

汶川县生物多样性保育与 区域发展的综合地域划分

吕一河, 傅伯杰, 陈利顶

(中国科学院生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085)

摘要: 依据生物多样性和社会经济发展方面的 20 个指标, 应用模糊聚类算法对汶川县的
综合地域划分研究表明, 汶川县可以划分为 4 个综合地域类型: 发展主导型 (I), 占县域面积的
4.3%; 特色开发型 (II), 占县域面积的 23.5%; 发展支持型 (III), 占县域面积的 6.5%;
生态保育和限制性开发型 (IV), 占县域面积的 65.7%。县域水平上协调生物多样性保育和区
域发展关系的空间策略是东西分治, 东部 (I、II、III) 以社会经济发展为主, 西部 (IV)
以生态保育为主。在区域发展的产业选择上应重视产业的生态化, 突出地域优势与特色。

关键词: 生物多样性保育; 区域发展; 地域划分; 模糊聚类; 汶川县

中图分类号: Q16; X176 **文章编号:** 1000-0585(2004)04-0504-09

1 引言

生物多样性保育是人类面临生物多样性丧失这一全球性严重生态危机而产生的积极响应。同时, 生物多样性保育必须借助于一定的地理空间和区域才能得以实现。然而区域系统是具有一定结构和功能特点的复合巨系统^[1]。如何协调生物多样性与区域系统其他组分间的关系, 实现区域系统结构和功能优化及可持续发展已经成为地理、生态和环境等多学科研究的重要内容和热点领域^[2]。

地域划分作为陆地系统科学的重要手段, 在解决众多理论和实践问题中发挥了重要作用^[3,4]。地域划分较为传统的应用在于单项地理要素, 如气象^[5]、水文^[6,7]等, 和地理要素的综合研究^[8,9]。近年来, 区域生态功能定位、能源资源和生态安全逐渐成为地域划分研究的重要领域^[10~12]。在自然保护方面, 地域划分可以作为基于生态区的自然保护规划与评价的重要环节^[13]以及在自然保护区管理中确定资源利用适宜性能力等级、政策制定过程中整合社会需求的有效途径^[14]。然而, 生物多样性保育不仅仅意味着自然保护区的规划与管理, 还需要在更大的空间尺度上协调好生物多样性保育和区域社会经济发展之间的关系, 以保证保育和发展的可持续性。

生物多样性保育和可持续发展战略的落实都必须从具体的区域入手。县域是一个相对独立而又完整的行政功能区, 以县域作为基本地域单元, 既体现了它行政功能的完整性, 有利于将可持续发展作为政府理性行为的追求目标, 同时, 也体现了自然生态、经济、社

收稿日期: 2003-11-06; 修订日期: 2004-03-04

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 资助项目 (G2000046807); 国家自然科学基金项目 (30300052 及 40321101) 资助

作者简介: 吕一河 (1974-), 男, 河北涞水县人, 博士, 助理研究员。主要从事景观生态学和保护生态学研究。
E-mail: lyh@mail.rcees.ac.cn; lvyihe@163.com

会环境的完整性,有利于寻求生物多样性保育和区域可持续发展的协调机制和实现途径。

本文将探讨汶川县生物多样性保育与区域发展的综合地域划分问题,主要目的在于:(1)引入模糊聚类算法,并考察其在县域空间决策中的有效性;(2)以县域生物多样性保育与社会经济的协调和可持续发展为基本目标,解决县域空间的划分问题;(3)探讨不同类型区的基本特点、解决发展与保护问题的主要战略和对策,为县域范围内涉及土地利用、经济发展、生物多样性保育和产业选择等的宏观决策提供理论依据和实践指导;(4)为中国其他县域研究和解决类似问题提供有益的参照。

