 0.25
		交通工具(L9)	汽车取值 1,农用运输车取 0.75,拖拉机取 0.5,摩托车取 0.25,其他为 0
		家庭电器(L10)	家用电器拥有数量占调查问卷数量中的比例
	社会资本	农民专业合作社组织数(L11)	当地农民专业合作社组织数量
		筹集资金、自然灾害等得到的社会帮助(L12)	较多帮助为 1,较少帮助为 0.5,很少为 0.2,几乎没有为 0
		社会网络(L13)	好友及亲戚数量

人工神经网络(Artificial Neural Network,简称 ANN)是由许多简单的神经元广泛连接而成,用以模拟人脑思维方式的复杂网络系统。BP 网络是 ANN 技术中应用最为广泛的一种网络类型,在预测预报、分类及评价等方面最为适用。BP 网络属于多层状型的人工神经网络,由输入层、输出层和一个或若干个隐含层构成。输入信息从传送到隐含层,经过作用函数后,再把隐含层的输出信息传播到输出层,给出输出结果^[10]。如果输出层没有得到预期结果,则计算误差变化值,然后反方向传播,通过网络将误差沿原来网络通道反传回去修改各层神经元权重值直到达到预期目标^[11]。

本文采用 BP 网络模型定量计算风险度、生计资本和缓冲度指数,将各项分级指标作为样本输入,风险度、生计资本和缓冲度指数作为网络输出,BP 网络通过不断学习修改权重,找出评价指标与评价级别间复杂的内在对应关系,进行风险度、生计资本和缓冲度的评价。

3.2 风险度指数

表 2 风险度指数 BP 神经模型评价标准

Table 2 Evaluation standard in BP Neural Network of RI

输入层	输出层				
	5	4	3	2	1
R1	1	0.978	0.886	0.842	0.761
R2	1	0.949	0.757	0.533	0.342
R3	1	0.678	0.485	0.201	0.082
R4	1	0.895	0.834	0.722	0.533
R5	1	0.923	0.874	0.734	0.683
R6	1	0.889	0.534	0.251	0.151
R7	1	0.924	0.795	0.645	0.586

3.2.1 网格构建及训练指数准备

选取各评价单元的劳动力损失、粮食减产、鲜花等特色产业损失、耕地弃耕、牲畜损失、借款和亲朋好友等意外事故等 7 个因子作为输入神经元,输出神经元为风险度指数 RI(表 2,表 3),构建 BP 神经网络模型。据此,输入神经元为 7 个,隐层神经元为 7 个,输出神经元为 1 个,RI 模拟网络的拓扑结构为 $7 \times 5 \times 1$ 。由于风险度指数模拟的 ANN 研究没有通用的标准,因此,根据最大和最小区间,采用 nature breaks^[13]法将标准化后的样本分为 5 个等级,并用 Spine 线性内插^[14]以扩大样本,并线性设定影响等级,构建人工神经网络的训练数据。将风险度指数

分为 5 级,1 表示风险最小,5 表示风险最高。其设计参数为:初始权值为^[0,1]之间的随机数,训练函数采用动量 BP 算法 traingd,动量因子为 0.9,初始学习率为 0.01;终止训练参数为:最大训练次数为 10 万次,最大误差为 0.01。输入数据在输入网络前均对其标准化,每一指标值除以该指标中的最大值。

