

三峡库区生态经济区用地结构变化及演变趋势 ——以重庆市梁平县为例

陈书卿¹, 刁承泰^{1, 2, 3}

(1 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715; 3. 西南大学 三峡库区经济社会研究中心, 重庆 400715)

摘要: 根据 1999—2007 年土地利用统计资料, 借助信息熵原理及马尔科夫转移矩阵模型对梁平县土地利用结构动态演变进行了实例分析。结果表明, 梁平县土地利用结构信息熵 H 经历了 3 个阶段: 1999—2002 年持续上升阶段, 2002—2003 年急速回落阶段及 2003—2007 年波动阶段, 均衡度变化与信息熵相似。用地类型主要由耕地转向林地、交通用地、居民点及工矿用地。运用 RBF 神经网络模型对研究区的土地变化进行理论趋势值分析表明, 研究区内土地利用变化以农用地转化为交通用地和居民点及工矿用地的趋势最强, 由此趋势在今后一段时期内, 农用地将持续减少, 耕地保护与建设用地扩张的矛盾将尤为突出。建议大力开展土地开发整理, 特别是农村居民点的整理归并, 同时积极挖掘存量建设用地, 走高效、集约的土地利用之路。

关键词: 土地利用; 动态变化; 演变趋势; 梁平县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0160-05

中图分类号: F293.2

Landuse Structure Change and Its Evolving Tendency of Ecological Economic Zone in the Three Gorges Reservoir Area —A Case Study of Liangping County, Chongqing Municipality

CHEN Shu-qing¹, DIAO Cheng-tai^{1, 2, 3}

(1. College of Geographical Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Key Laboratory of Eco-environment in Three Gorges Reservoir Region of the Ministry of Education, Southwest University, Chongqing 400715, China; 3. Institute of Economics and Society in Three Gorges Reservoir Area, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: According to landuse statistic data from 1999 to 2007, the dynamic evolution of land use structure of Liangping County of Chongqing Municipality is exemplified based on information entropy principle and Markov transfer matrix model. Results show that information entropy H of Liangping County's landuse structure has undergone three stages, that is, 1999—2002 continual rising stage, 2002—2003 sharply decreasing stage, and 2003—2007 fluctuating stage. Change in the degree of balance and dominance is similar to information entropy. Land types have been mainly transferred from cultivated land to woodland and lands for traffic, residential settlements, and industry mining. The theoretical trend values of LUCC in the study area are analyzed by RBF neural network model. The trend that cultivated land is shifted into lands for traffic, residential settlements, and industry mining is the most dominant. From this tendency, cultivated land may be continuously reduced in the future and the contradiction between cultivated land conservation and the enlargement of urban building land becomes more serious. It is suggested to give energetic supports to land exploitation and reorganization, especially rural residential areas' combination and reorganization. Simultaneously, the works on excavating reserved constructional land positively and making landuse effective and intensive should be strengthened.

Keywords: landuse; dynamic change; evolving tendency; Liangping County of Chongqing Municipality

收稿日期: 2009-01-06

修回日期: 2009-03-08

资助项目: 重庆市重点文科基地项目“三峡库区城市化发展的经济成本研究”(200303002); 重庆市梁平县土地利用总体规划修编等项目共同资助

作者简介: 陈书卿(1983—), 女(汉族), 陕西省汉中市人, 在读硕士, 从事城市地貌学与城市发展、土地利用等方面研究。E-mail: maomao10@swu.edu.cn.

通信作者: 刁承泰(1949—), 男(汉族), 四川省成都市人, 教授, 博士生导师, 主要从事自然地理、资源环境与可持续发展研究。E-mail: diaoct@swu.edu.cn.

