

基于 SOFM 网络的云南省土地利用程度类型划分研究

叶敏婷^{1,2}, 王仰麟^{1,2}, 彭 建^{1,2}, 吴健生^{1,2}

(1. 北京大学环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学深圳研究生院 城市人居环境科学与技术重点实验室, 深圳 518055)

摘 要: 土地利用程度研究是开展土地整理工作和土地可持续利用研究的重要内容之一。本文尝试以人工神经网络技术作为土地利用程度类型划分工作的理论支撑, 构建了自组织特征映射 SOFM 网络, 在分类过程中同时考虑土地利用程度现状情况和影响土地利用程度的社会经济因素, 最终将云南省土地利用程度分成高土地利用程度-高人口压力-高经济压力区等六种类型, 以为区域土地管理宏观调控提供科学依据。

关 键 词: 土地利用程度; SOFM 网络; 类型分区; 云南省

1 引言

土地利用程度是土地开发利用广度与深度的属性表征, 体现了人地交互作用的密度和强度^[1]。土地利用程度的高低反应了具有一定时空的区域, 在自然、社会、经济等条件综合作用下, 其土地利用方式、类型、结构与布局的合理性和科学性与否^[2], 通过对土地利用程度的研究, 可以了解人类活动因素与自然环境因素共同作用的综合效应^[3]。随着人类活动的加剧, 土地利用程度不断深化, 对土地利用程度深入研究具有越来越重要的理论和现实意义。深入研究土地利用程度及其区域差异, 并基于现状与面临压力划分土地利用程度类型, 有助于更好地发现区域土地利用中存在的问题, 确定区域土地资源利用与保护的方向。土地利用程度类型划分是制定区域国民经济计划、土地利用总体规划及加强土地管理工作的基础资料, 为更加充分而合理地开发利用与保护土地资源, 实现区域可持续发展提供科学依据^[4]。

随着土地利用程度研究日益受到重视, 一些学者开展了相关的研究^[5-7]。但目前关于土地利用程度的研究主要是宏观尺度下表征性的状态研究, 更小尺度下服务于区域发展的、具有较强的操作性和指导性的研究不多^[8,9], 特别是区域内部差异研究尚欠深入。关于研究方法, 目前在定量土地利用程度上, 以土地利用程度综合指数模型的应用较广泛, 但该方法在具体区域的应用上还有待进一步完善。而在类型划分上, 目前采用较多的是因子分析法等传统地学统计方法, 相关计算机模型的运用尚不多见。人工神经网络 (ANN: Artificial Neural Network) 对外界事物获取知识有自适应性、自组织性和容错性等优点, 受到了越来越多地理

收稿日期: 2006-08; 修订日期: 2007-01.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号:40635028); 国家自然科学基金项目(编号:40471002)。

作者简介: 叶敏婷, 女, (1982-), 广东深圳人, 硕士研究生, 主要从事景观生态与土地利用的学习与研究。

E-mail: mintingye@gmail.com

学者的青睐。其中自组织特征映射网络(Self Organizing Feature Map, 简称 SOFM), 由于具有拓扑保持能力和自组织概率分布特性, 并能对输入数据聚类 and 特征提取, 适用于对未归类的多维数据集作粗分类^[10]。SOFM 网络在分类方面的优势可望提高分类判断的客观性, 为土地利用区域分异的研究提供一种新的思路与方法。

云南省地理位置特殊, 其自然地理环境和社会人文环境相当复杂多样, 因此对人类活动影响相当敏感, 土地利用程度的地域分异极为显著, 是研究土地利用程度地域分异较为理想的样区。因此, 本文以云南省为研究区域, 拟通过运用相关计算机模型, 结合 GIS 技术对土地利用程度区域差异进行细化研究。首先结合研究区域特征, 对土地利用程度综合模型作了适当调整, 然后基于云南省土地利用程度的分析, 结合社会经济统计数据, 运用竞争型神经网络对全省 16 个地市州进行了土地利用程度类型划分, 进一步揭示云南省土地利用程度的内部差异, 为探索未来土地利用发展方向提供科学依据。