2 区域特点与研究方法

2.1 研究区域

汶川县位于四川盆地北部边缘(北纬 $30^{\circ}45'37''\sim 31^{\circ}43'10''$,东经 $102^{\circ}51'46''\sim 103^{\circ}44'37''$),总面积约 4085km^2 。地势由西北向东南倾斜,西部多海拔在3000米以上的高山。汶川县地处四川盆地向川西北高原的过渡区,景观的垂直带性显著。境内高山连绵,河谷深切,谷坡陡峻,相对高差平均在1500~2000m。地貌以中山峡谷为主,高山峡谷次之。有着复杂多样的生境类型和丰富的生物多样性资源。在县域的西南部,有著名的卧龙大熊猫自然保护区,约占整个县域面积的50%。

汶川县下辖14个乡镇,其中卧龙镇和耿达乡隶属卧龙自然保护区特别行政区划范围,因此在研究中把二者作为一个单元与其它乡镇并列。2001年全县总人口约11.1万,其中农业人口约占64.9%。藏族和羌族是汶川县2个主要少数民族,约占总人口的45.2%。

2.2 研究方法

2.2.1 综合地域划分的目标 川西高山峡谷区是中国生物多样性丰富、具有国际意义的地区之一^[15,16]。汶川县正处于这一重要地区的前沿,因此保护好这里的生物多样性就显得非常重要。但是,生物多样性保育必须有一定的投入,包括土地资源、人力资源、资金等。对于县域的社会经济发展来说很大程度上表现为成本,因而就会产生一定的影响。因此,综合地域划分的基本目标就是在县域范围内实现生物多样性保育与社会经济发展的持续、协调。

2.2.2 指标选取与计算 生物多样性可以在多个水平上予以表征。生物多样性在景观水平上主要表现为生态系统、生境类型的丰富程度、复杂性、变异性等。社会经济发展状况依赖于人口、劳动力状况,经济收入与分配等。根据数据的可获得性,我们选择如下指标(表1)来进行综合地域划分。

表1 综合地域划分的指标

Tab. 1 The indicators for county level comprehensive regionalization

对象	指标群
生物多样性	生境类型丰富度、景观破碎度、多样性、森林覆盖率、植被盖度
社会经济发展	发展水平: 人口数量、人口密度、劳动力比重、耕地劳力密度、少数民族人口比重、耕地总量、人均耕地、人均粮食、农村经济总收入、人均纯收入。 发展速度: 人口、耕地、劳动力、农村经济总收入、人均纯收入的多年平均变化率。

社会经济发展指标,依据汶川县统计局提供的社会经济年鉴(1983、1993、1995、2000、2001共5个年份)经统计计算获得。生物多样性指标则依据土地利用图、植被图、

林相图等,借助 GIS 经过景观格局分析获得。

2.2.3 综合地域划分的算法 地域划分是人们对客观存在的区域生态、经济、社会系统主观认识的反映,也是对生态、经济、社会活动空间存在状态的一种分类^[17],因此一直是地理学、生态学研究的重要内容^[18~20]。根据汶川县境内 13 个地域单元的指标特征和取值,对它们进行类型研究,并完成地域类型划分。这种划分有利于依据各类型区的相似性、差异性、主导性和生态完整性等特征进行科学决策,促进县域生物多样性保育与区域社会经济的可持续发展。

区域划分是区域对策与决策的重要基础和组成部分,通常属于多指标问题。在简单条件下,区域划分可以通过图表叠置来完成,但是在处理单元和指标众多的情形下,这种叠置方法就难以奏效^[21]。针对区域划分的复杂性,主成份分析和统计聚类成为区域划分中经常采用的数量方法^[22,23]。

传统的聚类分析是一种硬划分,它把每个待辨识的对象严格地划分到某个类中,具有非此即彼的性质,因此这种分类的类别界限是分明的。而实际上大多数对象并没有严格的属性,它们在性态和类属方面存在着中介性,适合进行软划分。Zadeh^[24]提出的模糊集理论为这种软划分提供了有力的分析工具,人们开始用模糊的方法来处理聚类问题,并称之为模糊聚类分析。由于模糊聚类得到了样本属于各个类别的不确定性程度,表达了样本类属的中介性,即建立起了样本对于类别的不确定性描述,能更客观地反映现实世界,从而成为聚类分析研究的主流^[25]。

