

胡永进, 张鸣峰. 基于 SOM 神经网络模型的耕地利用集约度分区研究——以湖北省为例[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(11): 391–394.

基于 SOM 神经网络模型的耕地利用集约度分区研究 ——以湖北省为例

胡永进, 张鸣峰

(江苏农林职业技术学院, 江苏句容 212400)

摘要:耕地利用集约度提升是快速城镇化时期保障粮食安全的重要途径, 耕地利用集约程度的区域差异要求开展耕地利用集约度分区以实现耕地利用的分区管理。以湖北省为例, 从投入强度、利用程度和利用效率 3 个方面构建耕地利用集约度分区指标体系, 采用 SOM 神经网络模型开展湖北省耕地利用集约度分区。结果表明: (1) SOM 神经网络模型具有自组织学习能力, 可以进行无导师聚类, 可以用来进行耕地利用集约度分区, 分区效果好。 (2) 湖北省耕地利用集约程度存在明显的区域差异, 耕地利用集约程度高的地区主要集中于江汉平原腹地, 位于湖北省西部地区的主要城市耕地利用集约度呈现粗放状态, 而位于湖北省中部地区的武汉市及其周边地区耕地利用集约度介于上述 2 类区域之间。

关键词:耕地; 集约度; 分区; SOM 神经网络; 湖北省

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 1002–1302(2013)11–0391–04

我国正处于快速工业化、城镇化发展阶段, 耕地面积在 1980 年达到高峰以后呈现持续下降趋势^[1]。与此同时, 我国粮食总产稳步增长, 其中耕地利用集约度的提高发挥了巨大的作用^[2]。作为耕地面积持续减少背景下粮食安全的重要保障, 耕地利用集约度受到了学术界的广泛关注^[3]。当前, 有关耕地利用集约度的研究主要集中在耕地集约度测度^[4]、变化特征^[5]、结构特征^[6]、影响因素^[7]、配置模式^[8]等方面。此外, 有研究表明, 由于自然条件与社会经济发展等方面的空间异步性, 耕地利用集约度存在着显著的区域差异^[9–10]。开展耕地利用集约度分区研究, 有助于科学认识耕地利用集约度的空间分异规律, 以实现耕地集约利用的分区指导^[11], 对提高耕地利用集约度、保障粮食安全具有重要意义。

湖北省耕地资源十分丰富, 是我国重要的粮食生产基地。同时, 湖北省也是中部崛起战略的重要结点, 工业化和城镇化发展迅速。实现快速城镇化进程中的耕地保护和耕地集约利用对湖北省乃至全国的粮食安全都具有重要意义。因此, 本

研究以湖北省为案例区, 在构建指标体系的基础上, 采用自组织特征映射网络模型 (self-organizing maps, SOM) 开展了湖北省耕地利用集约度分区研究, 为湖北省耕地集约利用分区管理提供了科学依据, 也为其他区域耕地利用集约度分区提供了方法支撑。

1 研究区域与数据来源

湖北省位于我国中部地区、长江中游、洞庭湖以北, 地理位置介于 108°21′~116°07′E、29°05′~33°20′N, 东西长约 740 km, 南北宽约 470 km, 土地总面积 18.59 万 km²。湖北省处于中国地势第二级阶梯向第三级阶梯过渡地带, 地貌类型多样, 山地、丘陵、岗地和平原兼备, 山地约占全省土地总面积的 55.5%, 丘陵和岗地占 24.5%, 平原湖区占 20%。湖北省耕地资源十分丰富, 全省耕地面积 466.34 万 hm², 占全省土地总面积的 25.08%。近年来, 湖北省耕地面积减少十分迅速, 1979—2008 年湖北省年均减少耕地 1.596 万 hm², 人均耕地面积由 1978 年的 827.08 m² 减少到 2008 年的 540.27 m²^[12], 略高于联合国粮农组织规定的人均耕地 533.6 m² 的警戒标准。

现以湖北省 2010 年社会经济统计数据为依托, 开展耕地利用集约度分区研究, 涉及的数据项包括各地级市 (区) 耕地总面积、农业从业人数、化肥施用量、农业机械总动力、农村用

收稿日期: 2013–07–31

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金 (编号: 10YJC790121); 湖北省自然科学基金 (编号: 2010CDB05101); 江苏省农林职业技术学院科技项目 (编号: 2012kj005)。

作者简介: 胡永进 (1975—), 女, 江苏海安人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为土地规划、园林测量。E-mail: fairyin@163.com。

[4] 高天明, 张 瑞, 刘 昭. 希拉穆仁草地退化机理及各种修复技术的适用性[J]. 草业科学, 2010, 27(1): 42–46.