2 研究区与研究方法

2.1 研究区概况

云南省地处我国西南边陲, 东部与贵州省、广西壮族自治区为邻, 北部同四川省相连, 西北紧靠西藏自治区, 西部同缅甸接壤, 南同老挝、越南毗连。从整个位置看, 云南地处青藏高原至中南半岛间的过渡地带, 地貌、气候、生物区系以及自然带等都具有明显的过渡色彩。云南总面积 39.4 万 km², 地形地貌复杂, 其中山地约占 84%, 高原、丘陵约占 10%, 盆地、河谷约占 6%。全省气候类型丰富多样, 兼具低纬气候、季风气候、山原气候的特点, 有北热带、南亚热带等 7 个气候类型。

截止 2000 年底, 云南全省共辖昆明、曲靖和玉溪 3 个地级市, 昭通、保山、思茅、临沧和丽江 5 个地区, 西双版纳傣族自治州、德宏傣族景颇族自治州、文山壮族苗族自治州、楚雄彝族自治州、怒江傈僳族自治州、迪庆藏族自治州、大理白族自治州和红河哈尼族彝族自治州 8 个自治州, 共含 128 个县级行政单位。2000 年末全省共有 4 092.75 万人, 其中农业人口 3 446.01 万人, 国内生产总值 16 332 601 万元。

2.2 土地利用程度指数

目前, 土地利用程度的研究方法主要有类型法和指数法两种。类型法主要以类型模式表达为主, 指数法是通过数量指标体系来表达, 适于定量的研究, 代表性的有间接指标体系及土地利用程度综合指数模型^[11-15]。间接指标体系法在土地利用程度研究中得到了一定程度的运用, 常采用的指标有垦殖率、土地生产率等^[1,4,7]。间接指标体系利用多个指数来反映土地利用的程度, 但这不利于反映土地利用的总体程度, 而且不同区域之间也无法进行横向比较, 不宜用于区域分异的分析^[9]。土地利用程度综合指数模型克服了间接指标体系的缺点, 目前已成功地运用于较大尺度的土地利用分异研究当中。

关于土地利用程度综合指数模型, 目前采用较多的是刘纪远等在西藏自治区土地利用现状调查中提出的一套数量化土地利用程度分析方法^[16], 而应用此方法的关键在于土地利用程度的分级与分级指数的设定。现有研究给出的一种处理方法是按土地利用类型来分级,

将土地利用类型整合成土地未利用类等 4 级, 并分别将分级指数设定为 1, 2, 3, 4^[17, 18]。这种处理方法可操作性强, 考虑了不同土地利用类型量上的差异, 但其缺点在于忽略了同一土地利用类型中质的差异。在区域背景下, 同一土地利用类型质量差异也相当明显, 将同一土地利用类型等同赋值并不能反映实际情况。以云南省的耕地资源为例, 区域差异显著, 复种指数从 113.9 至 260.1 不等, 质量差异相当明显。

结合云南的区域特点与研究目的, 本文采用的土地利用程度指数模型在分级指数上作了相应的调整。依据自然系统和人文系统之间的物质、能量交流方向和强度, 将不同土地利用分成四种不同利用程度的等级类型: 未利用土地类、生态用地类、农业用地类和建设用地类, 并分别赋予指数(见表 1)^[19]。需要指出的是, 本文在农业用地类(A₃)分级指数的确定中, 引入了复种指数来反映同一利用类型土地质的差异。一般来说, 复种指数越高反映了人类对土地的干预愈强。同一土地利用类型区别赋值, 更能真实地反映土地利用程度的区域差异。

本文采用的土地利用程度指数用定量化的指标表达为:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times (S_i/S) \quad (1)$$

式中, L_a 表示土地利用程度指数, A_i 表示土地利用分级指数, S_i 为第 i 类土地利用面积, S 为某一区域的土地利用总面积。其中, A_3 通过如下方式确定: 计算各研究单元复种指数并作极值标准化, 然后作相应处理使分级指数的值落在 3~3.5 范围内。同时, 为了更直观地用数值表达以及进行地理信息系统处理, 在按分级赋值计算的基础上乘以 100, 以使土地利用程度指数成为一个在 100~400 之间连续变化的数值指标。

表 1 土地利用程度分级赋值表(据刘纪远, 1992, 有改动)