土地利用/覆盖变化(LUCC)是全球变化的重要组成部分和主要原因之一^[1],涉及到自然与人文领域的诸多问题,因此正在成为地球系统新的研究重点^[2]。对生态环境脆弱地区的土地利用/覆被变化进行研究,有助于揭示自然和人文因素对土地利用可持续性的影响和变化动因,对预测未来变化趋势及政府部门进行科学决策至关重要^[3-6]。三峡库区生态经济区以山地地形为主,地质地貌复杂,地表土层瘠薄,且多为石灰岩、紫色土与红壤土,保土保水能力极差,生态环境先天脆弱。本文以三峡库区生态经济区的重庆市梁平县为例,运用数学模型对该县的土地利用结构演变进行分析,并预测其发展前景,以此可为该县土地利用结构调整、土地管理决策和土地资源可持续利用提供参考和借鉴。

1 研究区域概况

梁平县位于重庆市东北部,东经 $107^{\circ}24' - 108^{\circ}05'$,北纬 $30^{\circ}25' - 30^{\circ}53'$,处于三峡库区生态经济区。幅员面积 $1\ 889.82\ \text{km}^2$,地貌类型多样,境内平坝、丘陵和低山各占全县总面积的 15.3% , 54.6% 和 30.1% ,属亚热带季风气候区。现辖 25 镇和 8 乡,2007 年末全县总人口 89 万余人,实现地区生产总值 61.52 亿元,农村居民人均纯收入 3 649.76 元,城镇化水平达 30.1% 。梁平县交通条件便利,是渝东北的陆路交通枢纽和重要的物资集散地,也是重庆通往三峡库区、湖北、陕西等地的交通枢纽和经济走廊。是三峡库区生态经济区内天然气采输及规模农业经济板块的特色农业县。

2 数据来源和研究方法

采用梁平县 1999—2007 年土地利用现状年度变更调查数据,依据全国土地分类(试行)及研究区土地实际情况,将全县土地利用类型分为: I_1 : 耕地, I_2 : 园地, I_3 : 林地, I_4 : 其它农用地, I_5 : 居民点及工矿用地, I_6 : 交通运输用地, I_7 : 水利设施用地 7 个二级地类和 I_8 : 未利用地 1 个一级地类。利用数理统计方法结合相关数学模型对该县用地结构变化进行定性与定量分析。

2.1 土地利用结构信息熵和均衡度

信息熵由 1948 年美国贝尔电讯实验所的工程师 Shannon 提出,他认为信息和熵有内在联系,一般情况,信息量越大,熵就越小,系统就越有序,结构性就越强,反之,信息量越小,熵就越高,系统就越无序,结构性就越差。土地利用结构实质上是一个与外界有着广泛关系的非线性开放系统。随着时间的推移,土

地利用结构不断在非人为“干扰”和人为“干扰”的双重影响下,发生着结构上的演替和变化,表现出自发的、具有不可逆性的演化特征,这完全符合耗散结构系统的预定假设^[8]。因此,可以用信息熵理论来反映土地利用结构的有序程度。

设一个地区的土地总面积为 A ,把该区域的土地分成 n 种利用类型,各种利用类型的土地面积为 A_i ($i=1, 2, \dots, n$),则有 $\sum_{i=1}^n A_i = A$,据此可得出各种土地利用类型面积占该地区土地总面积的比例为 $P_i = A_i/A = A_i/\sum_{i=1}^n A_i$,显然 P_i 相当于事件的概率,具有归一性。依照 Shannon 熵定义土地利用结构的信息熵为: $H = -\sum_{i=1}^n A_i P_i \ln(P_i)$ 。式中: H 为信息熵。信息熵值低,表明区域土地利用系统的有序程度相对较高,系统向健康程度发展,有利于人类的生产与生活,反之亦然。

在实际应用中,由于不同区域或同一区域的不同发展阶段可能有不同的土地职能数,土地利用结构的信息熵往往缺乏可比性,由此可将实际熵值与最大熵值之比作为土地利用构成的均衡度(J),即: $J = H/H_m = -[\sum_{i=1}^n A_i P_i \ln P_i]/\ln n$ 。显然,由于 $H \leq H_m$, J 值变化在 $0 \sim 1$ 之间,当 $J=0$ 时,土地处于最不均匀状态; J 值越大,表明该区域土地利用的均衡性越强,当 $J=1$ 时,用地类型达到理想平衡状态,与信息熵相比,均衡度的直观性和可比性均有所增强。

