

# 结合 SOM 与动态度方法的土地利用及其时空演变研究

李玲<sup>1</sup>, 陈飞燕<sup>1,2</sup>, 林爱文<sup>1</sup>

(1. 武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 2. 信阳师范学院 地理科学学院, 河南 信阳 464000)

**摘要:** [目的] 验证结合自组织神经网络(self-organizing map neural network, SOM)与动态度的方法在时间序列土地利用地类与结构的交互分析中的适用性,从多尺度展开土地利用地类及其结构演变分析,为城市土地资源可持续开发和利用提供参考。[方法] 基于湖北省黄石市 2005,2010,2015 年土地利用数据,运用土地利用动态度,分析市域层面地类变化和转移特征,构建 SOM 模型实现乡镇层面结构空间表达,综合二次聚类和动态度分析整体土地利用演变规律。[结果] ① 建设用地显著增加,贡献者为耕地、林地、未利用地;耕地持续减少,转换为建设用地和采矿用地与裸地;未利用地大量减少。② 乡镇级土地利用结构变化趋势以耕地型向城镇/耕地型过渡为主。③ 中部、西部及南部乡镇土地利用变化和缓,东北部乡镇土地利用变化活跃,土地利用结构类型也发生了变化。[结论] SOM 与土地利用动态度结合的方法适用于多尺度长时间序列土地利用时空演变综合分析。

**关键词:** 土地利用结构; SOM; 动态度; 时空演变; 聚类; 乡镇尺度

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-288X(2018)04-0129-06

**中图分类号:** K901, F301

**文献参数:** 李玲, 陈飞燕, 林爱文. 结合 SOM 与动态度方法的土地利用及其时空演变研究[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 129-134. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.04.022. Li Ling, Cheng Feiyan, Lin Aiwen. A study on spatial-temporal changes of land use in combination with SOM and dynamic index[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(4): 129-134.

## A Study on Spatial-Temporal Changes of Land Use in Combination with SOM and Dynamic Index

LI Ling<sup>1</sup>, CHEN Feiyan<sup>1,2</sup>, LIN Aiwen<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430079, China;

2. School of Geographic Science, Xinyang Normal University, Xinyang, He'nan 464000, China)

**Abstract:** [Objective] To verify the applicability of the method that combined self-organizing map neural network (SOM) and dynamic index methods in the analysis of interactions between land use types and structures in a certain period, and to analyze the evolution of land use types and structures from multiple scales in order to provide reference for the sustainable development and utilization of urban land resources. [Methods] Based on the land use data of Huangshi City, Hubei Province in 2005, 2010 and 2015, we used the single dynamic degree of land use to analyze the change and transition characteristics of land use types at the city level, and constructed a SOM model to express the spatial distribution of land use structures at the township-level, and explored the overall land use evolution with a method integrated K-means clustering and comprehensive dynamic degree of land use. [Results] ① The area of build-up land increased obviously, and they were transformed from cultivated land, woodland and unused land. The area of cultivated land was continuously decreased, as a result of conversions into construction land, mining land and bare land. The area of unutilized land reduced substantially. ② The transformation among types of land use structure was mainly from cultivated land to urban/cultivated land. ③ The central, western, and southern towns had experienced their slight changes in land use; while the towns in the northeast changed significantly, so did its

收稿日期: 2017-12-12

修回日期: 2018-01-22

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于未来情景的长江流域洪水灾害风险评估”(4160010376), “多尺度表达中属性数据不确定性建模及其可视化分析”(41671405)

第一作者: 李玲(1994—), 女(汉族), 湖南省衡阳市人, 硕士研究生, 研究方向为城市土地利用与土地规划。E-mail: liling210@whu.edu.cn.

通讯作者: 林爱文(1963—), 男(汉族), 湖北省黄冈市人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地利用与区域发展研究。E-mail: awlin@whu.edu.cn.

structure. [Conclusion] The method in combination with SOM and land use dynamic index is suitable for comprehensive analysis about the spatial and temporal evolution of land use.