[5] 戚春华, 王乃康, 茅也冰. 干旱半干旱地区人工牧草节水灌溉技术研究进展[J]. 林业机械与木工设备, 2003, 31(9): 6–8.

[6] 郭慧滨, 史 群. 国内外节水灌溉发展简介[J]. 节水灌溉, 1998 (5): 12–14.

[7] Hang B R, Duncan R R, Carrow R N. Drought resistance mechanisms of seven warm season turfgrass under the surface soil drying: I.

Shoot response[J]. Crop Science, 1997, 37(6): 1858–1863.

[8] Eissenstat D M. Costs and benefits of constructure roots mortality in Douglas fir seeding[J]. Journal of Experimental Botany, 1999, 15: 763–769.

[9] 刘振虎, 李魁英, 张爱峰. 草坪草需水抗旱研究概述[J]. 中国草地, 2001, 23(4): 66–68.

[10] 胡雨琴, 余国英, 王桂林. 阴山北麓干旱荒漠草原人工饲料作物节水灌溉制度[J]. 内蒙古水利, 2004, 97(2): 19–21.

电量、有效灌溉面积、农业总产值、粮食总产量和人口数量。文中所用数据来源于 2011 年《湖北省统计年鉴》。

2 研究方法

2.1 SOM 神经网络模型

作为重要的人工智能算法,人工神经网络是由大量处理单元组成的自适应动力系统,具有自主学习能力和智能处理能力。它能模拟人脑神经系统分析问题和处理问题的模式,因而具有非线性、非局域性的特点。人工神经网络在模式识别、智能控制和经济问题分析等领域得到了广泛的应用。

自组织特征映射网络(SOM)是人工神经网络领域中优秀的数据分析工具,由芬兰科学家 Kohonen 教授提出。SOM 网络模型由输入层和竞争层(输出层)2 层组成,输入层神经元和输出层神经元之间为双向权连接(图 1)。输入层由 n 个矢量组成,竞争层由按二维形式排列的 S 个节点组成。所有输入节点到所有输出结点之间都有相应的权值连接,而呈二

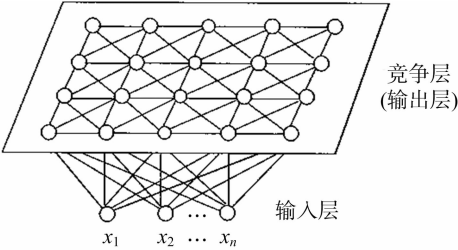


图1 SOM网络模型结构

维分布的输出节点相互之间也存在局部连接^[13]。SOM 网络以无监督的训练方式进行自组织学习,其学习过程可以描述为:对于每一个网络的输入神经元,通过调整其部分权值,使权向量相互竞争,从而更接近或更偏离输入矢量,通过不断学习,达到所有权矢量在输入矢量空间内聚类的目的。

SOM 网络模型采用无导师聚类方法,在结构上模拟大脑皮层中神经元的二维点阵结构,在功能上模拟神经元的相互作用和相互竞争,从而实现自组织学习和聚类功能。SOM 可以通过对输入模式的自组织学习实现对输入向量的自动聚类。与传统聚类方法相比,基于 SOM 神经网络的聚类所形成的聚类中心可以映射到一个平面或者曲面上,因而可以保持其拓扑结构不变^[14]。因此,本研究在构建耕地利用集约度分区指标体系的基础上,采用 SOM 神经网络模型对湖北省耕地利用集约度指标进行聚类分析,得到耕地利用集约度分区结果,指导湖北省耕地集约利用分区管理。