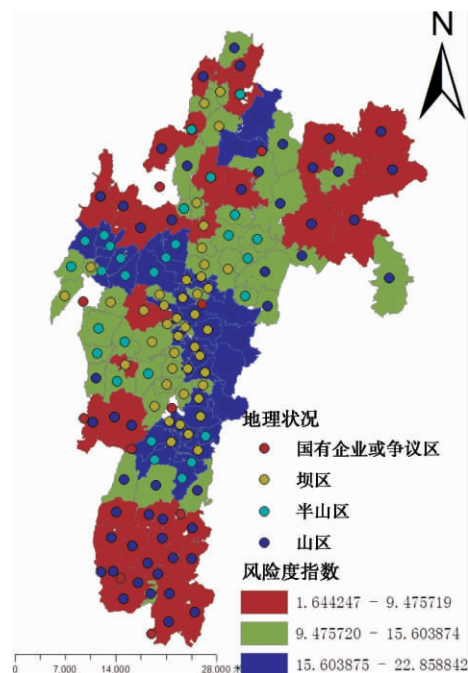


图 1 风险度指数空间模拟

Pig. 1 Spatial Simulation of Risk Index

3.2.2 评价结果

将各评价单元数据归一化处理之后,输入训练好的网络,运行网络之后得出各个评价单元 RI,百分化之后,用 ArcGIS9.2 的 nature breaks 方法,将量算结果空间直观显示(图 1)。风险度指数为坝区 > 半山区 > 山区。其原因为山区相对封闭的地缘环境,所受到外界干扰如禽流感导致牲畜死亡等远小于坝区,坝区由于便利交通条件和完备科技指导,大多数村庄选择种植经济作物以获得更大的经济效益,但与此同时经济作物很容易受到天气影响,如云南连续 3 a 大旱导致经济作物大量减产,坝区村庄的风险度指数较高,半山区位于两者之间。

3.3 农户生计资本指数

3.3.1 网格构建及训练指数准备

根据收集的资料,选取各评价单元自然、物质、人力、金融和社会各构成指标,作为输入神经元,输出神经元为农户生计资本指数 LI,构建 BP 神经网络

络。根据最大和最小区间,进行 Spline 线性插值,线性设定 5 个影响等级,1 表示农户生计资本低,5 表示生计资本最高。网络的拓扑结构为 $13 \times 5 \times 1$ 。网络设计的参数与 RI 计算相同。输入数据在输入网络前均对其标准化,每一指标值除以该指标中的最大值。

表3 农户生计资本指数 BP 神经网络模型评价标准

Table 3 Evaluation standard in BP Neural Network of Livelihood Index

输入层	输出层				
	5	4	3	2	1
L1	1	0.600	0.339	0.229	0.156
L2	1	0.349	0.207	0.093	0.027
L3	1	0.922	0.868	0.808	0.694
L4	1	0.354	0.254	0.210	0.112
L5	1	0.597	0.439	0.346	0.269
L6	1	0.589	0.381	0.264	0.156
L7	1	0.615	0.359	0.215	0.144
L8	1	0.625	0.476	0.355	0.279
L9	1	0.600	0.400	0.200	0.00
L10	1	0.666	0.320	0.285	0.100
L11	1	0.907	0.827	0.750	0.585
L12	1	0.739	0.612	0.540	0.405
L13	1	0.847	0.721	0.580	0.436

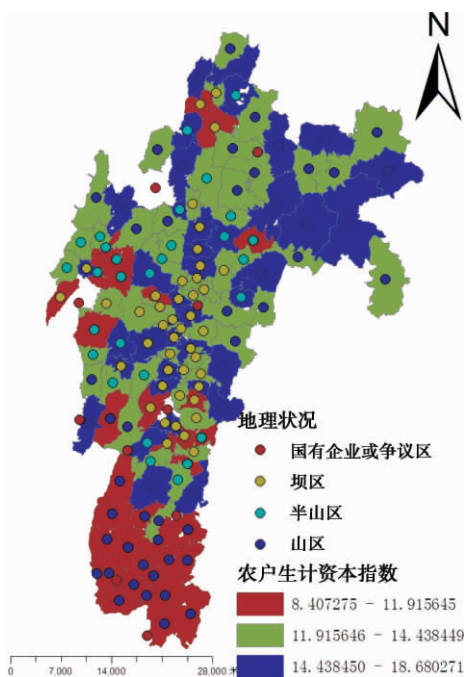


图2 农户生计资本指数空间模拟

Fig. 2 Spatial Simulation of Livelihood Capital Index

3.3.2 评价结果

将各评价单元数据归一化处理之后,输入训练好的网络,运行网络之后得出各个评价单元 LI,百分化之后用 ArcGIS9.2 将量算结果空间直观显示,农户生计资本指数为坝区 > 半山区 > 山区;其因为山区丰富的自然资源很少转化为金融资本,且山区村庄农户的牲畜和农业的投入产出比很低,相对而言,坝区农户自然条件适宜和交通便利,经济作物和牲畜的投入产出比较高,坝区的生计资本指数高于山区,半山区则位于两者中间。