**Keywords:** land use structure; SOM; dynamic index; spatio-temporal evolution; clustering; township scale

土地利用变化(LUCC)是全球变化重点关注研究的内容之一<sup>[1]</sup>。自 1995 年“土地利用和土地覆盖变化”(land use and land cover change, LUCC)研究计划提出以来,土地利用变化研究一直是全球变化研究的重要课题<sup>[2-3]</sup>。当前关于土地利用时空演变特征的研究成果颇丰,集中于定量描述、驱动分析、模型模拟、环境影响等方面<sup>[5-8]</sup>。研究土地利用变化的方法也日趋丰富,目前土地利用转移矩阵、土地利用动态度、景观格局指数被广泛使用,如王计平等<sup>[9]</sup>利用转移矩阵及重心转移研究了无定河流域各土地利用类型面积、重心变化;徐苏等<sup>[10]</sup>利用土地利用动态度、交换变量识别了长江流域土地利用变化活跃区域和关键区域;佟光臣等<sup>[11]</sup>对南京市近 30 a 土地覆被和景观格局的时空变化状况及其驱动因素进行了研究。上述文献中的方法通常是研究土地利用类型的时空变化过程,较难实现土地利用结构在空间上可视化及其演变分析。自组织神经网络(self-organizing map neural network, SOM)是一种竞争型神经网络,采用非监督式学习可以实现高维数据降维聚类及可视化<sup>[12-13]</sup>。近年来 SOM 逐渐被运用到土地研究中,如 Augustijn 等<sup>[14]</sup>尝试用 SOM 聚类来探索时空扩散模式,焦利民运用 SOM 聚类分析中国主要城市扩展特征,但将 SOM 用于土地利用变化研究的文章还较少。齐建超等<sup>[15]</sup>虽利用 SOM 降维可视化各地类面积比例数据,对比分析了北京市长时间序列土地利用结构的时空演变,但忽略了土地利用结构类型尚未变化但地类转换活跃的区域。综上所述,有必要探索一种可以综合分析土地利用类型和结构时空变化的方法,丰富土地利用时空演变规律研究的技术参考。土地利用变化研究具有时空尺度特征,刘纪远等<sup>[16-17]</sup>基于国家尺度,采用土地利用动态区划方法分析中国土地利用变化的空间格局与时空特征;Arnon 等<sup>[18]</sup>利用向量分析技术研究了我国毛乌素沙地区的土地覆盖时空变化、刘永强等<sup>[19]</sup>运用空间计量回归剖析黄淮海平原农区 5 种主要土地利用类型转换及动力机制、黄端等总结与分析了 2000—2015 年武汉都市圈土地利用的总体特征、变化方向、区域时空差异及政策驱动力<sup>[20]</sup>,他们从区域和城市群尺度进行研究;还有一些研究以单个城市为对象,Raffaella Frondoni 等<sup>[21]</sup>用轨迹分析方法揭示罗马市土地覆盖的时空

特征和生态影响;Samat 等<sup>[22]</sup>运用地理信息系统和 CA 模型模拟了城市周边区域的土地利用变化;史培军等<sup>[23]</sup>分析了深圳市土地利用变化及驱动力。目前的研究较多关注全国、流域、城市群、地级城市及区县级尺度,而微观尺度的研究相对较少。乡镇是我国土地利用和管理的基础单元,有必要基于乡镇尺度研究土地利用变化特征,深入了解精细尺度下土地利用变化规律,以期微观尺度城市土地资源可持续开发和利用、生态环境保护提供决策参考。为此,本文提出采用 SOM, K-means 聚类与土地利用动态度相结合的方法来实现时间序列土地利用地类与结构的交互分析,并以黄石市为例,从市域和乡镇两个层面展开了土地利用地类变化、地类转移、土地利用结构格局、结构演变等分析,验证了结合 SOM 与动态度的方法在微观尺度土地利用变化研究中的适用性。

## 1 研究区与数据源

黄石市是新中国成立后湖北省最早设立的 2 个省辖市之一,也是华中地区重要的原材料工业基地和全国资源枯竭转型试点城市。位于湖北省东南部,长江中游城市群中部;地跨东经  $114^{\circ}31'$ — $115^{\circ}30'$ ,北纬  $29^{\circ}30'$ — $30^{\circ}15'$ ;东北与黄冈市为邻,北接鄂州市,西连武汉市、咸宁,东南与江西省九江市接壤。黄石市国土总面积约 4 583 km<sup>2</sup>,下辖 51 个乡镇;2015 年地区生产总值为 1 228.10 亿元,常住人口 245.8 万,城镇人口 150.68 万,城镇化率达 61.3%<sup>[24]</sup>。