Tab.1 The classification values of land use degree

类型	未利用土地类 (A ₁)	生态用地类 (A ₂)	农业用地类 (A ₃)	建设用地类 (A ₄)
土地利用类型	未利用土地	林地、水域、 牧草地	耕地、园地	交通用地、 居民点及工矿用地
分级指数	1	2	3~3.5	4

2.3 土地利用程度类型划分指标体系

土地利用系统是多个子系统耦合而成的复杂巨系统^[19], 在土地利用程度研究中应综合考虑多要素的影响。从本质上讲, 土地利用程度受三方面因素影响: 自然因素、社会因素和经济因素。而在时间尺度较小的情况下, 人类活动是最重要的影响因素。社会因素中以人口因素对土地利用程度的影响最为显著, 而经济因素中则以产业结构与其关系最为密切。目前在区域土地利用程度研究中, 大部分学者更多关注现状的分析, 而很少把影响土地利用程度的因素考虑进去。

本文基于土地利用程度的分析基础上, 引入了影响土地利用程度的人口与经济因素, 对全省 16 个地州市进行了土地利用程度类型划分, 旨在进一步揭示云南省土地利用程度的内部差异与发展方向。采用土地利用程度指数反映土地利用现状, 采用人口密度、非农业人口比重和人均耕地反映人口影响因素, 而引入反映经济影响因素的指标有: 地均 GDP、第一产业比重和第二产业比重。其中, 人口密度、非农业人口比重越高, 人均耕地越低, 表明该区域

面临的人口压力越大;地均 GDP 和第二产业比重较高,第一产业比重越低,映射面临的经济压力愈大。在土地利用程度类型划分中,社会经济数据的引入有助于探索土地利用程度未来变化发展的方向,并对制定相关政策有指导性意义。

2.4 SOFM 神经网络模型

SOFM 网络由输入层和竞争层组成^[10]。输入层在接受输入样本之后进行竞争学习,随着不断学习,所有权值矢量在输入矢量空间相互分离,在每个获胜神经元附近形成一个“聚类区”,各自代表输入空间的一类模式,且其形成的分类中心能映射到一个曲面或平面上,并且保持拓扑结构不变。这就是 SOFM 网络的特征自动识别的聚类功能,它通过寻找最优权值矢量对输入模式集合进行分类^[20-22]。

运用 SOFM 网络进行土地利用程度类型划分,其算法可以概括为五个步骤^[23,24]: (1) 初始化。从 i 个输入神经元到输出神经元的权值都进行随机初始化,赋予较小的初始值。(2) 提供一个新的输入向量模式 X 。在样本集中随机选择一个样本 x 作为输入。(3) 在时刻 t 寻找获胜神经元。以欧几里德距离作为不相似性度量,选定具有最大相似性度量(或最小不相似性度量)的单元为获胜输出单元。(4) 修改选定神经元与邻接神经元的连接权值。(5) 提供新的输入向量并重复上面的学习过程,直到形成有意义的映射图。通过训练,最终输出层中的获胜神经元及其邻域内的权值向量逼近输入矢量,实现了模式分类。

2.5 数据来源与处理

由于原始数据具有不同的量纲和单位,数值的差异也很大,若直接用原始数据计算将影响分类效果。因此在指标体系确定以后,采用标准差标准化方法对原始数据进行处理,使每一指标值统一于共同的数据特性范围。待评价对象用 n 个特征值或指标值来表示,则第 i 个对象可表示为 n 维特征向量 $X_i=(X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, \dots, X_{in})$ 。经标准差标准化后的数据 x'_{ij} 满足:

$$\bar{x}'_{ij}=0 \quad (i=1,2,\dots,m; j=1, 2, \dots,n) \quad (2)$$

$$s_j=1 \quad (j=1, 2, \dots,n) \quad (3)$$

本文运用 statistica 软件的神经网络工具箱建立 Kohonen 网络模型。为增强土地利用程度类型划分结果应用的可操作性,保持行政界线的完整性,本文采用云南省 16 个地市州行政单位的土地利用及社会经济数据,构成 16×7 的输入向量作为 SOFM 网络的输入层参数。将标准化处理后的表征土地利用程度现状与压力的 7 项指标导入 Kohonen 网络中,作为网络的输入模式,因此输入层的神经元个数为 7。竞争层的神经元个数从 $S=3$ 开始,然后依次加 1 进行学习。在 Kohonen 网络模型中,选择网络训练的迭代最大次数为 10000 次,初始学习率为 0.5(随着训练次数加大而降低),最大领域数为 9。