2.2 马尔科夫转移矩阵模型

马尔科夫模型是一种特殊的随机运动过程,它是指在一系列特定的时间间隔下,一个亚稳态系统由 t 时刻状态向 $t+1$ 时刻状态转化的一系列过程,这种转化要求 $t+1$ 时刻的状态只与 t 时刻的状态有关^[9]。

现有土地利用类型 I_i ($i=1, 2, \dots, n$) 的取值(面积) $S_{(1)}, S_{(2)}, \dots, S_{(n-1)}, S_{(n)}$,其中令 $S_{(n)} = a_i$ 的条件下,转变到土地利用类型 I_j ($j=1, 2, \dots, n$) 的取值 $S_{(n+1)} = a_j$ 的条件概率为: $P_{ij} = P[S_{(n+1)} = a_j/S_{(1)}, S_{(2)}, \dots, S_{(n-1)}, S_{(n)} = a_i] = P[S_{(n+1)} = a_j/S_{(n)} = a_i]$ 。式中 P_{ij} 则为各地类的转变概率。

假定终期年的各土地利用类型可能处于 I_i ($i=1, 2, \dots, n$) 的取值 S_i ($i=1, 2, \dots, n$),而且每次只能处于一种状态,那么每一种状态都具有 n 个转向(包括转向自身)即 $I_1 \rightarrow I_1, I_1 \rightarrow I_2, \dots, I_1 \rightarrow I_n$ 其转变概率 $P(I_1 \rightarrow I_1) = P(S_1/S_1), P(I_1 \rightarrow I_2) = P(S_2/S_1), \dots, P(I_1 \rightarrow I_j) = P(S_j/S_1), \dots, P(I_1 \rightarrow I_n) = P(S_n/S_1)$ 。令 $P(I_i \rightarrow I_j) = P_{ij}$,则可得到以下转变概率。

$$P = \begin{bmatrix} I_1 & I_2 & \cdots & I_n \\ I_1 & P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ I_2 & P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ I_n & P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix}$$

式中: $0 \leq P_{ij} \leq 1$, 且有 $\sum_{i=1}^n P_{ij} = 1$, 即式中每个元素非负且各行元素之和等于 1。

转移概率可通过某段时间内某类土地利用类型的年转移率获得。根据齐次马尔科夫模型, 系统所研究的事物在任何时刻的状态概率向量 $P_{(n)}$, 可由初步状态概率向量 $P_{(n-1)}$ 和转移概率矩阵 P_{ij} 来确定: $P_{(n)} = P_{(n-1)} \times P_{ij}$ 。马尔科夫转移矩阵模型对分析不同程度和不同类型土地的动态变化具有重要的作用。根据土地变更调查数据, 利用马尔科夫模型来说明不同类型土地之间的相互转化情况, 从而揭示出它们之间的转移速率, 对生态环境建设、土地利用规划的制定修编有着极其重要的理论意义。

表 1 梁平县土地利用结构标准值及其信息熵

用地类型	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
耕地	0.449 3	0.448 7	0.448 6	0.438 0	0.413 8	0.410 7	0.411 0	0.410 6	0.412 9
园地	0.026 1	0.026 2	0.026 2	0.026 3	0.025 6	0.026 6	0.026 6	0.026 6	0.026 6
林地	0.252 0	0.251 9	0.251 9	0.266 2	0.302 6	0.306 7	0.306 8	0.306 7	0.306 7
其它农用地	0.130 5	0.130 5	0.129 8	0.125 9	0.118 1	0.117 0	0.116 5	0.116 6	0.114 7
居民点及工矿地	0.088 3	0.088 4	0.088 5	0.088 6	0.088 6	0.088 8	0.089 1	0.089 5	0.090 1
交通	0.005 8	0.006 2	0.007 1	0.007 2	0.007 3	0.007 3	0.007 4	0.007 4	0.007 4
水利	0.004 0	0.004 0	0.004 0	0.004 0	0.004 0	0.004 1	0.004 1	0.004 1	0.004 7
未利用地	0.044 1	0.044 1	0.043 9	0.043 8	0.040 0	0.038 8	0.038 5	0.038 5	0.036 9
信息熵 H	1.497 3	1.500 1	1.503 1	1.506 7	1.501 4	1.502 2	1.501 9	1.502 8	1.501 0
均衡度 J	0.650 3	0.651 5	0.652 8	0.654 4	0.652 0	0.652 4	0.652 3	0.652 7	0.651 9