本研究所用数据包括黄石市 2005, 2010, 2015 年 3 期土地利用现状、湖北省市县级行政区划矢量数据和黄石市 2015 年国民经济和社会发展统计公报,数据来源为黄石市国土局和湖北省统计局网站。土地利用数据参照《土地利用现状分类》标准,结合地域特点和研究目的,将土地利用类型分成城镇建设用地、农村建设用地、采矿用地与裸地、耕地、林地、水域和未利用地 7 类。

## 2 研究方法

本文将 SOM 与动态度结合,以地类分布和结构分布两个角度来体现土地利用的空间分布,从地类变化与结构变化两个层面阐述土地利用的变化特征,并进一步地从变化规律中探测出土地利用变化的热点区域。一方面,以往的土地利用空间格局研究中,大多只关注用地类型而忽略用地结构的分布。用

地结构用地类的面积比例来描述,往往难以在空间上表达。为实现用地结构的空分异可视化,引进 SOM 方法。SOM 集降维、聚类和可视化表达于一体,能够将时间断面土地利用结构在空间上表达;另一方面,关于时空演变,时间序列的 SOM 结果的对比分析能够探究用地结构的演变过程,但容易忽略用地类型的变化,而土地利用动态度能较好度量各地类变化的速度和强度,能与 SOM 互为补充。因此,本文提出 SOM 与动态度结合的方法以综合分析土地利用地类与土地利用结构的空格局及其时空演变分析。

### 2.1 自组织神经网络(SOM)

SOM 是由芬兰赫尔辛基理工大学的 Kohonen<sup>[25]</sup>于 1982 年提出的一种非监督式学习竞争型人工神经网络,它根据输入向量的模式进行学习和分类实现聚类、降维及可视化。SOM 网络由输入层和输出层构成,两层神经元通过权向量连接。输入层各神经元竞争对输入模式的响应机会,最后竞争的胜者输出(即获胜神经元),权向量则按照函数向更有利于其竞争的方向调整<sup>[26]</sup>。

### 2.2 土地利用动态度

单一土地利用动态度可以直观地反映土地利用类型变化的幅度与速度,是指某种土地利用类型转换成其他非该种土地利用类型的用地总面积与该种土地利用类型研究初期用地面积之比<sup>[27-28]</sup>,计算公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K——单一土地利用动态度;  $U_a, U_b$ ——研究初期与研究末期某种土地利用类型的面积。

综合土地利用动态度指数反映了土地利用变化

的剧烈程度,不同空间尺度上动态度指数的差异可以判断土地利用变化热点区域<sup>[27-28]</sup>,计算公式为:

$$K_e = \frac{\sum_{i=1}^n U_{bi} - U_{ai}}{2 \times \sum_{i=1}^n U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $K_e$ ——综合土地利用动态度;  $U_{ai}, U_{bi}$ ——研究初期与研究末期某种土地利用类型的面积;  $T$ ——研究时段长。

## 3 结果及分析

### 3.1 SOM 构建与 K-means 聚类

3.1.1 SOM 构建 在 SOM 正式训练样本前,需预先测试样本网络,按照量化误差(QE)和拓扑图形误差(TE)最小的原则选取合适的网络大小。QE 确定所构建的神经网络分辨原始输入数据的能力<sup>[29]</sup>,而 TE 则测量神经网络质量,即评估网络是否已合适训练。SOM 网络质量测试结果详见表 1。确定网络大小后,将黄石市 3 个年份 51 个乡镇 7 种地类的面积比例数据所构成的 7 维向量作为输入层,输出层采用二维六边形网格,在 Matlab 中采用线性初始化,设置高斯函数为训练函数,输出神经元大小为  $18 \times 20$ ,训练次数为 500,进行 SOM 训练。待训练稳定后,得到样本响应的获胜神经元图和各用地类型的 SOM 聚类模式图。获胜神经元图和 SOM 聚类模式图均由正六边形网格组成,网格一一对应,不具备空间地理信息,仅代表神经网络训练的神经元。获胜神经元图中有属性的网格即为竞争胜出的神经元,是有输入样本与之呼应的有效神经元。一个获胜神经元可对应一个或多个输入样本。SOM 聚类模式图用以表示某用地类型的分布与聚集状况,网格代表对应样本乡镇某种地类所占面积比例。