模糊聚类问题可以用如下模型予以描述^[26,27]:

设有待聚类的 n 个样本组成样本集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 每个样本有 m 个指标, 则第 j 个样本的指标特征值向量为 $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$, 从而 n 个样本的指标特征值矩阵可以表示为 $X = (x_{ij})_{m \times n}$, 其中 x_{ij} 是样本 j 的第 i 个指标特征值, $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ 。

由于 m 个特征值存在量纲、量级上的差异,为消除这些差异造成的影响,需对其进行标准化处理,本文采用极差标准化方法。如此,可以将指标特征值矩阵 X 转化为指标相对优属度矩阵 R , $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 。

设 n 个样本依据 m 个指标特征值,按 c 个类别进行归类或识别,则有模糊识别矩阵为 $U = (u_{hj})_{c \times n}$, 其中 u_{hj} 为样本 j 归属于 h 类的相对隶属度, $h = 1, 2, \dots, c, u_{hj} \in [0, 1]$, $\sum_{h=1}^c u_{hj} = 1, \sum_{j=1}^n u_{hj} > 0$ 。类别 h 的 m 个指标特征值称为该类的聚类中心,则 c 个类别的指标特征值可以用模糊聚类中心矩阵表示为: $S = (s_{ih})_{m \times c}$, 其中 s_{ih} 为类别 h 指标 i 特征值的标准化数据, $s_{ih} \in [0, 1]$ 。在模糊聚类与模糊识别中考虑不同指标的权重,设指标权重向量为 $W = (w_1, w_2, \dots, w_m), \sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

为了求解最优模糊识别矩阵 U , 最优模糊聚类中心矩阵 S 和最优指标权重向量 W , 建立模糊环境下的目标函数:

$$\min \left\{ F = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c \left\{ u_{hj} \left[\sum_{i=1}^m [w_i (r_{ij} - s_{ih})]^p \right]^{1/p} \right\}^2 \right\} \quad (1)$$

其物理意义为:聚类样本集对全体类别的加权广义权距离平方和最小。它是经典数学中最小二乘准则的推广。式(1)中, p 为距离参数,当 $p=2$ 时有:

$$\min \left\{ F = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c \left\{ u_{hj} \left[\sum_{i=1}^m \omega_i (r_{ij} - s_{ih}) \right]^2 \right\} \right\} \quad (2)$$

当模糊聚类中心矩阵 S 、指标权重向量 W 已知时，最优模糊识别矩阵 U 可用下式求得：

$$u_{hj} = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^m [\omega_i (r_{ij} - s_{ih})]^2}{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m [\omega_i (r_{ij} - s_{ik})]^2} \right\}^{-1} \quad (3)$$

当模糊识别矩阵 U 、指标权重向量 W 已知时，模糊聚类中心矩阵 S 可以通过下式求得：

$$s_{ih} = \sum_{j=1}^n u_{hj}^2 r_{ij} / \sum_{j=1}^n u_{hj}^2 \quad (4)$$

实际计算中，通常采用循环迭代的方式求解最优模糊识别矩阵（或称为模糊划分矩阵） U 和最优模糊分类中心矩阵 S ，步骤如下^[28]：① 给定迭代所要求满足的计算精度 ϵ ；② 给定一个满足约束条件的初始模糊划分矩阵 U_0 ；③ 依据 U_0 求得对应的初始模糊分类中心矩阵 S_0 ；④ 将 S_0 代入式（3）求得模糊划分矩阵 U_1 ；⑤ 将 U_1 代入式（4）求得模糊分类中心矩阵 S_1 ；⑥ 逐个比较 S_1 和 S_0 的对应元素，若对应元素最大差值的绝对值小于要求精度 ϵ ，计算结束；否则继续进行迭代，直到达到精度要求为止，此时便得到了最优模糊划分矩阵 U 和最优模糊分类中心矩阵 S 的近似解。