3.4 应急能力指数

3.4.1 网格构建及训练指数准备

根据收集的资料,选取各评价单元粮食、国家现金补贴等 7 个构成指标,作为输入神经元,输出神经元为农户抵御风险能力指数 EPI,构建 BP 神经网络。根据最大和最小区间,进行 Spline 线性插值,线性设定 5 个影响等级,1 表示抵御风险能力最低,5 表示抵御风险能力最高。网络的拓扑结构为 $13 \times 5 \times 1$ 。网络设计的参数与 RI 计算相同。输入数据在输入网络前均对其标准化,每一指标值除以该指标中的最大值。

3.4.2 评价结果

将各评价单元数据归一化处理之后,输入训练好的网络,运行网络之后得出各个评价单元 ECI,百分化后用 ArcGIS9.2 将量算结果空间直观显示(图 3),应急能力指数为坝区 > 半山区 > 山区;其主要原因为坝区的生计多样化,耕地转租后收益要大于自己种地,而山区生计较为单一,科技条件较为落后,导致无法应对牲畜意外死亡,国家政策实施的程度较低,因此,其抵御风险能力较低,半山区处于两者之间。

表4 应急能力 BP 神经网络模型评价标准

Table 4 Evaluation standard in BP Neural Network of emergency capability index

输入层	输出层				
	5	4	3	2	1
EP1	1	0.937	0.874	0.773	0.534
EP2	1	0.745	0.556	0.423	0.262
EP3	1	0.921	0.744	0.651	0.529
EP4	1	0.750	0.500	0.250	0.000
EP5	1	0.834	0.704	0.464	0.283
EP6	1	0.744	0.564	0.274	0.188
EP7	1	0.843	0.664	0.531	0.204