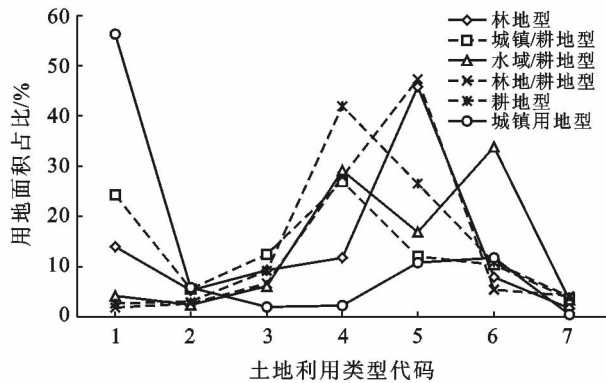
表 1 不同神经元大小的自组织特征映射神经网络质量

SOM 量化 指标	网络大小(行×列)						
	15×15	18×15	18×18	18×20	20×15	20×18	20×20
QE	0.585 4	0.477 6	0.469 8	0.418 9	0.502 0	0.488 7	0.468 3
TE	0	0.003 5	0	0	0	0.0016	0

3.1.2 K-means 聚类 将 SOM 训练输出的 153 个神经元权向量属性数据在 Matlab 中进行 K-means 二次聚类,按照最大平均轮廓值(average silhouette values)标准确定最终类别数量(number of clusters)。实验显示,当分类数为 6 时,二次聚类效果最佳。为确定每个类别对应的实际意义,将聚类结果绘制成折线图(图 1)。由图 1 可知,每个类别表达了不同用地类型的面积比例,故一个类别代表一种土地利用结

构类型;每一类别都有显著的用地面积比例峰值,故以峰值对应的用地类型来定义该种土地利用结构类型。城镇建设用地占比最高,且远高于其他用地类型,可定义为城镇用地型,同理可定义林地型和耕地型;耕地和水域的用地比例均在 30%左右,且高于其他用地方式,所以可以定义为水域/耕地型,同理可定义林地/耕地型和城镇/耕地型。为实现土地利用结构类型空间可视化,将 K-means 聚类结果与 SOM 获

胜神经元图相结合,得到二次聚类的土地利用结构类型分布图。在 ArcGIS 中将行政区划矢量图与 K-means 聚类的结果关联,得到乡镇级土地利用结构类型图。



注:土地利用类型代码中 1 为城市, 2 为采矿与裸地, 3 为农村建设用地, 4 为耕地, 5 为林地, 6 为水域, 7 为未利用地。

图 1 K-means 聚类的土地利用类型

### 3.2 市域土地利用变化分析

#### 3.2.1 土地利用地类变化 通过黄石市 2005, 2010,

2015 年 2 个 5 年期的土地利用变化面积与单一土地利用动态度(表 2)可以总结出黄石市 2005—2015 年土地利用的变化特征。建设用地面积显著增加,耕地面积持续减少,未利用地显著减少,林地、采矿用地与裸地面积先减后增,水域面积基本稳定。城镇建设用地在 2005—2015 年间持续增加,2 期的动态度分别为 0.32 和 0.25,农村建设用地则先增加后减少,总的动态度为 0.14;2005—2010 年耕地面积减少了 95.50 km<sup>2</sup>,动态度为 0.07;2010—2015 年,减少速度变缓,动态度为 0.01;未利用地在 2005—2010 年间增加了 16.29 km<sup>2</sup>,在 2005—2015 年减少了 286.06 km<sup>2</sup>,总体上显著减少;林地面积在 2005—2010 年减少 10.75 km<sup>2</sup>,其动态度为 0.07,而在 2010—2015 年间,林地面积有较大幅度上升,面积增加了 175.78 km<sup>2</sup>,其动态度为 0.09;采矿用地与裸地则减少了 4.65 km<sup>2</sup>,增加了 77.55 km<sup>2</sup>,2005—2015 年土地利用动态度为 0.83;水域面积变化不大总体上呈减少趋势,2005—2015 年共减少 7.79 km<sup>2</sup>,动态度最低,仅 0.01。