3 结果与讨论

3.1 模糊聚类过程

汶川县有 13 个进行地域划分的单元，因此可以通过模糊聚类算法将它们分别归并为

表 2 不同聚类数的模糊聚类结果

Tab. 2 The fuzzy clustering results of various numbers of clusters

类型数	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	
聚类 结果				1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1	
		1,5,6, 12	1,5	—————			2,7	2,7	2,7	2	2	
		1,3,5,6 12	—————	2,7,8,9	2,7	2,7	3	3	3	3	3	
		—————	2,7,8,9 11	—————	3,6,12	3	4	3,12	4	4	4	
		2,4,7, 10,13	—————	—————	—————	4,10, 13	6,12	4	6	7	6	
		—————	3,6,12	3,6,12	4,10, 13	—————	—————	5	8	8,11	7	
		2,4,7,8 9,10 11,13	—————	3,6,12	—————	6,12	8,9	8	9	9	9	
		—————	3,8,9, 11	4,10, 13	4,10, 13	8,9	8,9	10,13	10,13	10,13	9	9
		—————	—————	—————	13	8,9	8,9	10,13	10,13	11	10	10, 13
		—————	—————	—————	—————	—————	—————	—————	—————	11	12	11
		—————	—————	—————	11	11	11	11	11	12	13	12

注：聚类结果栏目中的数字是地域划分单元代码，威州镇=1、绵池镇=2、映秀镇=3、卧龙特区=4、漩口镇=5、水磨镇=6、龙溪乡=7、克枯乡=8、雁门乡=9、草坡乡=10、银杏乡=11、白花乡=12、三江乡=13。

2 到 12 个类型区 (表 2)。类型数从 12 个减至 2 个, 聚类标准逐渐放宽。具体聚类结果由分类数和地域划分单元属性特征之间的相似性、差异性共同决定。随着分类数的变化, 一些地域划分单元类属表现出了一定的中介性, 这正是模糊聚类算法的优势和特点所在。最先聚为一类的是草坡乡、三江乡, 威州镇、漩口镇, 其次是绵池镇、龙溪乡, 表明它们两两之间的相似性程度较高。当把地域划分单元归并为 4 类时满足了两个条件, 即不存在单一地域划分单元独自成类的情形, 同时, 地域类型数达到最大。并且, 各地域类型保持了较好的空间连续性, 宏观趋势显著, 与实际情况吻合较好。因此本文将 4 类确定为最优地域划分类型数, 并采用了相应的聚类结果。

3.2 最优模糊聚类结果

依据模糊最优划分矩阵 (表 3) 和最大隶属原则得到最优模糊聚类结果 (图 1)。

表 3 最优模糊划分矩阵

Tab. 3 The optimal membership matrix of fuzzy clustering

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.1514	0.3791	0.0976	0.2926	0.0476	0.2042	0.6178	0.6690	0.4597	0.1175	0.3157	0.1381	0.2114
0.1980	0.1695	0.7615	0.2091	0.0787	0.3556	0.0978	0.1294	0.1913	0.0436	0.3110	0.3801	0.1454
0.1302	0.3533	0.0712	0.4070	0.0436	0.1623	0.2384	0.1530	0.2466	0.8164	0.2896	0.1326	0.5568
0.5204	0.0980	0.0698	0.0913	0.8301	0.2779	0.0460	0.0487	0.1024	0.0225	0.0837	0.3491	0.0864

注: 第一行各列数字为各地域划分单元代码, 同表 2 注释。

各类型分别由 2 到 5 个乡镇单元构成, 其面积占全县总面积的比例差异很大 (图 1)。类型 IV 所占的面积比例最大, 类型 I 所占的面积比例最小; 各类型面积比例由大到小的顺序为: IV (65.7%) > II (23.5%) > III (6.5%) > I (4.3%)。