3 结果分析

竞争层神经元个数从 $S=3$ 开始,然后依次加 1 直至 $S=10$,从不同的分类结果来看,考虑到云南省地市州的数目,过粗或者过细的划分均不适宜,当竞争层神经元个数 $S=6$ 时,网络的分类结果较为合适,结果见下图所示(图 4)。各土地利用程度类型七项指标数据如下表所

示(表2)。

从图1和表2可以看出,云南省六种土地利用程度类型特征与分布如下:

(1)高土地利用程度-高人口压力-高经济压力区,包括昆明和玉溪两市。昆明与玉溪同位于云南省中部,两市土地利用率为86.44%,农业用地比重为20.27%,建设用地比重为3.75%,生态用地比重为62.42%。由于昆明与玉溪均为全省开发最早、经济最发达的地区,工业基础最为雄厚,土地利用程度较高主要是经济驱动的结果。同时,该区域面临的人口压力也较大,人均耕地全省最低,其中昆明的人口密度和非农人口比重均是全省最高的。昆明与玉溪以中山高原湖盆地貌为主,是全省粮、烟、油和水果主产区,耕地集约化程度较高^[25],但农业已退居次要地位,第一产业比重已相当低。同时建设用地比重很高,居全省之首,建设用地与农业用地间的矛盾较突出。该区域应协调用地矛盾,进一步提高土地资源集约利用水平,并优化产业结构,适当地转移人口压力。

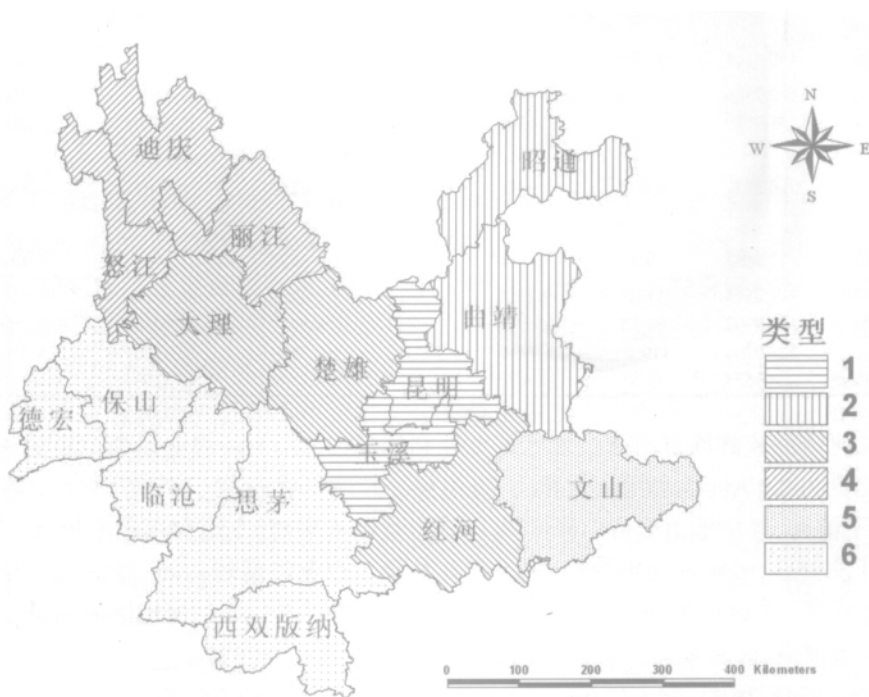


图1 基于SOFM网络的云南省土地利用程度类型划分图

Fig.1 Classification of land use degree in Yunnan Province based on SOFM networks

(2)高土地利用程度-中等人口压力-中等经济压力区,包括曲靖市和昭通地区。曲靖市与昭通位于滇东北,土地利用率为87.19%,农业用地比重为28.51%,建设用地比重为3.18%,生态用地比重为55.50%。曲靖与昭通开发历史悠久,是全省土地利用程度最高的地区,经济与人口的驱动参半。曲靖和昭通农业用地比重居全省之冠,是云南省烤烟、油菜主产区之一,但由于地处滇东高原,为中山山原地貌格局^[25],海拔较高,陡坡耕地多,农业产值有待进一步提高。另外,人多地少是曲靖和昭通共同面临的问题。