表 2 黄石市 2005—2015 年土地利用面积变化与单一动态度

地类	2005—2010 年		2010—2015 年		2005—2015 年	
	变化面积	动态度	变化面积	动态度	变化面积	动态度
城镇建设用地	58.11	0.32	59.75	0.25	117.86	0.97
农村建设用地	34.76	0.13	-3.12	-0.01	31.64	0.14
采矿用地与裸地	-4.65	-0.06	77.55	0.48	72.89	0.83
耕地	-85.97	-0.07	-9.54	-0.01	-95.50	-0.07
林地	-10.75	-0.01	175.78	0.09	165.03	0.09
水域	-7.79	-0.01	1.92	0	-5.87	-0.01
未利用地	16.29	0.05	-302.34	-156.12	-286.06	-1.00

3.2.2 土地利用地类转移 分析 2005—2010 年, 2010—2015 年土地利用转移矩阵(表 3—4)获得土地利用转移特征。2005—2010 年城镇建设用地的主要来源是耕地和林地,其中耕地转换而来 30.90 km<sup>2</sup>、林地转换而来 11.45 km<sup>2</sup>;增加的农村建设用地、采矿用地与裸地也主要由耕地转换而来;未利用地主要转换为林地和耕地;水域的变化量相对较少,主要是

变为城镇建设用地、农村建设用地和耕地。2010—2015 年城镇建设用地、采矿用地与裸地面积继续增加,城镇建设用地主要由耕地和农村建设用地转变而来,采矿用地与裸地主要由未利用地转变而来;林地面积有大幅的增加,其主要贡献者为未利用地;耕地和未利用地面积持续减少,耕地以转换为建设用地为主,未利用地大多转换为采矿用地与裸地和林地。

表 3 黄石市 2005—2010 土地利用转移矩阵

地类	城镇建设用地	农村建设用地	采矿用地与裸地	耕地	林地	水域	未利用地	总计
城镇建设用地	112.77	0.82	6.00	1.26	0.47	0.75	0.06	122.12
农村建设用地	6.21	220.26	0.41	3.75	1.97	0.65	0.25	233.49
采矿用地与裸地	10.05	7.28	59.79	2.21	3.63	0.46	3.96	87.39
耕地	30.90	28.62	10.56	1 256.37	11.25	7.27	33.24	1378.21
林地	11.45	5.25	3.23	12.38	1 734.19	2.08	18.42	1787.00
水域	5.74	4.25	0.93	6.58	2.65	639.99	1.09	661.22
未利用地	3.13	1.77	1.82	9.70	22.09	2.22	243.91	284.65
总计	180.24	268.25	82.74	1 292.24	1 776.24	653.44	300.93	4 583.00

表 4 黄石市 2010—2015 土地利用转移矩阵

km<sup>2</sup>

地类	城镇建设用 地	农村建设用 地	采矿用地 与裸地	耕地	林地	水域	未利用地	总计
城镇建设用 地	175.93	2.88	0.11	0.84	0.42	0.07	0	180.24
农村建设用 地	12.59	245.92	0.19	1.02	0.17	8.37	0	268.26
采矿用地与 裸地	4.77	1.51	70.42	4.27	1.62	0.18	0	82.76
耕地	32.44	10.26	3.91	1 245.49	0.66	0.94	0	1 293.71
林地	5.69	2.57	1.47	6.60	1 767.73	0.10	0	1 784.17
水域	5.50	1.18	0.27	1.00	0.02	646.08	0	654.03
未利用地	3.08	0.82	83.94	24.95	189.34	0.22	10.19	302.54
总计	239.99	265.14	160.31	1 284.17	1 959.95	655.95	10.19	4 583.00