3.3 关于划分指标问题

地域划分的一个关键步骤是划分指标的确定^[21]。本文从生物多样性、社会经济发展水平、社会经济发展速度 3 个方面确立了 20 个指标。所有这些指标在空间上都匹配到了行政单元 (由卧龙镇、耿达乡构成的卧龙特区和其他 12 个乡镇)。表征生物多样性的 5 个指标是景观水平上格局分析的结果, 在较大空间尺度上可以作为物种多样性的替代指标, 在自然保护规划和评价中发挥重要作用。社会经济发展指标是依据汶川县统计年鉴所属各行政单元的统计数据创建的。由于数据来源的限制, 数据的可获得性和指标的完备性难以两全。因而, 所确立的社会经济发展指标群更多地反映的是经济发展, 只有少数指标, 如少数民族人口比重、人均粮食, 能从一定程度上分别反映社会文化结构特点和人文社会响应的投入能力^[12]。各类指标群内部可能存在着一定的相互影响, 使得权重分配成为必要。因此, 所采用的模糊聚类算法引入了指标权重向量。但是, 权向量的确定是一个自适应迭代过程, 一旦初始化就无需人为干预, 这一点类似于人工神经网络连接权的确定问题。

4 类型区评价与决策建议

4.1 分区评价

由聚类结果可以看出, 汶川县内部在生物多样性保育和社会经济发展上存在着显著的空间分异特征 (图 1)。除类型 I 外, 其它类型在空间上都是连续的。这种格局的形成是

自然和社会经济因素长期综合作用的结果和客观现实的直观反映。尽管本研究的地域划分是类型划分，在理论上与区域区划不同，不要求类型区的空间连续性，但是，从政策、决策的制定、实施以及管理的角度来说，类型区的空间连续性会有所帮助。

类型 I 由威州镇、漩口镇构成。这两个镇是汶川县的经济中心，同时也是交通要塞，扼守县域内 213 国道的南北。威州镇地处县域北部，杂谷脑河与岷江交汇处 ($N31^{\circ}29'$, $E103^{\circ}35'$, 海拔 1325.6m) 是县府所在地，有着悠久的历史，并已成为川西北山区现代化的新城镇，不仅为全县政治、经济、文化和交通中心，也是阿坝藏族、羌族自治州的经济文化重地和交通要道。漩口镇位于县域东南角，岷江沿岸，是汶川县南部工业、商业、交通中心，也是进出阿坝州的门户要地。类型 I 依托其在区位、经济、文化和资源等方面的优势

在整个县域社会经济发展总体形势最优。但类型 I 由于经济发展程度高、开发历史悠久、面积小、人类活动干扰强烈，再加上威州镇干旱河谷区自然环境条件的限制，其生物多样性水平最低，但以类型 I 为中心，向其周围各类型，包括类型 II、III 和 IV，社会经济发展水平有所降低，表明类型 I 在整个县域社会经济发展中的轴心和辐射作用。

类型区 II 环抱威州镇的东、北、西三面，南部和西部与类型 III、IV 相接。本类型区整体发展水平适中，但是在自然景观、历史文化和民族风情方面颇具特色。沿岷江主河谷地区，历史悠久、交通便捷，独特的历史文化和民族风情多会于此，但是生物多样性水平不高。这一类型区的一些岷江支流流域自然景观资源优越，如阿尔沟、雁门沟、七盘沟等。这些流域自然景观类型多样，包括高山湖泊、瀑布等水体景观，石笋、峰丛等造型地貌景观，古冰川景观，森林景观和丰富的动植物资源。

类型 III 社会经济发展较好，在产业发展上基础良好，包括水电能源、冶金、材料等。由于开发历史较长、人为干扰强度大，自然植被破坏较严重，自然景观无明显特色。该类型区海拔较低，气候相对温暖湿润，有利于生态系统受干扰后的快速恢复。