(1) 持续上升阶段。1999—2002 年 H 值持续上升, 到 2002 年 H 值最高, 为 1.506 7, 说明这一时期全县土地利用结构的有序程度处于降低状态, 土地利用系统的结构性较弱; (2) 急速下降阶段。2002—2003 年, H 值急速回落, 下降了 0.53%, 说明用地结构发生了较大的变化, 土地利用结构的有序程度有所增加; (3) 波动阶段。2003—2007 年 H 值处于波动平衡状态, 且波动幅度很小。均衡度变化与信息熵相似, 1999—2003 年波动较大, 2003—2007 年波动较小。总之, H 值自 1999 年以来总体处于增长态势, 由 1999 年的 1.497 3 增长到 2007 年的 1.501。但由于增长幅度较小, 土地利用结构无序程度发展态势不太明显, 建设用地和农业结构调整占用耕地现象不是很突出, 说明梁平县经济发展速度比较缓慢, 总体经

3 结果分析

3.1 土地利用结构变化信息熵分析

通过对重庆市梁平县 1999—2007 年各地类的土地利用变更数据标准化, 并进行信息熵 (H) 和均衡度变化分析 (见表 1), 可以看出, H 值经历了以下 3 个阶段 (图 1)。

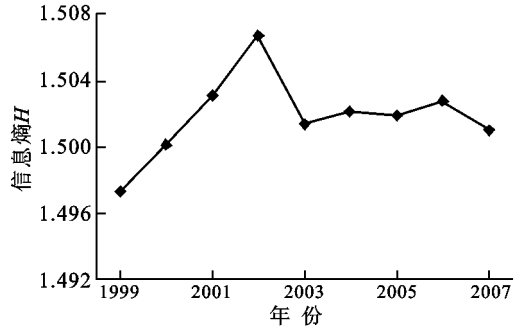


图 1 梁平县用地结构熵值演变图

济实力较弱, 离现代化、工业化和产业结构升级还有很大的一段距离。

3.2 土地利用结构转移分析

根据 1999—2007 年梁平县土地利用变更数据, 运用马尔科夫转移矩阵模型对土地利用变化方向进行定量分析, 构建研究期内各类用地相互间转移矩阵来说明土地利用类型之间的相互转化状况 (表 2)。

土地利用变化的原因源于对土地利用类型间或者类型内部边际效用的比较^[10]。由表 2, 表 3 可以看出 1999—2007 年转出数量最多的为耕地, 共转出 7 767.58 hm², 主要转为林地、交通过地、居民点及工矿用地, 转移率分别为: 48.17%, 2.05%, 1.17%, 这是因为梁平县从 2001 年开始实施生态退耕, 主要退为林地, 表明梁平县耕地面积的减少主要受土地政

策因素的影响。新增建设用地中交通用地占用耕地最多, 增速最快, 9 a 来交通用地增加了 306.36 hm², 其中 298.8 hm² 由耕地转移而来。农村居民点用地占城乡建设用地的 92.38%, 人均农村居民点用地面积为 170.43 m², 是城镇居民人均用地的 16.89 倍。农村居民点用地不减反增, 且占用耕地比例较大, 主要原因是农民打工返乡掀起“建房热”, 且老宅没有及时退宅还耕, 导致土地利用效益低、土地资源浪费的现象。从转入情况看, 转入数量最多为林地、交通用地、工矿用地, 主要来源于耕地、其它农用地。表明该

县建设用地扩张依然是以占用农用地(主要为耕地)为主要实现途径, 建设用地的集约利用和内涵挖潜还有待提高。而耕地的增加主要来自未利用地和其它农用地, 转移率分别为: 7.91%, 8.13%。主要通过未利用地的开发、土地整理和复垦以及农业结构调整来实现的。

