

基于 SOFM 网络的景观功能分类 ——以北京及周边地区为例

冯喆¹, 吴健生^{2*}, 高阳¹, 彭建¹, 宗敏丽², 王政²

(1. 北京大学城市与环境学院 地表过程与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;

2. 北京大学深圳研究生院 城市规划与设计学院 城市人居环境科学与技术重点实验室, 深圳 518055)

摘要: 景观多功能性是景观生态学研究的热点领域, 需要一种既能体现景观多功能整体性, 又能表征各功能间独立性的表达方法。本文以北京及其周边地区为研究区, 以 500m 栅格为最小评价单元, 使用空间化的统计数据表征物质生产功能, 使用植被生物量与土壤含碳量之和表征碳汇功能, 使用潜在水土流失量与实际水土流失量的差值表征土壤保持功能, 使用生态系统服务功能的评估结果表征生境维持功能, 使用人口空间化数据表征居住功能。在计算 5 种景观功能强度后, 通过自组织特征映射模型将土地栅格进行聚类分析。研究表明: 景观功能强度具有空间异质性。景观功能强度可分为以农地为优势景观, 以物质生产为主要功能的农业功能区域; 以农地和城市用地为优势景观, 以居住和碳汇为主要功能的城市功能区域; 以林草地为优势景观, 以土壤保持和生境维持为主要功能的生态功能区域; 以及优势景观不明显, 各项功能均衡发展的过渡功能区域 4 类。该分类方法既可较好地表达多功能景观的功能分异和空间分异, 又能为其研究土地利用和生态管理实践提供理论依据。

关键词: 景观多功能性; SOFM 网络; 聚类分析; 北京及周边地区

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2012.00800

1 引言

景观为人类活动所能提供的这些利用价值和功效称为景观功能或景观服务^[1-5], 独立的土地单元相关的不同功能的组合被称为景观多功能性^[6], 目前受到学者的广泛重视。

景观多功能性与土地利用决策紧密相关。故此, 学者们一直致力于在景观不同功能之间寻找景观的优化和保护方案^[7-12]。越来越多的研究表明, 不同景观功能之间存在协同 (synergy) 与权衡 (trade-off) 关系, 形成了特定的景观功能“簇” (bundles)^[13-14], 是多功能景观整体性和各功能间独立性的综合体现^[15]。目前, 针对景观多功能性的评价常采用两种方法: 一是使用货币等统一计量单位对各功能进行系统核算^[16], 其能很好表征多功能景观的整体性, 但此种方法常忽略各功能间的独立性; 二是使用指标核算体系对每一种功能进行单独核算^[17-18], 它可较好体现各个功能的独立性, 但其难

以体现“多功能”景观的整体性。因此, 探索既能体现景观多功能整体性, 又能体现各功能间独立性的多功能景观表达方法, 是景观生态学研究亟待解决的问题。

本文选择北京市及其周边区域为研究区, 以栅格为最小评价单元, 使用多种生态模型和指标分别表征物质生产、碳汇、土壤保持、生境维持和居住 5 种景观功能强度, 通过自组织特征映射模型 (Self-Organizing Feature Map, SOFM) 将具有不同功能强度的土地栅格进行聚类分析。这种方法在一定程度上体现了景观多功能的整体性和各功能间的独特性, 为景观多功能研究和区域可持续发展实践提供参考。

2 景观功能分析研究区与数据

(1) 本文选择北京及其周边地区为研究区 (图 1), 总面积约 140 000 km², 包括北京、天津 2 个直辖市和河北省的张家口、保定、廊坊、唐山、承德 5 个

收稿日期: 2012-11-03; 修回日期: 2012-12-05.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (41130534) 资助。

作者简介: 冯喆 (1984-), 男, 北京人, 博士研究生, 研究方向为景观生态学。E-mail: sucreal@126.com

* 通讯作者: 吴健生 (1965-), 男, 湖南人, 副教授, 研究方向为景观生态学与 GIS。E-mail: wujzs@szpku.edu.cn

地级市,从自然条件看,该地区位于华北平原西北部,区内景观类型复杂多样,滨海湿地、耕地、城市、灌丛、森林、森林草原和草原景观从东南到西北呈条带状分布,可以作为研究景观功能的典型区域;从经济社会条件看,该区域拥有北京和天津 2 个超大型城市,截至 2010 年,该区域人口约占中国大陆的 4.7%,当年国内生产总值约占中国大陆的 6.7%,人类活动与景观的交互作用较强,有利于经济社会—自然综合研究的开展;从研究基础看,学者针对这一区域的景观格局和生态过程研究较为充分,为本研究开展提供了丰富的资料。