2.2 耕地利用集约度分区指标体系构建

耕地利用集约度评价指标体系的构建有 3 种思路:(1)使用单位耕地面积上资本、劳动的投入量作为耕地利用集约度评价的指标^[5]。(2)使用单位耕地面积的产出作为耕地利用集约度评价的指标。(3)从投入强度、利用程度和利用效率等方面构建综合指标体系开展耕地利用集约度评价^[7]。本研究在指标体系的选择上,遵循第 3 种思路,根据针对性、直接性、空间异质性、数据可得性和可行性等原则,从投入强度、利用程度和利用效率 3 个方面构建耕地利用集约度分区指标体系(表 1),用于开展湖北省耕地利用集约度分区。

表 1 湖北省耕地利用集约度分区指标体系

目标层	准则层	指标层	指标说明
湖北省耕地利用集约度分区	投入强度	单位耕地面积农业机械总动力(kW/hm ²)	农业机械总动力/耕地面积
		单位耕地面积化肥施用量(t/hm ²)	化肥施用量/耕地面积
		单位耕地面积用电量(kW·h/hm ²)	农村用电量/耕地面积
		单位耕地面积劳动力投入(人/hm ²)	农业劳动力总人数/耕地面积
	利用程度	人均耕地面积(hm ² /人)	耕地总面积/总人口
		有效灌溉率(%)	有效灌溉面积/耕地总面积
	利用效率	劳均产值(万元/人)	农业总产值/农业劳动力总人数
		地均产值(万元/hm ²)	农业总产值/耕地总面积
		粮食单产(kg/hm ²)	粮食总产量/耕地总面积

3 结果与分析

3.1 指标数据标准化

根据 2011 年《湖北省统计年鉴》可以得到 2010 年湖北省各地级市(区)耕地总面积、农业从业人数、化肥施用量、农业机械总动力、农村用电量、有效灌溉面积、农业总产值、粮食总产量和人口数量,据此计算得到湖北省各地市耕地利用集约度分区指标分值。由于指标分值量纲之间存在着巨大的差异,将会对湖北省耕地利用集约度分区产生不利影响,因此,首先需要对各指标数据进行标准化处理。由于本研究选取的指标均为正向指标,因此可以直接采用下式对各指标分值进行标准化处理:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times (x'_{\max} - x'_{\min}) + x'_{\min}$$

式中: x'_{ij} 为标准化之后的指标分值, x_{ij} 为标准化之前的指标

分值, x_{\max} 为标准化之前该指标分值的最大值, x_{\min} 为标准化之前该指标分值的最小值, x'_{\max} 为标准化之后该指标分值的最大值, x'_{\min} 为标准化之后该指标分值的最小值。本研究中经过标准化处理之后,将所有指标分值投影到[0.2,1]区间,因而, x'_{\max} 取值为 1, x'_{\min} 取值为 0.2。经过处理,可以得到湖北省耕地利用集约度分区指标标准化值(表 2)。

3.2 基于 SOM 神经网络模型的耕地利用集约度分区模型构建

SOM 神经网络模型的算法步骤有^[15]:

(1)设置输入变量和权值向量。

输入变量为 $X(n) = [x_1(n), x_2(n), \dots, x_j(n)]^T$,权值向量为 $W_i(n) = [w_{i1}(n), w_{i2}(n), \dots, w_{ij}(n)]^T, i = 1, 2, \dots, n$ 。

