

基于模糊证据权模型的基本农田保护区 空间布局合理性评价

龚建凤¹, 王占岐¹, 蔡恩香¹, 王海诚²

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074; 2. 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430073)

摘要:以长阳土家族自治县的基本农田保护图斑为研究对象,对基本农田保护区布局的合理性进行评价,为科学编制新一轮土地整治规划和建设高标准基本农田提供指导和参考。采用知识与数据驱动一体化的模糊证据权模型的研究方法。结果表明:(1)模糊证据权模型能够充分利用先验知识,克服了因子筛选、权重计算的主观性,算法简单,可操作性强,使得评价结果客观、合理;(2)86.52%的样本点落在修正后验概率分级图中度合理及以上的级别,与已知的信息吻合性较高,表明了模糊证据权能科学、有效的进行基本农田保护区空间布局合理性的评价;(3)依据修正后验概率将研究区域划分为4个等级,高度合理、中度合理、临近合理、不合理,其中合理区域占到基本农田保护区的96.79%,表明了长阳土家族自治县基本农田保护区划定较合理。研究结果为后期快速有效的开展基本农田保护区合理性评价提供了方法借鉴,并对布局优化调整和可持续发展提供指导意义。

关键词:基本农田保护区;模糊证据权模型;空间布局;合理性评价;长阳土家族自治县

中图分类号:F301.23

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)04-0161-07

Evaluation of Spatial Distribution of Basic Farmland Conservation Area Based on Fuzzy Weight of Evidence Model

GONG Jianfeng¹, WANG Zhanqi¹, CAI Enxiang¹, WANG Haicheng²

(1. School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, Wuhan 430074, China)

Abstract: The purpose of this research is to conduct evaluation of spatial distribution of basic farmland conservation area in order to provide guidance and reference for a new round of land reclamation planning and high-standard basic farmland construction carried out scientifically. Methods are based on fuzzy weight of evidence model. The results showed that: (1) fuzzy weight of evidence model, which is both data-driven and knowledge-driven, could give full play to the prior knowledge and information in the raw data, could overcome the subjectivity factor screening and weight calculation, simple algorithm, easy to operate, making the evaluation results objective and reasonable; (2) 86.52% of the known suitable points were above moderately suitable level in the grading figure of modified posterior probability, reflecting the high coherency, which indicated that the fuzzy weight of evidence connecting with modified posterior probability could evaluate the suitability of the spatial distribution of basic farmland protection areas scientifically and effectively; (3) based on the fixed obvious turning points of posteriori probability frequency distribution, the study area was divided into four levels: highly rational zone, moderate rational zone, approaching reasonable zone, unreasonable zone, reasonable area accounted for 94.73% of basic farmland protection areas, which meant that the current planning scheme was basically rational. This paper provided a method for the evaluation of basic farmland protection areas and the basis for the adjustment of the late prime farmland. The research results could provide a method reference to carry out the quick and effective evaluation of the reasonableness of the basic farmland protection areas latter, improve the basic farmland protection area layout rationality, and promote sustainable development.

Keywords: basic farmland protection; fuzzy weight of evidence model; areas spatial layout; evaluation; Changyang Tujia Autonomous County

基本农田作为耕地中的精华,保持一定数量和质量的基本农田是确保我国粮食安全、经济安全和社会稳定的关键,更是贯彻和落实“十分珍惜和合理利用土地,切实保护耕地”这一基本国策的重要保障。基本农田保护区是为基本农田实行特殊保护而依据土地利用总体规划和依照法定程序确定的特殊保护区域^[1]。因而,基本农田保护区空间布局合理性评价对于保护耕地、稳定农业生产、促进区域经济可持续发展以及实现粮食安全都有着十分重大的意义。当前,为提升基本农田保护区空间布局的科学性和合理性,国内许多学者从基本农田划定方法的研究^[2-3],基本农田保护区的探索^[4],耕地质量的评价^[5],农用地分等应用^[6-8],基于农用地集中连片性的分析^[9],等方面有了积极的探索,极大的丰富了基本农田保护研究体系。但这些研究的方法多是基于知识和规则的数理逻辑推理或是数据驱动机制,例如多因素综合评价法、逼近理想点法、主层次分析法和 LEAS 法,对知识的依赖性较高并且受人的主观影响较大。模糊证据权模型是集知识驱动和数据驱动一体化模型,通过筛选指标因子构建证据图层,计算各证据层的权重,最后综合各证据图层的权重参数得出后验概率并修正得到基本农田保护区空间布局合理性的划分等级,能充分发挥先验知识和原始数据中的信息,计算简便、可操作性强,在很大的程度上克服了传统评价方法中因子权重的主观随意性,使得评价结果更加客观、准确、科学。