### 3.3 乡镇土地利用时空演变

3.3.1 土地利用结构 根据获胜神经元和不同土地利用类型的 SOM 聚类模式图表达的不同地类的分布聚集模式与不同乡镇的用地比例关系可得黄石市土地利用结构特点: ①城镇建设用地上高比例区集中在面板的西北角, 耕地则主要分布在西南角, 说明大部分城镇建设用地上高比例的乡镇耕地面积占比较低; 同样地, 林地比例高值区主要聚集在东北角, 水域则主要集中在西南角, 说明林地占比较高的乡镇水域面积占比较低; ②部分农村建设用地上高比例区分布在城镇建设用地上高比例区的外围, 即这些地区农村建设用地上高比例区占 15%~20%, 城镇建设用地上高比例区占 13%~30%, 整体用地以建设用地为主, 可能是城乡过渡地带; ③在土地利用结构中城镇建设用地上高比例区最高达 94.96%, 最低为 0.67%; 耕地的比例范围为 0.12%~51.47%; 林地的比例范围为 0.46%~67.89%; 水域的比例范围为 0.11%~82.00%; 采矿用地与裸地、农村建设用地上高比例区及未利用地的比例范围分别为 0.44%~36.34%, 0.17%~22.72 和 0%~10.08%。

3.3.2 土地利用结构类型 根据 K-means 聚类结合 SOM 神经元得到的土地利用结构类型分布图和乡镇级的土地利用结构类型图(附图 4)可以分类各乡镇的土地利用结构类型。SOM 平面图左上角为城镇用地型, 对应的乡镇为东方山风景区、下陆城区、开发区团城山街道办、西塞山城区、黄石港城区等, 聚集在黄石市东北部。SOM 平面图上城镇用地型外围是城镇/耕地型, 包括老街办、新街办、东岳街办、罗桥街办、金山街道办事处等乡镇, 空间上分布在城镇型乡镇的外围。水域/耕地型主要分布在东侧, 林地型则主要分布在西边和南边, 林地/耕地型与耕地型交叉分布于城市内部的乡镇。

3.3.3 土地利用活跃程度 分析各乡镇综合土地利用动态度(附图 5)可知, 2005—2010 年, 综合土地利

用动态度高、剧烈变化的乡镇主要集中在市城区及其周边乡镇, 如铁山城区、下陆区开发区团城山街道办、新街办、老街办、罗桥街办、金山街办、西塞山街道办事处; 综合土地利用动态度较高, 快速变化的乡镇有大箕铺、综合农场、兴国和洋港镇, 其中大箕铺镇位于大冶湖高新技术产业园区范围内, 而综合农场、兴国镇属于阳新县中心城区范围; 综合土地利用动态度较低、慢速变化的乡镇有大冶湖的保安镇、金山店镇、茗山乡、陈贵镇、金湖街办以及西塞山区的河口镇和韦源口镇。2010—2015 年土地利用剧烈变化的乡镇有金山街办、东岳街办和东风农场; 快速变化的乡镇有剧烈变化型乡镇周边的新街办、罗桥街办和汪仁镇, 以及阳新西南部的龙港、排市、洋港 3 个乡镇; 慢速变化的乡镇主要分为 3 个片区, 即长江沿岸的河口镇、韦源口镇、黄颡口镇、富池镇以及半壁山农场, 大冶市西北部保安镇、金山店镇和茗山乡, 黄石市中部的中箕铺、白沙、三溪、浮屠、兴国、综合农场和木港等乡镇。2005—2010 年较 2010—2015 年基本稳定型乡镇大量减少, 即综合土地利用动态度低的乡镇大幅减少, 说明黄石市整体土地利用变化强度有所增加。

3.3.4 土地利用活跃程度 对比土地利用结构类型图(附图 4)和乡镇级综合土地利用动态度分类图(附图 5), 进一步探讨乡镇级土地利用结构变化。①土地利用结构类型由耕地型向城镇/耕地型过渡, 即乡镇土地利用结构中, 城镇建设用地上高比例显著上升, 而耕地所占比例下降。可以推测, 这些乡镇城市化现象明显, 城市建设以侵占耕地资源为代价。②许多土地综合利用度高的乡镇, 土地利用结构类型却未发生变化。这些乡镇土地利用变化活跃, 土地利用结构有所改变, 但结构中占比最高的土地利用类型维持不变。③综合土地利用度在 2005—2010 年, 2010—2015 年两个阶段均较低, 即属于基本稳定型的乡镇, 其土地利用结构类型基本为水域耕地型或林地型。这些乡镇水域、耕地、林地的面积所占比例高, 并且在