(2)模型初始化。对权值向量进行初始化,并设置初始学习效率。

表 2 湖北省耕地利用集约度分区指标标准化结果

市(区)	单位面积农业机械总动力	单位面积化肥施用量	单位面积用电量	单位面积劳动力投入	人均耕地面积	有效灌溉率	劳均产值	地均产值	粮食单产
武汉	0.655 7	0.313 9	0.647 0	0.543 1	0.200 0	0.807 4	0.613 7	0.614 3	0.553 4
黄石	0.338 0	0.224 8	1.000 0	0.524 4	0.388 5	0.522 9	0.420 6	0.424 0	0.591 3
十堰	0.395 4	0.298 7	0.268 6	0.696 8	0.551 8	0.368 0	0.271 6	0.358 7	0.588 5
荆州	0.557 9	0.314 3	0.306 7	0.437 4	0.914 0	0.894 4	0.474 5	0.414 2	0.707 5
宜昌	0.636 9	0.555 9	0.330 1	0.700 7	0.620 4	0.554 9	0.458 6	0.573 1	0.597 0
襄阳	0.746 0	0.447 9	0.216 0	0.361 5	0.886 9	0.616 0	0.564 4	0.424 8	0.974 9
鄂州	0.975 7	1.000 0	0.926 7	1.000 0	0.414 1	0.731 7	0.609 6	1.000 0	0.744 8
荆门	1.000 0	0.424 9	0.273 2	0.199 9	1.000 0	0.780 8	0.887 2	0.448 2	0.932 6
孝感	0.349 8	0.323 8	0.281 3	0.699 7	0.591 9	0.890 9	0.419 4	0.527 8	0.805 3
黄冈	0.256 7	0.529 9	0.706 0	0.749 3	0.597 9	0.735 8	0.371 9	0.500 4	0.864 4
咸宁	0.476 3	0.290 7	0.284 9	0.573 3	0.697 9	0.626 8	0.456 2	0.487 8	0.612 0
随州	0.825 9	0.421 6	0.276 2	0.593 8	0.742 0	0.896 0	0.423 5	0.468 5	1.000 0
恩施	0.200 0	0.371 1	0.200 0	0.724 9	0.868 2	0.385 8	0.223 7	0.314 0	0.537 7
仙桃	0.882 7	0.315 9	0.454 2	0.482 4	0.860 2	0.971 0	0.505 7	0.470 8	0.707 9
天门	0.919 8	0.281 2	0.230 2	0.337 3	0.851 7	1.000 0	0.468 0	0.342 6	0.455 8
潜江	0.807 7	0.492 4	0.222 2	0.233 5	0.826 3	0.863 0	1.000 0	0.547 3	0.457 7
神农架	0.825 5	0.200 8	0.214 2	0.442 8	0.910 2	0.200 0	0.200 0	0.200 0	0.200 0

$$X' = \frac{X}{\|X\|} = \frac{(x_1, x_2, \dots, x_n)^T}{[x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2]^{1/2}}$$

$$W'_i(0) = \frac{W_i(0)}{\|W_i(0)\|}$$

(3) 采样并计算距离。从输入数据集中选取训练样本集,并计算 W'_i 和 X' 之间的距离。

$$d_i = [\sum_{j=1}^n (x_j - w_{ij})^2]^{1/2}$$

根据欧式距离最小的准则选择获胜神经元,以实现神经元的竞争过程。

(4) 更新神经元权值向量。

$$\begin{cases} w_j(n+1) = w_j(n) + \eta(n) h_{j,i(x)}(n) [X - w_j(n)] & j \in N_{i(x)}(n) \\ w_j(n+1) = w_j(n) & j \notin N_{i(x)}(n) \end{cases}$$

式中: $N_{i(x)}(n)$ 为获胜神经元的拓扑邻域, $h_{j,i(x)}(n)$ 为获胜神经元周围的领域半径调整函数,可由下式计算得到:

$$h_{j,i(x)}(n) = \text{int}[h_0(1 - t/T)]$$

式中: T 为训练总次数, t 为当前训练次数, h_0 为领域半径初始值。

(5) 更新学习速率并对更新后的权值进行归一化处理。

$$\eta(n) = \eta_0 e^{(-\frac{n}{\tau_2})}, n = 0, 1, 2, \dots, N$$

$$\sigma(n) = \sigma_0 e^{(-\frac{n}{\tau_1})}, n = 0, 1, 2, \dots, N$$

$$W'_i(n+1) = \frac{W_i(n+1)}{\|W_i(n+1)\|}$$

(6) 判断迭代次数 n 是否超过 N , 若超过, 则结束迭代过程; 否则, 转到第(3)步继续迭代过程。

本研究在 Matlab 环境下实现 SOM 网络模型, 将经过标准化处理后的指标数据作为 SOM 模型的输入数据导入 SOM 网络模型中。本研究所构建的 SOM 网络模型输入神经元包括 17 个样本, 每个样本包含 9 个属性元素。

$$P_k = (p^{1k}, p^{2k}, \dots, p^{nk}), k = 1, 2, \dots, 17, n = 9$$

在此基础上, 用 Matlab 的 newsom() 模型创建一个 SOM 网络模型。net = newsom(minmax(P), [2, 2]), 即生成一个竞争层为 2×2 结构的 SOM 网络。然后, 利用训练函数 train() 和仿真函数 sim() 对生成的 SOM 网络模型进行训练并仿真, 据此得到湖北省耕地利用集约度分区结果。