在实际基本农田保护区划定工作中,由于实用方法较少,主观随意性较强,导致规划方案缺少科学依据,同时受地方经济发展及新型城镇化等影响,基本农田保护区布局存在较多不合理之处:如一些自然条件好的大片优质耕地未划入保护区内,而部分地区将质量较差的耕地或其他农地划入保护区。因此,本文以长阳土族自治县上一轮土地利用规划所确定的基本农田保护图斑为研究对象,引入模糊证据权模型对基本农田保护区的空间布局的合理性进行评价,为后期科学、快速的进行基本农田保护区布局的评价和修改提供了有效的方法和手段,同时为后期基本农田的调整和高标准基本农田的建设提供参考。

1 研究区概况

长阳土族自治县位于鄂西清江中下游武陵山区,地处东经 110° 21'—111° 21',北纬 30° 12'—30° 46',县域东西长 94.5 km,南北宽 63 km。东与宜都市接壤,南与五峰土族自治县相连,西与巴东县交界,北与秭归县、宜昌市点军区毗邻。2012 年,长

阳土族自治县总人口达到 42 万人,总土地面积 341 981.18 hm²,耕地面积 53 379.38 hm²,占总土地面积 15.7%,其中规划确定基本农田面积 36 864.40 hm²。随着经济发展与城镇建设影响,优质耕地被占用的现象屡有发生,使得城镇化与基本农田的保护矛盾日益突出,粮食安全保障受到严重的威胁。

2 方法与数据

2.1 模糊证据权法

模糊证据权法(fuzzy weight of evidence)是由证据权法发展而来,最初应用于医学领域专家系统 GLAD-YS。20 世纪 80 年代末,加拿大数学地质学家 F. P. Agterberg 和 G. F. Bonham-Carter 等将该方法进行改进,引入到矿产资源定量预测与评价^[10]。由于该模型具有形式直观、推理规则透明,建模过程易于解释,并能很好地与 GIS 空间分析功能相结合,且易于编程实现。因此近年来被广泛应用于矿产资源评价、地质灾害危险度评价和土地适宜性评价中^[11-15]。

2.1.1 基本原理 证据权方法是一种贝叶斯概率准则下的对数线性模型^[16-17],即通过先验概率,计算在某种地质证据模式条件下的条件概率。原理如下:

(1) 先验概率计算。假设 D 为所要预测的事件,研究区 T 的总面积为 $A(T)$ km²,被划分成固定面积为 u (km²) 的单元格,则研究区 T 内共有 $N(T) = A(T)/u$ 个单元格, D 表示在 $A(T)$ 内事件已经出现的训练层, $N(D)$ 表示每个单元发生该事件的总数。 $P(D)$ 为先验概率,则事件 D 发生的概率为:

$$P(D) = N(T)/N(D) \quad (1)$$

(2) 证据权重计算。任意一个证据权因子(图层) x 离散成二值图,其权重定义为

$$W^+ = \ln \left[\frac{P(B/D)}{P(\bar{B}/D)} \right] \quad (2)$$

$$W^- = \ln \left[\frac{P(\bar{B}/D)}{P(B/D)} \right] \quad (3)$$

式中: W^+, W^- ——证据权因子存在区 B 和不存在区 \bar{B} 的权重, $P(B/D) = \frac{N(B \cap D)}{N(D)}$ 表示所选的证据权因子存在区 B 内任意评价单元事件 D 发生的概率,其中 $N(B \cap D)$ ——证据权因子在区 B 内事件发生的次数, $N(D)$ ——研究区内事件发生的总次数。

(3) 后验概率计算。对于 n 个证据因子,若它们关于事件发生的条件相互独立,则可以得到研究区多个证据图层条件下的证据权信息综合后验 logit 模型表示为: $\text{logit}(D|B_1^* \cap B_2^* \cap \dots \cap B_n^*) = W_0 + \sum_{i=1}^n W_i^*$,