整体来看, 耕地 9 a 间转出面积与转入面积相差甚远, 比例为 8.71 : 1, 表明近年来梁平县虽然在土地开发整理复垦方面取得了一定成效, 但距离实现耕地占补平衡的目标还有较大的差距。

表 2 梁平县 1999—2007 年土地利用类型面积转化

用地类型	耕地	园地	林地	其它农用地	居民点及工矿用地	交通用地	水利用地	未利用地	合计转出
耕地	—	152.20	6 938.20	101.30	163.12	298.80	63.80	50.16	7 767.58
园地	97.60	—	129.80	15.70	33.60	0	0	0	276.70
林地	25.80	15.20	—	0	0	0	0	0	41.00
其它农用地	536.50	123.20	2 235.76	—	112.50	0	46.70	55.80	3 110.46
居民点及工矿地	23.40	0	32.56	0	—	5.40	0	0	61.36
交通用地	0	0	0	0	1.20	—	0	0	1.20
水利用地	0	0	0	0	0	0	—	0	0.00
未利用地	208.63	87.12	1 037.39	11.14	99.63	3.36	27.92	—	1 475.19
合计转入	891.93	377.72	10 373.71	128.14	410.05	307.56	138.42	105.96	—

表 3 梁平县土地利用类型转移概率矩阵($n=8$)

用地类型	耕地	园地	林地	其它农用地	居民点及工矿用地	交通用地	水利用地	未利用地
耕地	0.466 3	0.009 1	0.481 7	0.004 4	0.011 7	0.020 5	0.004 5	0.001 8
园地	0.074 6	0.650 9	0.213 3	0.013 6	0.045 4	0.001 5	0.000 4	0.000 3
林地	0.003 3	0.002 2	0.994 4	0.000 0	0.000 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0
其它农用地	0.081 3	0.022 3	0.512 7	0.340 6	0.025 4	0.001 5	0.010 3	0.005 9
居民点及工矿地	0.008 1	0.000 1	0.018 1	0.000 0	0.971 0	0.002 7	0.000 0	0.000 0
交通	0.000 0	0.000 0	0.000 1	0.000 0	0.008 6	0.991 3	0.000 0	0.000 0
水利	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0
未利用地	0.079 1	0.037 7	0.594 7	0.004 2	0.054 6	0.003 4	0.015 3	0.211 0

4 梁平县土地利用结构演变趋势预测

4.1 RBF 网络的结构

径向基函数(radial basis function, RBF)神经网络, 也称为局部感受域神经网络, 是根据在人脑皮层中具有局部调节和交叠的感受域提出的, 是人工神经网络的一种抽象和简化^[11]。

RBF 神经元网络由三层组成, 从图 2 看出, 隐含层实现从 $x \rightarrow R_i(x)$ 的非线性映射, 输出层实现从 $R_i(x) \rightarrow y_k$ 的线性映射, 即:

$$y_k = \sum_{i=1}^m w_{ik} R_i(x) \quad (k=1, 2, 3, \dots, p)$$

式中: p ——出节点数(输出变量数); w_{ik} ——为 RBF 网络的输出权值; m ——隐含层节点数。

RBF 神经网络的优点是非监督学习客观性大、非线性问题求解能力强, 只要在网络中输入原始数据矩阵和事先设定的函数, 经过网络自身的训练和学习, 即可根据历史资料的发展走向归纳出一定的变化规律, 进而进行预测。

4.2 网络输入的确定

以年为单位把梁平县 1999—2007 年土地利用变化分成一系列的离散演化状态, 从一个状态到另一个状态的转化速率为转移概率(步长为 1 a), 即转移概率可以通过时间段内某类土地利用类型的年平均转化率

获得。根据 1999—2007 年土地利用变更数据,运用马尔科夫转移矩阵模型通过对步长的调节得到 1999—2007 年各土地利用类型的平均转移概率矩阵^[9]。