3.3 基于 SOM 神经网络模型的耕地利用集约度分区结果

采用本研究构建的 SOM 神经网络模型, 通过设定合理的训练步数, 可以实现湖北省耕地利用集约度聚类, 得到湖北省耕地利用集约度分区初步结果(图 2)。由图 2 可见, 荆州市、襄阳市、荆门市、随州市、仙桃市、天门市和潜江市分为一类, 这一类区域耕地利用集约度普遍较高, 为耕地利用集约区; 武汉市、黄石市、孝感市和黄冈市分为一类, 这一类区域耕地利用集约度略低于上一个区域, 但仍处于较为集约的状态; 十堰市、宜昌市、咸宁市、恩施市、神农架分为一类, 这一类区域耕地利用集约度较低; 鄂州市自成一类, 但其耕地利用状况与上述第 2 类地区较为接近, 因此, 可以将鄂州划为第 2 类区域。

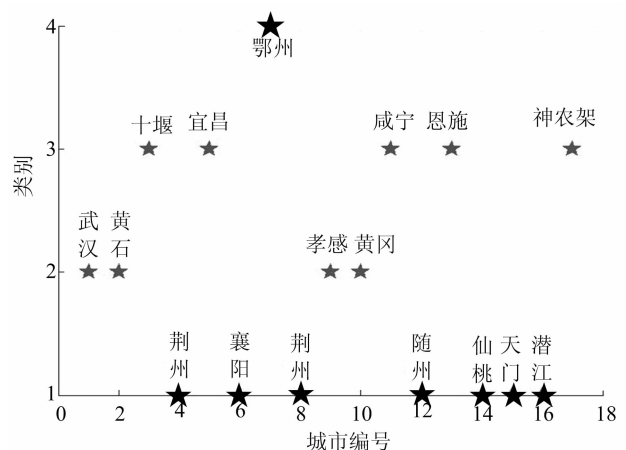


图 2 湖北省耕地利用集约度分区初步结果

经过上述调整之后,可以得到湖北省耕地利用集约度分区结果(图3)。由图3可见,湖北省耕地利用集约度较高的地区主要集中于江汉平原腹地,而耕地利用集约度次之的地区主要集中于武汉市周边的湖北省东部地区,位于湖北省西

部地区的十堰市、恩施州、宜昌市、神农架和位于东部地区的咸宁市耕地利用处于粗放状态。不难看出,湖北省耕地利用集约度呈现明显的地域分布规律,呈现中间高、两边低的空间格局。