2005—2015 年用地方式改变相对较小。可以认为,黄石市大面积的水域、耕地和林地在一定程度上制约着其发展方向。

## 4 结论

SOM 具有自主聚类、将高维数据降维及空间可视化的优点,将其应用到土地利用变化的研究中,可以实现时间序列土地利用结构的时空可视化,但仅通过对比分析结构变化获得土地利用演变过程,容易忽视土地利用地类变化。与空间单元时间序列上的综合土地利用动态变化综合分析,可探究土地利用地类和土地利用结构两个层面的时空演变规律。

本研究基于 2005,2010,2015 年 3 期土地利用现状数据,采用 SOM 与土地利用动态度相结合的方法,探讨了黄石市市级和乡镇级两个层面上的土地利用及其变化规律。黄石市土地利用变化规律:从城市尺度来看,黄石市土地利用变化总体特征为城镇建设用地持续增加,由耕地、林地及农村建设用地转化而来;未利用地显著减少,向耕地和林地转换;耕地面积减少,水域面积基本稳定。从乡镇尺度来看,3 个乡镇从耕地型变为城镇/耕地型结构,绝大部分乡镇土地利用结构类型未改变;土地利用变化和缓的乡镇水域、耕地、林地的面积所占比例高;部分土地利用变化活跃的乡镇,因其面积占主导地位的用地类型仍未改变,土地利用结构类型不变。本文研究结果:验证了 SOM 与动态度相结合的方法对于综合分析土地利用地类及其结构的时空变化的适用性,丰富了土地利用研究的方法;基于城市尺度、乡镇尺度综合分析土地利用变化,丰富了微观尺度土地利用研究。

本研究尚存在局限性。文章虽然探测出了土地利用变化的关键区域,但是尚未对其进一步研究,分析其变化发生的内在驱动。此外,研究单元的选取对于 SOM 和综合土地利用动态度而言都非常关键,文章以乡镇为单元进行探讨,是基于土地利用多受行政区限制的原因,但实际上影响土地利用的因素诸多,其变化不会以行政边界而划分,因此可以尝试用网格划分研究单元来进行分析。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs [J]. PNAS, 2013, 110 (S): 3665-3672.
- [2] Sterling S M, Ducharme A, Polcher J. The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle [J]. Nature Climate Change, 2012, 3(4): 385-390.
- [3] Turner B L I, Skole D L, Sanderson S, et al. Land-use and land-cover change: Science/research plan [J]. Global Change Report, 1995, 43(1995): 669-679.
- [4] 李家洋,陈泮勤,葛全胜,等. 全球变化与人类活动的相互作用:我国下阶段全球变化研究工作的重点 [J]. 地球科学进展, 2005, 20(4): 371-377.
- [5] 何华春,周汝佳. 基于景观格局的盐城海岸带土地利用时空变化分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(8): 1191-1199.
- [6] 李平,李秀彬,刘学军. 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.
- [7] Li Tianhong, Li Wenkai. Multiple land use change simulation with Monte Carlo approach and CA-ANN model, a case study in Shenzhen, China [J]. Environmental Systems Research, 2015, 4(1): 1-10.
- [8] 岳文泽,徐建华,徐丽华. 基于遥感影像的城市土地利用生态环境效应研究:以城市热环境和植被指数为例 [J]. 地理学报, 2006, 26(5): 1450-1460.
- [9] 王计平,程复,汪亚峰,等. 生态恢复背景下无定河流域土地利用时空变化 [J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 237-243.
- [10] 徐苏,张永勇,窦明,等. 长江流域土地利用时空变化特征及其径流效应 [J]. 地理科学进展, 2017, 36(4): 426-436.
- [11] 佟光臣,林杰,陈杭,等. 1986-2013 年南京市土地利用/覆被景观格局时空变化及驱动力因素分析 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 240-245.
- [12] Lamb P F, Mundermann A, Bartlett R M. Visualizing changes in lower body coordination with different types of foot or those using self-organizing maps [J]. Gait & Posture, 2011, 34(4): 485-489.
- [13] Ren Jihong, Chen Jiangcheng, Wang Nan. Visual analysis of SOM network in fault diagnosis [J]. Coal Mine Machinery, 2009, 22(11): 333-338.
- [14] 焦利民,吴苏. 利用自组织网络分析 1990—2010 年中国主要城市扩展特征 [J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2014, 39(12): 435-447.
- [15] 齐建超,刘慧平,高啸峰. 基于自组织映射法的时间序列土地利用变化的时空可视化 [J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(6): 792-799.
- [16] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1-12.
- [17] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局 [J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.