其中: $W_0 = \ln \frac{P(D)}{1-P(D)}$, n 为图层数; W_i^* 表示第 i

个证据图层权重,“*”取决于该图层属性值取值情况,取值为“1”时“*”取“+”,取值为“0”时“*”取“-”;特殊地,若该图层缺失,则“*”取0.5,且 $W_i^{0.5}=0$ 。通过反几率转换就可以得到多证据图层条件下的后验概率为:

$$P(D|B_1^* \cap B_2^* \cap \dots \cap B_n^*) = \frac{e^{W_0 + \sum_{i=1}^n W_i^*}}{1 + e^{W_0 + \sum_{i=1}^n W_i^*}}$$

(4) 隶属度函数。证据权方法对证据层进行二值化处理时,会造成信息量大量丢失,影响评价结果。针对这一不足,Cheng 和 Agterberg 发展了模糊证据权模型^[18],克服了证据权方法在离散图层时易造成信息损失的不足。模糊证据权模型是通过隶属度定量证据层的模糊度来处理多分类证据层,利用多值模糊隶属度函数 $0 \leq u(x) \leq 1$ 拟合训练样本,计算证据权重值。

2.1.2 主要步骤 根据模糊证据权的原理,在进行基本农田保护区空间布局合理性的评价时应遵循以下的步骤:(1) 合理的选择训练样本,完成先验概率的计算;(2) 提取与目标相关证据图层,计算证据图层权重;(3) 综合所有证据图层,计算后验概率并修正,以满足独立性条件的假设;(4) 划分合理性等级与验证评价结果。

2.2 数据

2.2.1 数据来源 本次基本农田保护区空间布局合理性评价中涉及的主要数据有:长阳土家族自治县农用地分等定级成果(2012)、2012 年长阳土家族自治县土地利用变更调查的数据,(2010—2020)土地利用规划数据、长阳土家族自治县地形图(1:5 万)、第二次土壤普查剖面数据。

2.2.2 数据处理 在 ArcGIS 10.0 平台下,将研究区的地形图生成高程模型(DEM)坡度、坡向图。在农用地分等定级的成果中提取有机质含量,土壤厚度的数据,借助 ArcGIS 平台生成有机质含量栅格图和土壤厚度栅格图。对城镇、居民点、水源做缓冲处理得到它们各自的距离图。对基本农田保护图斑做 50 m 的缓冲处理并融合得到基本农田的聚合图。在 ArcGIS 转换功能下将(2010—2020)土地利用规划数据中规划分区的数据转换成栅格图;继而将每个评价因子图层都转化为 Grid 格式,同时将该区域的土地利用规划中确定的基本农田保护区,以及农用地分等定级中经济等和级别比较高的耕地也转为同上的 Grid 格式。结合研究对象的最小图斑面积和形状,以影响自然质量的关键因素为依据,确定采样间距为 30 m×30 m 的像元为评价单元。

3 结果与分析

3.1 选择训练样本和计算先验概率

根据长阳土家族自治县 2012 年土地利用变更调查数据,研究区域共有 10 002 块基本农田保护图斑划分为 461 352 个单元格。耕地入选基本农田是实现基本农田保护的一个重要环节,将农用地经济等作为判断耕地入选基本农田的依据比自然等和利用等更可靠^[19]。所以,在长阳土家族自治县 2012 年农用地分等成果中,经济等主要有六等、七等、八等、九等、十等。所以选择经济等比较高的六等 1 245 块耕地含 66 959 单元格,以落在耕地图斑中心的 124 个单元格为样本点,由式(1)得出的先验概率为 0.002 7。

3.2 筛选评价因子与权重计算

从基本农田保护区划定的原则“优质高效、集中连片、永久稳定”出发,依据长阳土家族自治县自然与社会经济条件差异,遵循评价因子的全面性、主导性、独立性、差异性和可获取性等原则^[20],从适应性、协调性、稳定性等三个方面构建指标因子。适宜性,反映了自然条件对基本农田本身质量的影响,目前把基本农田布局与自然条件相结合的研究较多,如董秀茹^[5]等将土地评价方法应用于基本农田布局的划定,评价指标选取了坡度、农用地等别、水利设施条件等;结合长阳土家族自治县丘陵区农业发展的特点,选用了有效土层厚度、有机质含量、坡度、坡向、到水源的距离;协调性,源于系统论观点,将基本农田保护区的划定看作是复杂系统工程,除了自然条件,也是其他相关因素共同作用的结果,协调性反映了系统内外因素相结合、整体和谐有序的状态^[21],协调性指标选取主要考虑的因素包括:几何特征,构成要素、主导功能等,所选指标包括图斑聚集度、田块规整度、规划分区重叠比例等,聚合图斑面积大小反映了基本农田保护区布局的集中程度,其面积越大,规模化与集约化利用程度越高,形状特征越趋于协调;规划分区重叠比例,体现了基本农田保护区划定与区域统筹发展战略及整体规划导向的一致程度^[22]。稳定性直接关系到粮食安全问题和社会稳定,所选的影响因子包括基本农田到城镇的距离、到居民点的距离、道路的通达度;距离城镇近的区域基本农田被占用的可能性很大,居民点的距离和道路的通达度反映耕作便利性,表示影响基本农田的稳定性。继而参照长阳土家族自治县国土、农牧、水利、环境和气候等相关行业标准,划分单个因子分类值。