类型 IV 处于汶川县西部和南部，包括三江乡、卧龙自然保护特别行政区和草坡乡，占据整个县域土地面积的大部分。这一类型区以高山、亚高山为主，自然资源与环境要素的垂直地带性显著，生境类型复杂多样，孕育着丰富的生物多样性资源，在整体生物多样性水平上位于全县之首。丰富的生物多样性资源中有国家重点保护的珍稀濒危动植物物种，包括大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*)、金丝猴 (*Rhinopithecus roxllanae*)、白唇鹿 (*Cervus albirostris*) 等国家一级保护动物 13 种，猕猴 (*Macaca mulatta*)、小熊猫 (*Ailurus fulgens*) 等国家二级保护动物 44 种；2 种国家一级保护植物珙桐 (*Davidia involu-crata* Baillon) 和水杉 (*Metasequoia glyptostroboidr* Hu et Cheng)，连香树 (*Cerci-*

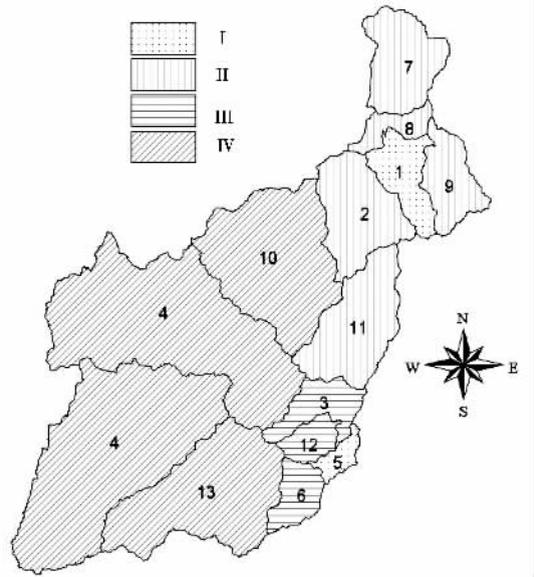


图 1 汶川县地域类型图 (图中数字为地域划分单元代码, 同表 2 注释)

Fig. 1 Zoning in Wenchuan County (The numbers in the map are codes of regionalization units)

diphyllum japonium Sieb. et Zucc) 等国家二级保护植物 9 种, 黄蓍 (*Astracenton sinense* Oliv) 等国家三级保护植物 13 种。然而, 这一地区人口密度小, 社会经济发展相对滞后。

4.2 决策建议

汶川县从总体上看, 东部 (I、II、III 类型区) 交通区位优势, 社会经济相对发达, 是整个县域社会经济发展的基本依托, 发挥着支柱作用; 西部 (类型区 IV) 景观独特、生态条件良好、生物多样性和其他自然资源丰富, 特别是生物多样性资源具有国际意义。因此, 整个县域发展总的原则应该是东部以社会经济发展为主导, 而西部以生物多样性保育、生态恢复为主导。

类型区 I, 称为发展主导区, 继续维持其经济发展中心地位, 并作为轴心向周围地区辐射, 带动周边地区的共同发展。北部的威州镇有着悠久的历史, 保存有大量的历史文化遗迹 (如姜维城), 具有很大的旅游开发价值。旅游业的开发将会为这个北部社会经济文化中心的进一步发展注入新的活力。南部的漩口镇将受到其下游位于岷江干流上的“紫坪铺”大型水利工程的影响。工程建成后, 这个南部经济中心将北上西进至类型区 III。届时可以类型区 III (称为发展支持区) 为依托, 在原有能源电力、原材料、加工业的基础上, 进行水上项目 (水产养殖、旅游等) 的开发, 从而对原有产业体系进行补充, 促使其结构的改善和升级, 对整个县域的社会经济发展起到支持和推进作用, 并逐渐形成新的南部经济中心。

类型区 II, 称为特色开发区, 有县域内主要的羌族聚居区, 是羌禹文化集中和精华所在。在此区域可以古老的羌禹文化遗迹为依托 (如禹王宫), 开发历史文化和民族风情旅游; 同时, 该区还有雁门沟、七盘沟和阿尔沟等风景优美奇特的高山峡谷流域, 可以据此发展自然观光旅游。因此, 本类型区的发展方向是以历史文化和民族风情为特色, 以自然风光为补充, 发展旅游主导产业, 并带动其他相关产业的发展。