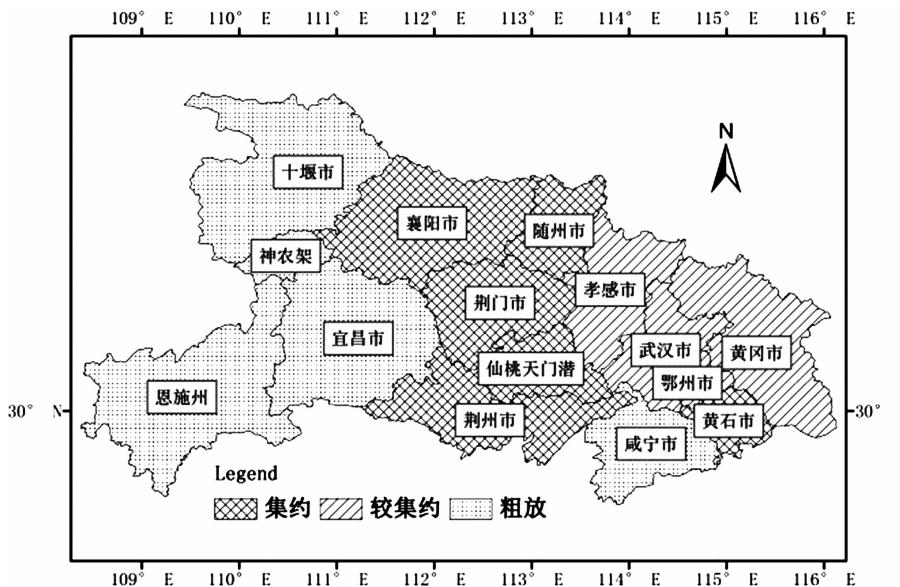


图3 湖北省耕地利用集约度分区结果

4 结论与讨论

耕地集约利用是快速城镇化进程中保障粮食安全的重要途径。已有研究表明,由于自然条件和社会经济发展水平的区域差异,耕地利用集约水平存在着显著的区域差异。耕地利用集约度分区是实现耕地利用分区管理的依据。本研究以湖北省为案例区,从投入强度、利用强度和利用效率3个方面构建指标体系,采用SOM神经网络模型进行了耕地利用集约度分区。结果表明:(1)SOM神经网络模型用于耕地利用集约度分区可以获得较好的分区效果。SOM神经网络模型具有自组织学习能力,可以实现无导师的学习聚类,可以用来进行耕地利用集约度分区。本研究采用SOM神经网络模型开展了湖北省耕地利用集约度分区,分区结果较为理想。(2)湖北省耕地利用集约程度具有明显的空间差异。耕地利用集约程度较高的地区主要分布在位于湖北省中部的江汉平原腹地,而耕地利用处于粗放状态的区域主要位于湖北省西部地区,位于湖北省中部地区的武汉市及其周边地区耕地利用集约程度位于上述两者之间。

本研究探讨了SOM神经网络模型在耕地利用集约度分区中的应用,为耕地利用集约度分区和耕地利用分区管理提供了科学方法。然而,耕地利用集约水平是动态变化的,耕地利用集约度分区也应该是动态的。在进一步的研究中,应以SOM神经网络模型为基础,研究耕地利用集约度的动态分区。

参考文献:

[1] 宋小青,欧阳竹,柏林川. 中国耕地资源开发强度及其演化阶段[J]. 地理科学,2013,33(2):135-142.

[2] 朱会义,李秀彬,辛良杰. 现阶段我国耕地利用集约度变化及其政策启示[J]. 自然资源学报,2007,22(6):907-915.

[3] 徐国鑫,金晓斌,宋佳楠,等. 耕地集约利用对粮食产量变化影响的定量分析——以江苏省为例[J]. 地理研究,2012,31(9):1621-1630.

[4] 李秀彬,朱会义,谈明洪,等. 土地利用集约度的测度方法[J]. 地理科学进展,2008,27(6):12-17.

[5] 刘成武,李秀彬. 基于生产成本的中国农地利用集约度的变化特征[J]. 自然资源学报,2006,21(1):9-15.

[6] 陈瑜琦,李秀彬. 1980年以来中国耕地利用集约度的结构特征[J]. 地理学报,2009,64(4):469-478.

[7] 赵京,杨钢桥. 耕地利用集约度变化影响因素典型相关分析[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(10):103-108.

[8] 徐慧,黄贤金,赵荣钦,等. 江苏省沿海地区耕地系统能值分析及高效持续利用评价[J]. 自然资源学报,2011,26(2):247-257.

[9] 乔家君,吴娜琳,李德洗. 河南省农田利用集约度时空变化及其影响环境[J]. 地理研究,2012,31(9):1598-1610.

[10] 朱传民,黄雅丹,吴佳,等. 江西省县域耕地集约利用水平时空差异研究[J]. 水土保持研究,2012,19(2):160-164.

[11] 杜国明,刘彦随. 黑龙江省耕地集约利用评价及分区研究[J]. 资源科学,2013,35(3):554-560.

[12] 柯新利,荣庚午,韩冰华. 基于AHP和GIS的湖北省耕地适宜性评价[J]. 国土与自然资源研究,2011(4):35-38.

[13] 李娟娟,徐小明. 基于SOM网络的江苏省城市现代化水平分类[J]. 山东建筑大学学报,2011,26(1):50-54.

[14] 李春华,李 宁,史培军. 基于SOM模型的中国耕地压力分类研究[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(3):318-322.

[15] 岳素青. SOM神经网络的研究及在水文分区中的应用[D]. 南京:河海大学,2006.