- 究:基于土地督察视角的考察[J]. 自然资源学报, 2009, 24(3):387-401.
- [3] 何为, 黄贤金, 钟太洋, 等. 基于内容分析法的土地督察制度建设进展评价[J]. 中国土地科学, 2013, 27(1): 4-10.
- [4] 谭术魁, 张红林, 饶映雪. 土地例行督察的土地违法遏制效果测算[J]. 中国土地科学, 2013, 27(3): 36-42.
- [5] 赵雲泰, 黄贤金, 钟太洋, 等. 土地督察对土地市场化的影响效果评估[J]. 自然资源学报, 2012, 27(6): 901-911.
- [6] 吕晓, 钟太洋, 张晓玲, 等. 土地督察对土地违法的遏制效应评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(8): 121-127.
- [7] 彭佳雯, 钟太洋, 张晓玲, 等. 土地督察减少国有土地收益流失效果评价[J]. 中国土地科学, 2012, 26(1): 4-11.
- [8] 谭梦, 钟太洋, 张晓玲, 等. 土地督察对土地市场化的影响[J]. 中国土地科学, 2012, 26(1): 12-16.
- [9] Lynch L, Janet E C. Is there evidence of a critical mass in the Mid-Atlantic agriculture sector between 1949 and 1997? [J]. *Agricultural and Resource Economic Review*, 2003, 32(1): 116-28.
- [10] Lynch L, Wayne G, Jacqueline G. "Are farmland preservation program easement restrictions capitalized into farmland prices? What can a propensity score matching analysis tell us?" [J]. *Review of Agricultural Economics*, 2007, 29(3): 502-509.
- [11] Lynch L, Liu X. Do Agricultural land preservation programs reduce farmland loss?: Evidence from a propensity score matching estimator[J]. *Land Economics*, 2011, 87(5): 183-201.
- [12] 龙小宁, 朱艳丽, 蔡伟贤, 等. 基于空间计量模型的中国县级政府间税收竞争的实证分析[J]. 经济研究, 2014(8): 41-53.
- [13] 杨瑞珍. 我国耕地资源流失原因的深层剖析与政策建议[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(3): 109-113.
- [14] 李永乐, 吴群. 经济增长与耕地非农化的 Kuznets 曲线验证: 来自中国省际面板数据的证据[J]. 资源科学, 2008, 30(5): 667-672.
- [15] 蔡银莺, 张安录. 耕地资源流失与经济的关系分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(5): 56-61.
- [16] 徐大伟, 李斌. 基于倾向值匹配法的区域生态补偿绩效评估研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(3): 34-42.
- [17] Rosenbaum P. Constructing a control group using multivariate matched sampling methods that incorporate the propensity[J]. *American Statistician*, 1985, 39(1): 33-38.

(上接第 134 页)

- [18] Arnon K, Zhihao Qin, Bo Wu, et al. Spatio-temporal dynamics of land-use and land-cover in the Mu Us sandy land, China, using the change vector analysis technique[J]. *Remote Sensing*, 2014, 6(10): 9316-9339.
- [19] 刘永强, 龙花楼. 黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制[J]. 地理学报, 2016, 26(5): 515-530.
- [20] 黄端, 李仁东, 邱娟, 等. 武汉城市圈土地利用时空变化及政策驱动因素分析[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(1): 80-90.
- [21] Raffaella F, Barbara M, Giulia C. A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): Spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001 [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 100(1/2): 117-128.
- [22] Samat N, Hasni R, Elhadary Y A E. Modelling land use changes at the Peri-urban areas using geographic information systems and cellular automata model[J]. *Journal of Sustainable Development*, 2011, 4(6): 72-84.
- [23] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151-160.
- [24] 黄石市统计局. 黄石市 2015 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 湖北 黄石: 黄石市统计局, 2015.
- [25] Kohonen T. Self-organized formation of topologically correct feature maps[J]. *Biological Cybernetics*, 1982, 43(1): 59-69.
- [26] 董长虹. MATLAB 神经网络与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [27] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650.
- [28] 刘瑞, 朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1544-1500.
- [29] Kohonen T. Self-Organizing Maps[M]. 3th ed. Berlin: Springer, 2001.