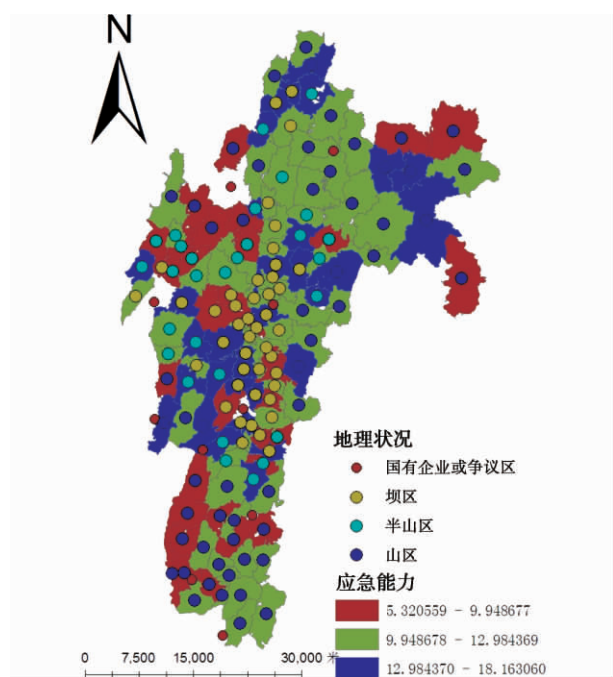


图3 应急能力指数空间模拟

Fig. 3 Spatial Simulation of Emergency Capacity Index

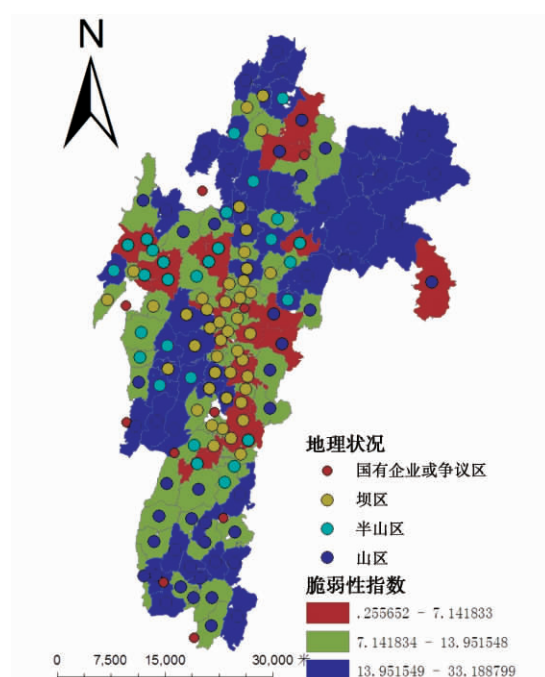


图4 生计脆弱性指数空间模拟

Fig. 4 Spatial Simulation of Livelihood Vulnerable Index

3.5 案例区脆弱性评估

脆弱性是指系统受外界不利因素的影响程度及其应对该影响程度,其大小指数不是一个绝对值,是一个相对衡量概念,生计脆弱性指数计算公式为: $LVI = LI + (ECI - RI)$,分别计算案例区各单元的脆弱性指数,生计脆弱性指数为负,表明风险较大,越大则风险越大;指数为正,说明风险较小,越大说明农户抵御风险的能力越大。

根据上述计算公式分别计算宜良县各村庄的脆弱性指数,得出图4。脆弱性指数山区 > 半山区 > 坝区,脆弱性指数在 0.25 ~ 7.15 间的村庄主要零散分布在宜良县中部半山区,包括化鱼村、马军村和章堡村等村庄。这些地区受到气候变化影响较大,风险度指数较大,生计资本指数较小,在面对风险的时候采取的应对措施较少,导致其生计脆弱性指数较小。风险度指数小的村庄主要有路纳村、乌旧村等山区村庄,这里封闭地缘环境和社会环境,受到外界影响较小,风险度指数较小,但牲畜的救治不力和生计单一导致应急指数较小,结合当地农户生计资本,最终农户生计脆弱性较大;同时就温泉村等坝区村庄而言,虽然风险度指数高,但是农户生计多样化和各方面相对完善的科技指导,其应急能力也强,结合当地农户生计资本指数,这些地区的农户生计脆弱性指数也较大。

4 结论与讨论

1. 本文以云贵高原云南省宜良县为例,结合当地实际情况,在可持续农户生计视角下,构建农户生计脆弱性评估指标体系,该指标体系反映了宜良县农户面临的风险、生计资本和应急能力。同时摒弃传统的加权计算方法,引入BP神经网络模拟方法来计算农户生计脆弱性,是农户生计脆弱性评估的一种新测算方法。

2. 在案例区中,导致农户生计脆弱性的原因既有各种风险,也有农户自身生计资本和应急能力的不足。山区村庄应该提高科技力度,加大农产品和畜牧业的投入产出比,转移农户富余劳动力,丰富的人力资源转化为金融资本,增加农户生计方式;而坝区和半山区均能在风险面前表现出一定的应急能力,但仍需提高农户的生计资本,拓宽二三产业的就业渠道,增加风险的应急能力。

3. 由于案例区各村庄所收集的社会经济资料不是最新的资料和有限性,可能与现在的农户生计存在一定差别,在农户生计资本指标体系上受到一定的欠缺,如以亲戚好友等出现的意外来反映社会风险具有一定的局限性,因此,更准确详细的农户生计脆弱性有待于通过收集更详细及时的社会经济资料进行进一步研究。

4. BP神经网络可通过不断学习和修正权值,高效模拟出各评价指标和指数之间的复杂非线性关系,有效地客观评估农户生计脆弱性,该过程简单实用。但是,BP神经网络自身存在麻痹、“过拟合”和局部极值等问题,在进行农户生计脆弱性评价过程中对BP神经网络模型具有一定要求;除此之外,该评价方法是客观评价,其结果可能与现实信息不相符,解释性较差,因此,在进一步研究过程中应该适当考虑主观因素。