在式(1)的基础上,借助 GeoDAS 平台确定各因子分类值的模糊权重及相关参数,可以得出单个因子对

事件发生的影响效果,客观判别其能否作为影响基本农田保护区空间布局合理性评价的因子。由计算结果可知,田块规整度对样本点的影响显著性水平 T 及有利于事件发生的权重 W^+ 不具备明显差异性,即结果为 0 值,表明其作为此次评价因子没有意义,结合长阳土家族自治县的实际情况进行分析,丘陵地区的地形的特殊性,导致基本农田斑块的形状大多为不规则的

图形,斑块规整度并没有显著差异性;与此同时在计算中因子显著性较大的,都被作为证据图层的评价因子,所以最终选择了土层厚度、有机质含量、坡度、坡向、到水源距离、图斑聚合程度、规划分区重叠比例、到农村居民点距离、到城镇距离、道路通达度等 10 个因子作为评价指标,式(2)、式(3)和多值模糊隶属度函数确定各因子分类值的模糊权重及相关参数如表 1 所示。

表 1 证据层模糊证据层参数

证据图层	分级值	W^+	W^-	C	Sdev	T	MSF	FW	S(FW)	T(FW)
土层厚度/cm	<40						0	-1.50	0.28	-5.38
	40~60	0.05	-1.50	1.55	0.28	5.52	0.5	0.24	0.14	1.71
	60~80	0.34	-0.50	0.84	0.07	11.66	1	0.34	0.04	8.47
	80~100	-2.03	0.01	-2.04	0.71	-2.87	1	0.34	0.04	8.47
有机质含量/%	<1.5						0	-0.11	0.11	-1.03
	1.5~2	0.01	-0.11	0.13	0.12	1.09	0.5	0.07	0.06	1.27
	2~3	0.10	-0.38	0.47	0.09	5.33	1	0.10	0.04	2.65
	3~4	0.26	-0.46	0.72	0.07	9.74	1	0.10	0.04	2.65
	≥4	0.06	-0.07	0.13	0.07	1.90	1	0.10	0.04	2.65
坡度/(°)	0~2	-0.12	0.10	-0.22	0.07	-3.20	1	-0.15	0.05	-2.96
	2~5	-0.15	0.13	-0.28	0.07	-4.14	1	-0.15	0.05	-2.96
	5~8	0.02	-0.05	0.06	0.07	0.87	0.7	-0.17	0.71	-0.25
	8~15	0.03	-4.95	4.97	2.34	2.12	0.3	-0.27	1.65	-0.16
	≥15	0	3.58	-3.58	31.62	-0.11	0	-4.96	2.36	-2.10
坡向/(°)	0	-0.01	0	-0.01	0.09	-0.08	0.5	0.02	0.06	0.29
	0~22.5	-0.01	0	-0.01	0.08	-0.14	1	0.01	0.11	0.10
	22.5~67.5	0	0	0	0.08	0	1	0.01	0.11	0.10
	67.5~112.5	-0.02	0.01	-0.03	0.07	-0.43	0.5	0.02	0.06	0.29
	112.5~157.5	-0.03	0.03	-0.05	0.07	-0.76	0.5	0.02	0.06	0.29
	157.5~202.5	-0.01	0.02	-0.03	0.07	-0.37	0.5	0.02	0.06	0.29
	202.5~247.5	0	-0.01	0.02	0.08	0.22	0.5	0.02	0.06	0.29
	247.5~292.5	0.01	-0.08	0.09	0.12	0.77	0	0.02	0.07	0.31
	292.5~337.5	0.01	-0.22	0.23	0.19	1.23	0	0.02	0.07	0.31
到水源距离/km	337.5~360	0	-1.21	1.22	1.23	0.99	0.5	0.02	0.06	0.29
	≤0.5	0.75	-0.25	1.00	0.07	14.30	1	0.54	0.04	14.31
	0.5~1	0.65	-0.57	1.23	0.07	17.87	1	0.54	0.04	14.31
	1~2	0.54	-0.92	1.46	0.08	18.20	1	0.54	0.04	14.31
	>2	0.43	-1.16	1.59	0.1	16.51	0	-0.29	0.12	-2.52
图斑聚合程度/hm ²	≤1						0	-0.82	0.06	-13.70
	1~10	0.83	-0.82	1.64	0.07	22.76	0.4	-0.49	0.04	-11.31
	10~50	0.65	-0.41	1.07	0.07	15.93	0.6	-0.27	0.04	-6.28
	50~100	0.38	-0.13	0.52	0.07	7.14	1	0.38	0.06	6.37
	>100	0.38	-0.11	0.49	0.08	6.38	1	0.38	0.06	6.37
规划分区重叠比例/(°)	0.51						0	-0.15	0.06	-2.58
	0.5~0.7	0.08	-0.15	0.23	0.07	3.24	0.3	-0.06	0.04	-1.46
	0.7~0.8	0.12	-0.17	0.29	0.07	4.20	0.7	0.05	0.04	1.18
	0.8~0.9	0.27	-0.25	0.52	0.07	7.75	0.9	0.11	0.05	2.14
	>0.9	0.13	-0.07	0.21	0.07	3.00	1	0.13	0.05	2.46