类型区 IV, 称为生态保育和限制性开发区。在本区, 以卧龙大熊猫国家级自然保护区 (包括卧龙特别行政区范围和三江乡的两个村) 为核心区, 三江乡和草坡乡为缓冲区实施以生物多样性保育和生态恢复为主的战略。产业发展上, 坚持有所为有所不为的原则, 重点在于发挥区内的景观和资源优势, 培育生态产业。目前, 在卧龙自然保护区内 (主要是卧龙镇) 和三江乡已经有了一定规模的旅游活动, 但是旅游基础设施、整体发展水平还很低。因此, 有必要按照生态旅游的要求进一步发展旅游业, 使生态旅游成为本区的一个主导产业。本区分布着几条岷江支流, 水能资源比较丰富, 可以发展水电业, 既可以为本区生产、生活提供可再生的清洁能源, 又可以获得一定的经济收益, 是本区社会经济发展不可缺少的重要组成部分。另外, 还有必要对传统的农业进行改造, 发展生态及观光农业。合理利用天然草场发展牧业, 选择优良品种发展家庭或集体养殖业。对于种植业, 强调其无公害化, 创建本区的绿色品牌, 并努力实现市场化运作。

总之, 本文的县域地域划分方案是县域历史、现状的综合反映, 在未来一定时期内可以作为县域社会经济发展和生态保育宏观决策的重要依据。所采用的模糊聚类算法对于县域综合地域划分灵活有效。然而, 区域本质上是动态系统, 当系统发生较大变化时, 有必要对划分方案做适时修正, 体现其动态性, 以便更好地指导决策。由于数据来源的限制, 本研究所建立的指标体系理论上在社会经济发展方面的完备性不足, 各指标的权重也无法人为干预, 但是从区域划分的实际效果来看, 并没有带来大的影响。

参考文献:

- [1] 叶民强,张世英. 区域可持续发展系统及其目标实现过程研究. 科技进步与对策,2001,(2):27~29.
- [2] 吕一河,陈利顶,傅伯杰. 生物多样性资源:利用、保护与管理. 生物多样性,2001,9(4):422~429.
- [3] 杨勤业,吴绍红,郑度. 自然地域系统研究的回顾与展望. 地理研究,2002,21(4):407~417.
- [4] 葛全胜,赵名茶,郑景云,方修琦. 中国陆地表层系统分区初探. 地理学报,2002,57(5):515~522.
- [5] Carter M M, Elsner J B. Convective rainfall regions of Puerto Rico. International Journal of Climatology, 1996, 16(9): 1033~1043.
- [6] Vandewiele G L, Elias A. Monthly water balance of ungauged catchments obtained by geographical regionalization. Journal of Hydrology, 1995, 170(1-4): 277~291.
- [7] 王超,朱党生,程晓冰. 地表水功能区划分系统的研究. 河海大学学报(自然科学版),2002,30(5):7~11.
- [8] 倪绍祥,查勇. 综合自然地理研究有关问题的探讨. 地理研究,1998,17(2):113~118.
- [9] 陆大道. 关于地理学的“人—地系统”理论研究. 地理研究,2002,21(2):135~145.
- [10] 胡孟春,蒋建国,张更生,等. 黑河流域生态功能区划及其保护. 农村生态环境, 2002,18(1):1~5.
- [11] 谷树忠,耿海青,姚予龙. 国家能源、矿产资源安全的功能区划与西部地区定位. 地理科学进展,2002,21(5):410~419.
- [12] 胡宝清,廖赤眉,严志强,蒋松芳. 广西都安瑶族自治县农业可持续发展的生态安全评价. 农村生态环境,2003, 19(2):16~19.
- [13] Diamond D D, Gordon T M, True C D, et al. An ecoregion-based conservation assessment and conservation opportunity area inventory for the Lower Midwestern USA. Natural Areas Journal, 2003, 23(2): 129~140.
- [14] Almada J L F, Romero A V, Varela A C, et al. A methodology for developing a management program for protected areas: the biosphere reserve of the upper California Gulf and Colorado River Delta, Mexico. In: Magoon O T (eds.). Taking a Look at California's Ocean Resources: An Agenda for the Future. Reston: American Society of Civil Engineers, 1998,1: 600~622.
- [15] 陈家宽,李博,吴千红. 长江流域的生物多样性及其与经济协调发展的对策. 生物多样性,1997,5(3):217~219.
- [16] 陈昌笃. 都江堰地区—横断山北段生物多样性交汇、分化和存留的枢纽地段. 生态学报,2000,20(1):28~34.
- [17] 任建兰,张伟. 县域生态经济区与区域可持续发展——以山东莘县为例. 经济地理,2000, 20(1):79~83.
- [18] 傅伯杰,陈利顶,刘国华. 中国生态区划的目的、任务及特点. 生态学报,1999,19(5):591~595.
- [19] 杨勤业,李双成. 中国生态地域划分的若干问题. 生态学报,1999,19(5):596~601.
- [20] 李双成,郑度,张镱铨. 青藏高原生态资产地域划分中的SOFM网络技术. 自然资源学报,2002,17(6):751~756.
- [21] Xu H, Liu D, Wu H. Environmental regionalization for the management of township and village enterprises in China. Journal of Environmental Management,2001,63:203~210.
- [22] 哈保莹,杨湘龙,王惠文. 中国工业发展的区域划分和所有制结构影响分析. 系统工程理论与实践,1998,(6):45~48.
- [23] 王效华,冯祯民. 运用聚类分析法进行中国农村家庭能源消费的区域划分. 南京农业大学学报,2001,24(4):103~106.
- [24] Zadeh L A. Fuzzy sets. Information Control,1965,8: 338~353.
- [25] 高新波,谢维信. 模糊聚类理论发展及应用的研究进展. 科学通报,1999,44(21):2241~2251.
- [26] 陈金山,韦岗. 遗传+模糊C—均值混合聚类算法. 电子与信息学报,2002, 24(2):210~215.
- [27] 李希灿,解明东,许德生,等. 模糊聚类与模糊识别理论模型研究. 模糊系统与数学,2002,16(2):58~64.
- [28] 熊德琪. 环境系统模糊集分析理论与应用. 大连:大连海事大学出版社,2001. 71~72.