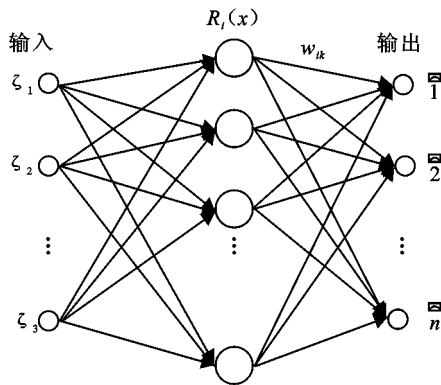


图 2 RBF 网络结构

将梁平县的土地利用类型的平均转移概率矩阵作为输入样本,即 $\{Y(k), k=1, 2, \dots, n\}$,则其土地利用类型预测模型可描述为:

$$Y(k) = F[Y(k-1), Y(k-2), \dots, Y(k-i)]$$

$$(i=1, 2, \dots, n)$$

式中: F ——非线性作用函数; i ——模型阶数。

4.3 网络预测结果分析

从梁平县土地利用类型预测结果(表 4)可以看出:(1)农用地中,耕地将持续减少,由 2007 年的 78 037.6 hm^2 减少到 2020 年的 61 109.79 hm^2 ,其它农用地也将减少,园林地有所增加,但增加幅度不大;(2)建设用地中,居民点及工矿用地面积大大增加,交通水利用地面积相应增加。到 2020 年,居民点及工矿用地面积将达到 25 834.6 hm^2 ,交通用地为 3 596.75 hm^2 ;(3)未利用地面积减少速度较快。可见,预测结果中耕地未来十几年变化是不合理的。耕地若按目前趋势年均减少 1 225.22 hm^2 ,到 2020 年,耕地保有量将突破底线。而居民点及工矿用地面积大幅增加,尤其是农村居民点不减反增的现象将成为制约梁平县土地节约集约利用的一大瓶颈。

针对以上问题,根据梁平县具体情况,未来很长一段时间应做好以下工作:(1)在保护土地生态环境的前提下,大力开展土地开发整理,增加耕地面积。梁平县耕地中坡耕地多,15°~25°的坡耕地占耕地总量的 18.23%,25°以上的占耕地总量的 9.99%,坡耕地水土流失严重,土壤肥力差,土地产出率低。因此,制定科学的土地利用规划,努力推进农村居民点与田土坎比重大的坡耕地整理,改坡地为梯田,改变土壤过黏过沙等措施。(2)针对农村居民点分布“散、乱”的特点,积极开展实施农村宅基地的整理(归并)工作,通过村庄

归并、建设农民新村等措施,既要大幅度减少农村居民点的绝对面积,而且还要减少农民人均宅基地面积;(3)加强土地节约集约利用水平。土地利用逐步由外延扩张转向内部挖潜,可通过下达一定数量的城镇建设用地增加与农村建设用地减少相挂钩的周转指标来完成建新拆旧和土地整理、复垦,提高对现有存量土地、闲置低效用地、废弃建设用地的利用。

表 4 梁平县土地利用类型预测结果 hm^2

用地类型	2007 年	2010 年	2015 年	2020 年
耕地	78 037.60	74 208.99	68 604.14	62 109.79
园地	5 027.02	5 195.74	5 302.46	5 486.65
林地	57 954.61	60 335.58	63 594.10	66 816.55
其它农用地	21 672.11	20 993.69	19 528.68	18 865.91
居民点及工矿地	17 026.10	19 134.68	22 867.10	25 834.60
交通用地	1 397.92	1 625.41	2 276.23	3 596.75
水利用地	893.51	1 001.78	1 135.12	1 310.43
未利用地	6 972.78	6 485.78	5 673.82	4 960.97

5 结论

运用信息熵原理及马尔科夫转移矩阵模型对梁平县土地利用结构动态演变进行分析,结果表明,该县土地利用信息熵属于中等偏低,1999—2003 年土地利用结构变化剧烈,自 2003 年后土地利用变幅减小,土地利用结构无序态势不明显。土地利用转移方向主要由农用地转向林地、交通用地。从 RBF 神经网络预测的梁平县土地利用结构来看,预计到 2020 年,全县的土地结构会继续朝着“农用地不断减少,建设用地持续增加”的趋势演变,耕地减少量最多,建设用地中居民点及工矿用地、交通用地增幅较大。此外,水利用地、园林地也有一定增加,未利用地开发力度将有所加强。