续表 1

证据图层	分级值	W^+	W^-	C	Sdev	T	MSF	FW	S(FW)	T(FW)
道路通达度/(°)	0~37.841						0	-4.92	1.05	-4.67
	37.84~68.92	0.14	-4.93	5.07	1.06	4.79	0.25	-0.76	0.79	-0.96
	68.92~87.57	0.31	-0.76	1.07	0.08	12.69	0.75	-0.05	0.27	-0.20
	>87.57	0.08	-0.04	0.12	0.07	1.72	1	0.08	0.06	1.44
到居民点距离/km	<0.5	0.17	-0.04	0.21	0.09	2.41	1	0.15	0.04	3.70
	0.5~1	0.12	-0.08	0.20	0.07	2.99	1	0.15	0.04	3.70
	1~1.5	0.15	-0.25	0.40	0.07	5.66	1	0.15	0.04	3.70
	≥1.5	0.16	-0.61	0.78	0.09	8.36	0	0.21	0.08	2.64
到城镇距离/km	<2	0.07	-0.16	0.23	0.07	3.11	0.5	0.15	0.02	7.24
	2~4	0.15	-0.26	0.40	0.07	5.64	1	0.15	0.04	3.62
	4~6	0.15	-0.16	0.31	0.07	4.65	1	0.15	0.04	3.62
	6~8	-0.04	0.02	-0.06	0.07	-0.86	1	0.15	0.04	3.62
	≥8	-0.37	0.06	-0.43	0.10	-4.29	1	0.15	0.04	3.62

注: W^+ 为正加权值; W^- 为负加权值; C 为对比度,其值等于 W^+-W^- ;STDEV为 C 的标准差; T 为显著性水平;MSF为隶属度;FW为模糊权重值;S(FW)为模糊权重值的标准差;T(FW)为模糊权重值的显著性。

3.3 后验概率及修正

综合上述 10 个证据图层,由式(4)计算后验概率,该图反映了已知合理点和预测合理点的空间分布概率。后验概率值大小受评价单元大小设置的影响,但评价单元大小并不影响后验概率的分布形态,因此其大小并不代表事件发生的几率,而是表示事件发生后的分布形态^[14]。后验概率见图 1。

由于显示案例很难满足模糊证据权模型的证据层条件独立性假设,导致无法对适宜点进行准确估计,因此需要修正后验概率来克服因证据层不满足条件独立性所造成的后验概率偏差。由此,借助 Geo-DAS 进行多次数据试验,最终确定幂指数函数 $Y=1.184x^{1.179}$ 对后验概率进行修正。

3.4 合理性等级划分

分析修正后验概率频率分布直方图,采用 GIS 系统中的自然断裂法,将研究对象划分为 4 个等级,

得到长阳土家族自治县基本农田空间布局合理性分区图(图 2),研究区域基本农田保护区空间布局合理性评价的结果可分为高度合理、中度合理、临近合理和不合理 4 个区域。基本农田保护区空间布局合理性分级如表 2 所示。