(3)低土地利用程度-中等人口压力-中等经济压力区,包括楚雄彝族自治州、大理白族

表 2 云南省各土地利用程度类型特征

Tab.2 Characteristic of land use degree classes in Yunnan Province

类型	行政单位	程度指数	人口密度 (人/km ²)	非农比重 (%)	人均耕地 (亩/人)	地均 GDP (万元/ha ²)	第一产业比重 (%)	第二产业比重 (%)
1	昆明	224.1775	301.68	39.3221	1.4008	2.9806	8.1647	47.1196
	玉溪	214.1745	131.95	16.8071	1.6733	1.9709	9.2808	68.2410
2	曲靖	233.2202	161.75	11.8260	2.0434	0.7373	24.6564	42.5821
	昭通	229.3543	213.69	7.1356	1.9888	0.4750	29.9694	35.0919
3	楚雄	202.9694	85.75	13.4316	1.8711	0.3710	31.0261	38.8620
	大理	206.5689	111.53	11.5642	1.4549	0.4758	34.0459	28.7418
	红河	207.5402	119.69	17.7112	2.3783	0.4467	25.6437	43.6780
4	丽江	199.4114	51.84	12.0909	2.8747	0.1500	30.3361	26.3050
	怒江	189.7539	31.54	14.6552	2.5673	0.0761	29.1271	37.9265
	迪庆	191.9739	13.89	12.6506	3.1487	0.0397	35.0089	21.0205
5	文山	210.7837	100.68	8.1023	2.9792	0.2253	38.0168	24.8850
	德宏	217.7492	88.35	18.6640	2.8987	0.3293	33.4103	25.4270
6	思茅	212.8516	51.08	12.2951	4.8574	0.1210	36.4813	27.0544
	临沧	220.9702	87.38	9.1207	3.9240	0.2328	45.9045	25.7597
	保山	221.5284	119.40	9.8934	2.2038	0.3694	42.3980	18.5700
	西双版纳	208.9634	43.33	30.5621	3.5772	0.2435	37.5199	16.3115

自治州和红河哈尼族彝族自治州。该区域土地利用率为 82.11%，农业用地比重为 15.51%，建设用地比重为 2.29%，生态用地比重为 64.31%。楚雄和大理位于滇中，属中山湖盆高原区，红河位于滇南，属中低山岩溶山原区^[25]，由于自然因素限制，土地利用程度较低。楚雄、大理和红河开发较早，经济基础也较好，第一产业与第二产业发展较均衡，经济压力和人口压力均属中等水平。本区应加强自然条件的改善，使之适合生产。如红河地区应积极开发利用水资源以扩大灌溉面积，提高复种指数和作物产量。

(4) 低土地利用程度-低人口压力-低经济压力区，包括怒江傈僳族自治州、丽江地区和迪庆藏族自治州。该区域位于滇西北，土地利用率为 84.95%，农业用地比重与建设用地比重均为全省最低，分别为 6.34%和 0.85%，生态用地比重为 77.75%。该区域是全省土地利用程度最低值的地区，主要由如下原因造成。首先，怒江、丽江和迪庆位于滇西北高山高原峡谷区，平缓土地相当少，而陡坡面积比重很大^[26]，自然因素限制很大。第二，由于地形崎岖，交通不便，工业生产薄弱，经济基础也较差，是全省地均 GDP 最低的地区。另外，该区域还是全省人口密度最小的区域。本区域生态用地比重为全省之首，是重点生态保护区，应在保护的前提下，合理开发利用土地资源，适当加强交通运输建设，引导产业的发展。

(5) 中等土地利用程度-中等人口压力-低经济压力区，文山壮族苗族自治州属于这一类型。文山地处滇东南岩溶高原^[27]，土地利用率为 77.64%，农业用地比重为 21.35%，建设用地比重为 2.07%，生态用地比重为 54.21%。文山属于亚热带高原季风气候，是多种粮食与经

济作物的主产区之一,农业是该地区的支柱产业,非农人口比重较低而复种指数较高。本地区土地利用程度及生态用地比重为全省最低,在土地开发过程中应加强生态保护,特别是对森林资源的保护,同时加强工矿城镇交通建设,合理布局城镇用地。