土地利用结构信息熵值大小只能在宏观上综合反映出某区域在一定时段内各种土地利用类型的动态演化规律及其演化程度。但不能分别描述每一种土地利用结构,引入马尔科夫转移矩阵模型可定量到每一种土地利用结构的转移变化情况,分析结果比较客观科学。RBF 神经网络区域模拟精度较高,能够较好地预测非线性条件下的土地利用面积,但在网络训练过程中还存在一定局限性,如隐层神经元数的确定等问题。可将 RBF 神经网络模型与其它预测法,如多元回归预测法、马尔科夫链等配合使用,预测效果会更好。

(下转第 173 页)

由于操之过急, 导致出现粮食安全问题和一系列新的环境问题。为了避免此类问题的出现, 应根据人地关系平衡理论对该区人地关系进行定量、定性分析, 制定合理的土地、粮食安全、生态安全政策。

(2) 模型的预测值也不是未来土地利用一定能达到的精确值, 而只是趋势预测, 必须对预测结果进行定性定量相结合的分析, 才能对土地利用的发展趋势有一个较为准确的把握^[4, 5, 12]。本文只通过对耕地土地利用变化趋势进行了分析, 对青海湖地区的土地利用变化形成了较为典型的认识。

(3) 模型建立的驱动因子中, 没有考虑气候因子, 而青海湖区处在气候变化敏感区, 气候变化对该区的土地利用变化及其演变趋势的影响是比较强烈的, 比如土地荒漠化和沙漠化等。因此, 利用该模型进行长期预测时, 其准确性受到很大限制, 这也是该模型的局限性所在。

[参 考 文 献]

- [1] 龚建华, 承继成. 区域可持续发展的人地关系探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 1997, 7(4): 7-11.
[2] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资

源科学, 2001, 23(3): 39-41.

- [3] 李平, 李秀彬. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.
[4] 岳天祥. 资源环境数学模型手册[M]. 科学出版社, 2003: 455-494.
[5] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 169-175.
[6] 袁志发, 周静芋. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 165-218.
[7] 俞文政. 青海湖地区土地资源可持续利用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005: 113-166.
[8] 宋健, 田雪原, 于景. 人口预测和控制[M]. 北京: 人民出版社, 1982: 36-86.
[9] 张明. 区域土地利用结构及驱动因子的统计分析[J]. 自然资源学报, 1999, 14(10): 381-384.
[10] 摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析[J]. 自然资源学报, 2000, 15(2): 113-116.
[11] 谢高地, 成升魁, 丁贤中. 人口增长胁迫下的全球土地利用变化研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3): 193-199.
[12] 陈佑启, Verburg Peter H, 徐斌. 中国土地利用变化及其影响的建模分析[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2): 116-127.

(上接第 164 页)

[参 考 文 献]

- [1] 摆万奇, 柏书琴. 土地利用和覆被变化在全球变化研究中的地位与作用[J]. 地域研究与开发, 1999, 18(4): 27-32.
[2] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
[3] 朱会义, 李秀彬, 何书金. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报, 2001, 58(3): 253-260.
[4] Turner IIBL, Skole D, Sanderson S, et al. Land use and land-cover change [M]. Science/ Research Plan, IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm: IGBP, 1995.
[5] 李月臣, 刘春霞. 锡林浩特市土地利用/覆盖变化研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(2): 81-87.

- [6] 宋乃平, 张凤荣, 王磊, 等. 我国土地利用/覆被研究热点与应用发展问题[J]. 地球信息科学, 2008, 10(1): 60-65.
[7] 陈孝生. 三峡库区生态经济区生态环境建设与农业可持续发展的对策[J]. 生态经济, 2004, 12(2): 62-65.
[8] 谭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 112-117.
[9] 赵贤淑. 马尔科夫预测技术的应用[J]. 西安矿业学院学报, 1995(11): 363-364.
[10] 蔡运龙. 中国农村转型与耕地保护机制[J]. 地理科学, 2001, 21(1): 1-6.
[11] 王炜, 吴耿锋, 张博锋, 等. 径向基函数(RBF)神经网络及其应用[J]. 地震, 2005, 25(2): 12-25.