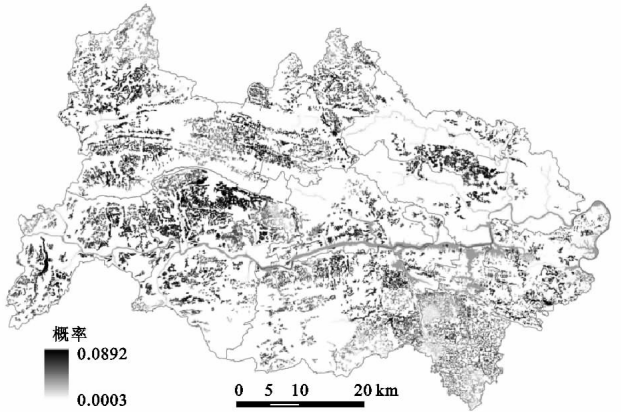


图 1 后验概率分布

表 2 基本农田保护区空间布局合理性分级

修正后验概率分布	合理性等级	合理性单元格数量	面积/hm ²	合理性描述	所占基本农田面积/%
0.0683~0.3162	一等	228314	18243.46	高度合理	49.49
0.0316~0.0278	二等	179497	14342.73	中度合理	38.91
0.0278~0.0079	三等	38713	3093.37	临近合理	8.39
0.0079	四等	14828	1184.83	不合理	3.21

(1) 高度合理区,表现为在适宜性、协调性、稳定性三方面综合最优,是区域基本农田保护的核心,也可作为高标准基本农田直接备选的方案。该类型的基本农田 18 243.46 hm²,占基本农田面积的 49.49%,居 4 大类型保护区之首;主要分布在大堰乡、火烧坪乡、渔峡口镇、都镇湾镇、资丘镇等乡镇;该区域地处亚热带,阳光充足,垂直气候明显,地面坡度不超多 5°,平均厚度约为 80 cm 甚至更厚,有机质含量

大多在 4%左右,距水源的距离较近,基本农田分布相对比较集中,离城镇较远,交通与耕作较便利。同时该区耕种历史悠久,适宜农作物的生长和发展多种经济是发展农业的重点区域。

该区域的主要管理措施,充分利用现有的自然条件和区位优势,制定和实施一系列的优先优惠经济和财政政策,增加农民种植的积极性;广开资金筹集渠道,加大投入建设力度,开展土地整理和农村居民点

整治,改善基本农田的生产条件,保证可持续发展的基础上提高经济效益。

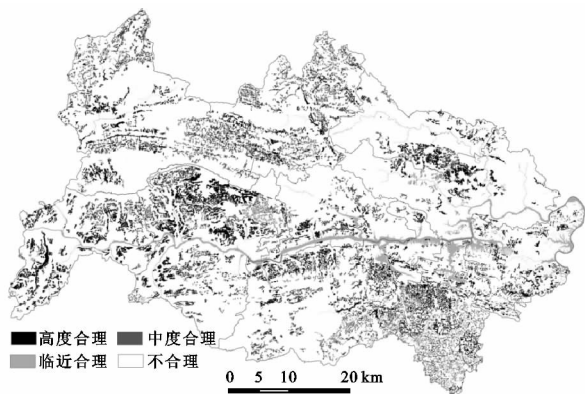


图4 基本农田保护区空间布局合理性分区

(2) 中度合理区,在适宜性、协调性、稳定性方面相对于高度合理区相对削弱,但是经过部分调整可向高度合理区转化。该类型的基本农田 14 342.73 hm^2 ,占基本农田面积的 38.91%,大多分布在高度基本农田的周围。该区域地面坡度一般不超过 8° 热量充足,基本农田多分布在半阳坡面,比较适合农作物的生长;土壤相对肥沃,土层厚度 60—80 cm,该类型的基本农田分布较高度合理区分散;有机质含量 3% 左右,水资源相对充足,水利设施齐全,灌排方便;该区域的管制措施,加强基本农田保护区的建设与保护、防止优质耕地随着城镇发展而被占用,充分与城镇发展相结合,维护基本农田的稳定性;开展土地平整工程或权属调整等途径对该类型的连片性加以改造,提升基本农田的适应性和协调性。