(6) 中等土地利用程度-低人口压力-低经济压力区:包括保山地区、思茅地区、临沧地区、西双版纳傣族自治州和德宏傣族景颇族自治州,主要分布在滇西南中低山盆谷区内。该区域土地利用率为89.36%,农业用地比重为20.83%,建设用地比重为1.72%,生态用地比重为66.81%。本区地貌为中、低山宽谷盆地,地势较平坦^[29],土地利用程度全省最高。该区域大部分地区夏热冬暖,降水充沛,是云南省粮、胶、茶、蔗的主产区,第一产业占主导地位,人均耕地面积居全省之冠。虽然该区域土地资源丰富,但目前开发利用还不充分。以西双版纳和思茅为例,由于耕地中轮歇地比重较大,因此复种指数全省最低,耕作管理水平也还较粗放,具有较大的综合开发利用潜力。本区应注重提高粮食生产水平,建设商品粮基地。另外,该地区人口密度较低,第二产业欠发达,人口压力与经济压力较小。

4 结语

土地利用程度类型的划分不仅可以揭示区域土地利用的地域分异规律,反映各区域土地利用的方针、方向、结构特征和布局形式,而且还可以揭示和分析区域土地利用过程中存在的问题,确定区域土地资源利用与保护的方向,是土地管理政策宏观调控的依据,为更加充分而合理地开发利用与保护土地资源,实现区域可持续发展提供科学指引。本文以云南省为研究区,尝试以人工神经网络对土地利用程度类型进行划分,在分类过程中同时考虑土地利用程度现状情况和影响土地利用程度的社会经济因素,旨在进一步揭示土地利用程度未来发展的方向。研究结果表明:

(1) 结合云南省的土地利用特征,本文在定量土地利用程度时引入了复种指数的概念,充分考虑了同一土地利用类型质量的差异,更能真实反映土地利用程度的区域差异。下一步工作是深入研究其他土地利用类型的内部差异,结合研究区域的特征进一步修正、完善土地利用程度指数综合模型。

(2) 在土地利用程度分类过程中同时考虑了土地利用程度现状和影响土地利用程度的社会经济因素,有助于探索土地利用程度未来变化发展的方向,并对制定相关政策有指导性意义。土地利用程度受自然和社会经济两大方面的驱动,但由于资料所限,自然因素(主要是水文、温度、地质、地貌、土壤、光照等因子)并未纳入指标体系。同时受资料限制,本文采用云南省16个地州市行政单位为研究单元,单元内部的差异有待进一步的细化。

(3) SOFM网络具有拓扑结构不变性,避免了各层次权重带来的主观性,是一种很好的非监督聚类方法^[20]。从云南省土地利用程度类型划分结果来看,分类结果较为理想,基本能反映实际情况。但通过构建SOFM网络对土地利用程度进行分类只是一种初步尝试,仍然存在很多需要改进的地方。下一步工作是进一步完善指标体系的选取并加大学习样本以及输入模式,使网络有更大的适应性和稳定性,同时对SOFM网络的算法进行必要的改进。

致谢:本文工作进行中得到李双成博士的指导与帮助,在此致谢!