参考文献(Reference)

- [1] Dinar A ,Mendelsohn R ,Evenson R ,et al. Measuring the Impacts of Climate change on Indian Agriculture [J]. World Bank Technical Paper ,1998 ,DOI: 10. 1596/978-0-8213-4192-6
- [2] ADB ,DFID ,OECD ,et al. Poverty and climate change: reducing the vulnerability of the poor through adaptation [R]. Published: Asian Development Bank 2004
- [3] Chambers R. Editorial introduction: Vulnerability , coping and policy [J]. IDS Bulletin ,1989 ,20(2) : 1-7
- [4] Han Zheng. Vulnerability and rural poverty [J]. Issues in Agricultural Economy 2004 , (10) : 8-10 [韩峥. 脆弱性与农村贫困[J]. 农业经济问题 2004 , (10) : 8-10]
- [5] Cmbers R. Vulnerability ,Coping and Policy [OL] . <http://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/handle/123456789/662?show=ful> 2006
- [6] Yan Jianzhong ,Yu Ou ,Wu Yingying ,et al. Livelihood vulnerability assessment of farmers and nomads in eastern ecotone of Tibetan Plateau ,China [J]. Geographical Science 2011 ,31(7) : 858-868 [闫建忠 喻欧 吴莹莹 等. 青藏高原东部样带农牧民生计脆弱性评估[J]. 地理科学 2011 ,31(7) : 858-868]
- [7] Hahn M B ,Riederer A M ,Foster S O. The livelihood vulnerability index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique [J]. Global Environmental Change 2009 ,19(1) : 74-88
- [8] Bebbington A. Capital and capabilities: A framework for analyzing peasant viability ,rural livelihoods and poverty [J]. World Development ,1999 ,27(12) : 2021-2044
- [9] DIFD. Sustainable Livelihoods Guidance Sheets [R]. Department for International Development. DIFD 2000
- [10] Xu Yueqin ,Li Shuangcheng. Chinese economic development level of the regional differences of artificial neural network judgment [J]. Resources Science 2005 ,27(1) : 69-73 [许月卿 李双成. 中国经济发展水平区域差异的人工神经网络判定[J]. 资源科学 2005 ,27(1) : 69-73]
- [11] Wen C G ,Lee C S. A neural network approach to multi-objective optimization for water quality management in a river basin [J]. Water Resources Researches ,1998(3) : 427-436
- [12] Tang Guoan ,Yang Xin. The spatial analysis experiment tutorial of ArcGIS Geographic Information System [M]. Beijing: Science-Press 2006: 384-385 [汤国安 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社 2006: 384-385]

Spatial Simulation Using GIS and Artificial Neural Network for Household Livelihood Vulnerability

LIU Jin ,GAN Shun ,LÜ Jie ,YAN Haiqing ,YUAN Xinting ,LIU Chenchen ,XIE Changbo

(Faculty of Land Engineering ,Kunming University of Science and Technology ,Kunming 650031 ,China)

Abstract: Aiming at the status that evaluation method of farmers' livelihood vulnerability is not perfect and Yungui Plateau is lacking in the study of farmers' livelihood vulnerability ,Yiliang Country of Yunnan Province are selected as an example to construct the index system of farmers' livelihood vulnerability including the risks farmer faced , household livelihood and the emergency capability. The spatial distribution pattern of the Risk Index ,the Farmers' Livelihood Index and the Emergency Capability Index are simulated with tools of GIS and BP Natural Network. Then ,the livelihood vulnerability index is discussed. The results show that the villages' vulnerability index in Mountain District is bigger than in Middle-mountain and the Middle-mountain District is bigger than Dam District , and the vulnerably reasons are variable. The results also indicate that application of BP Neural Network to simulating livelihood vulnerability index is convenient ,precise and feasible ,which can be an alternative approach to simulating livelihood vulnerability.

Key words: livelihood vulnerability; BP Neural Network; GIS; Yungui Plateau