(3) 临近合理区,该类型的基本农田保护区 3 093.37 hm^2 ,占基本农田面积的 8.39%,该区域基本农田的坡度基本在 15° 左右,土层厚度约为 40 cm,有机质含量 1%~3%,距离水源在 1~2 km,阳坡面基本农田面积的数量很少,能基本满足作物生长需求;灌排设施不齐全,年久失修,且农作物抵御自然灾害的能力弱;基本农田的分布多以“插花”形态分布,田块条带状、不规则性显著增强,因此该区的基本农田具有较大的整治潜力。该区域的管制措施,采取平整工程、设施完善、移土培肥、土壤改良、增大投入及空间置换等多维度、多样式、多元化手段调整耕地地理水平、优化耕地空间布局、提高耕地综合质量;有计划地落实农用地整理重点工程项目,强调基本农田保护区的良性有序发展,增加农业综合产出效益。

(4) 不合理区,该类型的基本农田保护区 1 184.83 hm^2 ,占基本农田面积的 3.21%,分布在榔坪镇和高家堰镇内。基本农田在适应性、协调性和稳定性方面综合最差,该区域的基本农田坡度多在 15°

以上,分布多在阴面,且分布零星,距离清江的距离较远,不利于基本农田的灌溉,距离城镇的距离较近极易被占用。该区域的主要管理措施:要结合自身与周边的情况,确定适宜的利用类型,调出基本农田保护区,并在合适的位置补划相应面积。

进一步,将已知 1 245 个图斑样本点与基本农田保护区空间布局合理性分级图进行叠加分析:处于中度合理及该级别以上的样本点在基本农田保护区空间布局合理性分级图占到了 86.52%,其中高度合理占到了 48.44%,中度合理占到 38.08%,可见,已知信息体现了较大的吻合性,充分发挥了原始数据的作用,这表明了模糊证据权模型能够客观、准确的反映基本农田保护区空间布局合理性真实程度。

4 结论与讨论

(1) 采取多信息源相结合,利用 GIS 空间分析、GeoDAS 数据统计与分析,综合考虑自然适宜性、系统协调性和区位稳定性 3 个方面,引入模糊证据权模型提出了基本农田布局合理性评价的理论与方法体系。

(2) 知识与数据驱动一体化的模糊证据权模型进行基本农田保护区空间布局合理性评价是有效的。它在某种程度上克服了因子权重确定主观性太强或纯粹的数据驱动上的不足,评价分级结果中 96.79% 的基本农田处于修正后验概率分级图的临近合理及以上级别,说明了该模型方法的有效性。

(3) 研究区域 36 864.40 hm^2 基本农田保护区空间布局中,高度合理区、中度合理区、临近合理区、不合理区等分别占基本农田保护区的面积 49.49%, 38.91%, 8.39%, 3.21%,对应其空间分布情况,基本农田的重点保护就集中在大堰乡、火烧坪乡、渔峡口镇、都镇湾镇、资丘镇、贺家坪等乡镇;评价结果临近合理及以上级别占到基本农田保护区 96.79%,也表明了长阳土家族自治县当前规划方案下基本农田保护区的划定具有一定合理性。

(4) 针对基本农田保护区不同类型及分布特点,提出相应管理措施,为基本农田保护区布局的优化调整和制定相关决策提供一定的科学依据。

以下问题需要进一步探讨:(1) 训练样本的选择。模糊证据权模型选取的训练样本必须是选择公认度高的适宜点,这样才能保证评价结果的科学性,因此如何保证已知信息来源的多样化和提高已知信息的精度、公认度是后续研究需要加强的地方;(2) 评价指标的选择。本研究中评价指标选择,主要从自然适宜性、区位稳定性和系统协调性等三个方面选取指标,没有涉及经济方面的指标,是今后待完善的地方;(3) 展开动

态评价研究。本研究主要从静态的角度展开分析,缺少动态关联与趋势预测,基本农田保护区与城镇演变时空变化规律、地方经济的发展趋势结合不紧密。可在后续研究中,结合历年来基本农田保护区变化情况,建立动态评价决策体系,提升评价的客观时效性。

参考文献:

- [1] 蔡运龙. 中国经济高速发展中的耕地问题[J]. 资源科学, 2000, 22(3): 24-28.
- [2] 聂艳, 吴西子, 于婧, 等. 基于土地评价和空间聚类的基本农田划定方法研究: 以湖北省鹤峰县为例[J]. 中国土地科学, 2013(12): 39-45.
- [3] 金志丰. 基于 GIS 空间分析的基本农田配置研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(5): 134-137.
- [4] 唐宽金, 郑新奇, 姚金明, 等. 基于粮食生产能力的基本农田保护区规划方法研究[J]. 地域研究与开发, 2008, 27(6): 105-109.
- [5] 董秀茹, 尤明英, 王秋兵. 基于土地评价的基本农田划定方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 336-339.
- [6] 钱凤魁, 王秋兵. 基于农用地分等和 LESA 方法的基本农田划定[J]. 水土保持研究, 2011, 18(2): 251-255.
- [7] 李灿, 黄九松, 王玲燕, 等. 基于农用地分等成果的县级基本农田布局优化[J]. 广东农业科学, 2014, 41(1): 193-197.
- [8] 孔祥斌, 靳京, 刘怡, 等. 基于农用地利用等别的基本农田保护区划定[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 46-51.
- [9] 周尚意, 朱阿兴, 邱维理, 等. 基于 GIS 的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 72-77.
- [10] Bonham-Carter G F, Agterberg F P, and Wright D F. Weights of evidence modelling: A new approach to mapping mineral potential [C] // Agterberg F P, Bonham-Carter G F. Statistical Applications in the Earth Sciences, 1989.
- [11] 田立环. 用 GIS 证据权重法对河南宝丰地区铝土矿进行成矿预测[J]. 矿产勘查, 2011, 2(2): 145-149.
- [12] 张艳玲, 南征兵, 周平根. 利用证据权法实现滑坡易发性区划[J]. 水文地质工程地质, 2012, 39(2): 121-125.
- [13] 谢洪斌, 杨雪, 谭德军, 等. 模糊证据权法在夏橙产区土地适宜性评价中的应用[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2011, 37(6): 693-698.
- [14] 金贵, 王占岐, 胡学东, 等. 基于模糊证据权模型的青藏高原区土地适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(18): 241-250.
- [15] 金贵, 王占岐, 李伟松, 等. 模糊证据权法在西藏一江两河流域耕地适宜性评价中的应用[J]. 自然资源学报, 2013, 29(7): 1246-1256.
- [16] Agterberg F. A modified weights-of-evidence method for regional mineral resource estimation [J]. Natural Resources Research, 2011, 20(2): 95-101.
- [17] Deng M. Binary pattern recognition in the presence of correlated multiple dependent variables[J]. Natural resources research, 2010, 19(4): 269-278.
- [18] Cheng Q, Agterberg F P. Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping [J]. Natural resources Research, 1999, 8(1): 27-35.
- [19] 张英, 潘瑜春, 曾志炫, 等. 基于农用地分等定级的耕地入选基本农田评价比较分析[J]. 中国土地科学, 2012, 26(3): 29-33.
- [20] 王新盼, 姜广辉, 张瑞娟, 等. 高标准基本农田建设区域划定方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 241-250.
- [21] 李建春, 张军连, 李宪文, 等. 银川市基本农田保护区空间布局合理性评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(3): 242-249.
- [22] 赵昕, 郭晶. 区域承灾力评价的协调度模型与实证[J]. 统计与决策, 2011(6): 63-65.

(上接第 160 页)

- [10] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴 2013[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [11] 王荣栋, 孔军, 陈荣毅, 等. 新疆小麦品质生态区划[J]. 新疆农业科学, 2005, 42(5): 309-314.
- [12] 黄敬峰, 王秀珍, 蔡承侠, 等. 新疆冬小麦物候与气候条件研究[J]. 中国农业气象, 2000, 21(1): 14-19.
- [13] Smith M, Allen R, Pereira L. Revised FAO methodology for crop water requirements[M]. Rome: Land and Water Development Division, 1997.
- [14] 王瑶, 赵传燕, 田风霞, 等. 黑河中游春小麦需水量空间分布[J]. 生态学报, 2011, 31(9): 2374-2382.
- [15] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 2 版. 北京: 气象出版社, 2007.
- [16] 杨波, 张勃, 安美玲, 等. 1961—2011 年秦巴山区极端降水事件的时空特征分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(1): 110-116.
- [17] 原立峰, 杨桂山, 李恒鹏, 等. 基于地统计学和 GIS 的鄱阳湖流域降雨空间差异分析[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 34-38.
- [18] 张山清, 普宗朝. 新疆参考作物蒸散量时空变化分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 73-79.
- [19] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-164.
- [20] 黄小燕, 张明军, 王圣杰, 等. 西北地区近 50 年日照时数和风速变化特征[J]. 自然资源学报, 2011, 26(5): 825-835.
- [21] 张山清, 普宗朝, 李景林. 近 50 年新疆日照时数时空变化分析[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 1481-1492.