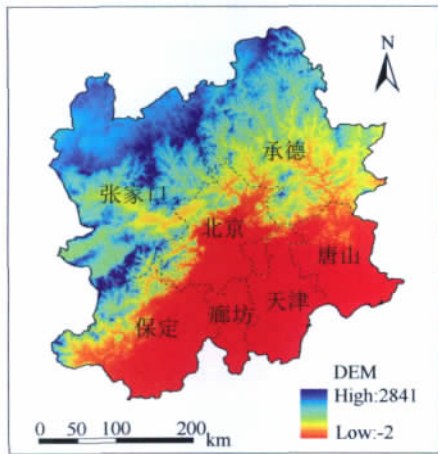


图 1 研究区分布
Fig. 1 The study area

(2)本研究景观格局本底数据采用北京、天津、河北三地土地利用详查图件,依据需要重分类为林地、草地、农地、城市和其他 5 类景观;高程数据来自 ASTER 卫星图像的 30m×30m 数字高程模型;年均降水数据下载自 World Clim 网站;年均 NDVI 数据下载自 <http://free.vgt.vito.be>;道路、行政边界数据来自中国基础地理信息系统数据库。为提高景观功能计算的准确程度,本研究广泛借鉴了 2000 年等现有研究成果与数据,统一处理为 500m×500m 栅格。

3 基于 SOFM 的景观功能分类方法与结果分析

3.1 景观功能计算

结合现有研究成果,本研究计算了物质生产、碳汇、土壤保持、生境维持和居住 5 种景观功能强度,计算结果按式(1)标准化为 0-10 000 的整数形式。

$$X_i' = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}) \times 10\ 000 \quad (1)$$

式中, X_i' 为标准值, X_i 为计算初始值, X_{min} 和 X_{max} 分别为本区域计算初始值最小值和最大值。

各景观功能具体计算方法如下:

(1)物质生产:本研究使用 2 个直辖市和 5 个地级市的种植业、林业、牧业产值作为景观物质生产功能的表征。为体现功能的空间差异性,将每个地级市/直辖市的种植业、林业、牧业产值按照各个栅格的净初级生产力分别分配在农地、林地、草地上。净初级生产力的计算方法参照郑元润和周广胜^[19]的研究结果。

(2)碳汇:本研究采用植被生物量与土壤含碳量之和来表征栅格的碳汇功能强度。其中,各景观类型单位面积植被生物量数据来自黄玫等和姜群鸥等^[20-21]的研究,单位面积土壤含碳量数据来自奚小环等的研究^[22]。

(3)土壤保持:本研究使用修正后的通用土壤流失方程(RULSE)估算潜在水土流失量与实际水土流失量,以其差值衡量景观土壤保持功能^[23]。其公式为:

$$A = R \times K \times LS - R \times K \times LS \times C \times P$$

式中: A 为景观土壤保持功能强度; R 为降雨侵蚀力因子,其取值参考马志尊研究结果^[24]; K 为土壤可蚀性因子,其取值参考门明新等研究结果^[25]; LS 为坡度坡长因子,通过该区域的数字高程图求得; C 和 P 分别为植被覆盖和水土保持措施因子,其取值参考李晓松等研究结果^[26]。

(4)生境维持:本研究使用美国斯坦福大学、世界自然基金会和大自然保护协会联合开发的生态系统服务功能评估工具 InVEST 模型^[27] (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs Model)中生境评价子模块测算生境维持功能强度。参照 InVEST 模型用户使用手册,选择城市、公路、铁路和农地为生境质量的威胁因子^[28]。各参数设置见表 1。

表 1 生境质量威胁因子参数
Tab. 1 Parameters of the threat factors

威胁因子	最大影响距离(km)	权重	衰减方式	敏感性		
				林地	草地	农地
城市	10	1	线性	1	1	0.6
农地	5	0.6	线性	0.8	0.8	0
公路	10	0.7	指数	0.8	0.8	0.4
铁路	5	0.2	指数	0.8	0.8	0.4

注:表1中,权重代表该威胁因子相对于其他因子对生境的影响能力,1为最大,0为最小;敏感性代表该威胁因子对某种特定生境类型的影响能力,1为最大,0为最小^[28]。