参考文献

- [1] 王爱民, 刘加林, 缪磊磊 等. 人地关系研究中的土地利用特征指标分析. 经济地理, 1999, 19(1): 62-66.
- [2] 何 芳. 土地利用规划. 上海: 百家出版社, 1994, 46-55.
- [3] 程学军, 谭德宝. 三峡库区湖北片土地利用动态变化研究. 长江科学院院报, 2004, 21(3): 32-35.
- [4] 南忠仁, 赵传燕. 甘肃河西地区土地资源农业开发利用程度评价及持续利用对策研究. 中国沙漠, 1998, 18(1): 51-56.
- [5] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究. 自然资源学报, 1997, 12(2): 10-14.
- [6] 吴承祯, 洪 伟. 中国土地利用程度的区域分异规律模拟研究. 山地学报, 1999, 17(4): 333-337.
- [7] 王秀红, 何书金, 张镱铨 等. 基于因子分析的中国西部土地利用程度分区. 地理研究, 2001, 20(6): 731-738.
- [8] 张富刚, 郝晋珉, 李运生 等. 基于因子分析法的县域土地利用程度时空变异分析——以河北省曲周县为例. 地理科学进展, 2005, 24(3): 58-68.
- [9] 田彦军, 郝晋珉, 韩 亮 等. 县域土地利用程度评估模型构建及应用研究. 农业工程学报, 2003, 19(6): 293-297.
- [10] Kohonen T. Self Organizing Maps (2nd). Berlin: Springer, 1997.
- [11] 雷 东, 巴哈德, 景德尔(李柱臣译). 土地利用模式. 地理译报, 1986(1): 50.
- [12] 王宏志, 毋河海. 武汉市江夏区土地利用程度的垂直分异. 国土与自然资源研究, 2002, 3: 22-24.
- [13] 钱 铭. 县级土地利用总体规划. 北京: 中国财经出版社, 1992, 16.
- [14] 张军涛, 李 颖. 近 10 年来东北农牧交错区土地利用变化研究. 地理科学进展, 2003, 22(6): 551-559.
- [15] 邵晓梅. 区域土地利用变化及其对粮食生产影响分析——以山东省为例. 地理科学进展, 2003, 22(1): 30-37.
- [16] 刘纪远. 西藏土地利用. 北京: 科学出版社, 1992, 60.
- [17] 王思远, 刘纪远, 张增祥 等. 中国土地利用时空特征分析. 地理学报, 2001, 56(6): 631-639.
- [18] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996, 158-188.
- [19] 刘 康. 土地利用可持续性评价的系统概念模型. 中国土地科学, 2001, 15 (6): 19-23.
- [20] Kohonen T. Engineering Applications of SOFM. IEEE Transactions on Neural Network, 1996, 84: 1358-1383.
- [21] 凌怡莹, 徐建华. 基于分形理论和 Kohonen 网络的城镇体系的非线性研究——以长江三角洲地区为例. 地球科学进展, 2003, 18(4): 521-526.
- [22] 闻 新, 周 露, 王丹力 等. MATLAB 神经网络设计. 北京: 科学出版社, 2001, 274-275.
- [23] 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): 750-756.
- [24] 李双成. 中国可持续发展水平区域差异的人工神经网络判定. 经济地理, 2001, 21(5): 523-526.
- [25] 鹿心社. 全国土地利用总体规划. 北京: 中国大地出版社, 2001, 3: 536-541.
- [26] 凌怡莹, 徐建华. 长江三角洲地区城市职能分类研究. 规划师, 2003, 2(19): 77-83.

Classification of Land Use Degree in Yunnan Province Based on SOFM Networks

YE Minting^{1,2}, WANG Yangjin^{1,2}, PENG Jian^{1,2}, WU Jiasheng^{1,2}

(1. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871 China; 2. The Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen, China 518055)

Abstract: Study on land use degree is one of the superiority fields of land arrangement and sustainable land use research. Classification of land use degree provides guidelines for utilization and conservation of regional land use as it can indicate regional differentiation regularity and existent problems. A considerable amount of research has been done on land use degree during

the last decade. In this paper, Yunnan Province is taken as a case and unsupervised artificial neural network, namely Self-Organizing Feature Mapping (SOFM), is used in land use degree classification. The results indicate that classification of land use degree based on SOFM networks is a promising approach to land use studies. In this paper, Multiple Cropping Index is employed to the land use degree model so as to indicate the quality differences within a specific land use type. More improvements of the model should be brought through by further consideration. As for the data employed as input for training, not only the status quo of land use degree but also the influence factors are included. After the iterative learning phase in the SOFM analysis, six output units representing different classes of land use degree come forth, i.e., High land use degree-high population pressure-high economy pressure region, High land use degree-medium population pressure-medium economy pressure region, Low land use degree-medium population pressure-medium economy pressure region, Low land use degree-low population pressure-low economy pressure region, Medium land use degree-medium population pressure-low economy pressure region, and medium land use degree-low population pressure-low economy pressure region. Accordingly, some advice on utilization and conservation of land use is proposed based on the studying result. From the results obtained so far, it seems that SOFM is superior over others in many aspects and has been trained to perform complex functions in various fields of application, including land use degree classification. But more improvements should be conducted before further applications.

Key words: land use degree; SOFM model; classification; Yunnan Province