Comprehensive regionalization of Wenchuan County on biodiversity conservation and regional development

LU Yi-he, FU Bo-jie, CHEN Li-ding

(Key Lab of Systems Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences,
CAS, Beijing 100085, China)

Abstract: Regionalization is an important research topic in geography and ecology. The realization of biodiversity conservation and the sustainable development of socio-economy must be based on geographical location. County level regionalization can provide support on macroscopic decision-making such as land resources allocation, economic development, biodiversity conservation, and industrial development. Based on 20 indicators of biodiversity and socio-economic development, this study adopted fuzzy clustering algorithm as the computational tool for the comprehensive regionalization of Wenchuan County. The results indicated that Wenchuan County could be divided into 4 types of comprehensive zones: the Development Dominant Zone (Ⅰ), including Weizhou Township and Xuankou Township, accounting for 4.3% of the total county area; the Development Zone with Local Characteristics (Ⅱ), including Mianchi Township, Longxi Township, Keku Township, Yanmen Township, and Yinxing Township, accounting for 23.5% of the total county area; the Development Support Zone (Ⅲ), including Yingxiu Township, Shuimo Township and Baihua Township, accounting for 6.5% of the total county area; the Ecological Conservation and Restrictive Development Zone (Ⅳ), including Wolong Special Administration for Nature Conservation (WSANC), Caopo Township, and Sanjiang Township, accounting for 65.7% of the total county area. WSANC is the core of Ⅳ with Caopo Township and Sanjiang Township as the buffers. The spatial strategy on coordinating biodiversity conservation and regional development is to develop mainly from the east (Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ) and to conserve mainly in the west (Ⅳ). Eco-industry, such as eco-tourism, eco-agriculture, etc., need to be emphasized in the process of regional development.

Key words: biodiversity conservation; regional development; regionalization; fuzzy clustering; Wenchuan County