(5) 居住:本研究使用中国科学院地理科学与资源研究所资源环境数据中心发布的人口空间化数据^[29-30],以此表征该区域居住功能强度。

3.2 自组织特征映射网络模型

自组织特征映射模型(Self-Organizing Feature Map, SOFM)是一种非监督型的人工神经网络。SOFM学习规则是一种与大脑皮层竞争(抑制)相似的算法。竞争学习中每一时刻只有一个输出单元激活,或每组输出单元中只有一个激活,输出单元为了激活而竞争,聚类中心映射到一个曲面或平面上,并且保持拓扑结构不变(图2),因此,其能根据学习规则对输入的模式自动进行分类,降低了指标和权重中的主观性,提高分类的客观性和准确性^[31],在地理学和生态学领域得到广泛应用^[32-33]。

SOFM网络学习过程:(1)权值初始化,用小的随机数对各权向量赋予初值,各节点权值应取为不一样的。(2)在样本集中随机选择一个样本 x 作为输入。(3)在时刻 t ,选择最佳匹配单元 i (竞争过程)。这里是选定输入向量 x 与所有权向量之间的最不相似者作为获胜单元,用欧氏距离表示,其中,下标 c 表示获胜单元,则有:

$$\|x - w_c\| = \min \|x_i - w_i\|$$

本研究使用 Matlab 2009b 作为 SOFM 网络聚类计算工具。使用 ArcGIS 9.3 在研究区内随机选取 50 000 个样点进行分析(约占本区域栅格总数的 10%),剔除边缘空白样点后得到 49937 个样点。将每个样点的 5 类景观功能强度标准值作为图层输入网络,训练次数为 1000 次。为保持类别间具有较大差异性,经反复测试,确定类别数量为 4 类。

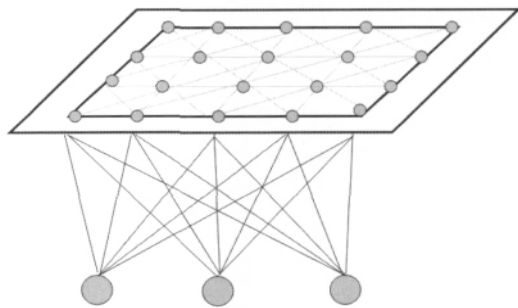


图2 SOFM网络拓扑结构图

Fig. 2 Topological structure of SOFM

3.3 景观功能计算结果与分析

3.3.1 景观功能计算结果

5种景观功能的计算结果(图3)表明,景观功能具有空间异质性:不同栅格因其本底条件不同而提供的景观功能强度存在差异,同时,不同类型的景观功能在本区域的空间分布有所不同。其中,除碳汇功能外,其他4种功能均以平原-山地交错带为界线,表现出较为明显的空间分异。物质生产和居住功能多集中于平原地区,土壤保持和生境维持功能多集中于山地。

3.3.2 聚类结果

通过 SOFM 聚类将 49 937 个样本点分为 4 类,并按照欧氏距离将其他栅格赋予最近邻样本点的类别(图4)。

由图4可知,I类区域主要分布在北京市东部、唐山市中部和南部、廊坊市北三县(京津之间)及保定东部地区;II类区域主要分布在北京城区、天津城区和滨海地区、廊坊北部和南部地区,在I类为主的区域中也广泛散布;III类区域集中分布在研究区西北部山地中,在天津北部和廊坊地区也有分布;IV类区域面积较小,多分布于前3类栅格的交界处,在廊坊和天津市部分地区有较为集中的分布。

3.3.3 类型特征分析

表2列明了4类区域各种景观功能强度次序。其中,I类区域物质生产和居住功能较强;II类区域主要提供居住和碳汇功能,但在土壤保持、生境维持和物质生产功能上表现较差;III类区域面积最大,土壤保持和生境维持功能在各类型中居前,但在物质生产和居住功能中名次较低;IV类区域面积最小,除碳汇功能较弱外,其他功能均位于中游。

表2 各类型区域景观功能秩次

Tab 2 Ranks of landscape functions

类别	物质生产	碳汇	土壤保持	生境维持	居住	占比(%)
I类	1	3	3	3	2	17.91
II类	4	1	4	4	1	12.89
III类	3	2	1	1	4	61.23
IV类	2	4	2	2	3	7.98

(a)物质生产(Material production)(b)碳汇(Carbon storage)(c)土壤保持(Soil conservation)(d)生境维持(Habitat conservation)(e)居住(Population support)表3列出了各类型区域的主要景观构成。其中,I类区域以农地景观为主,包括少量

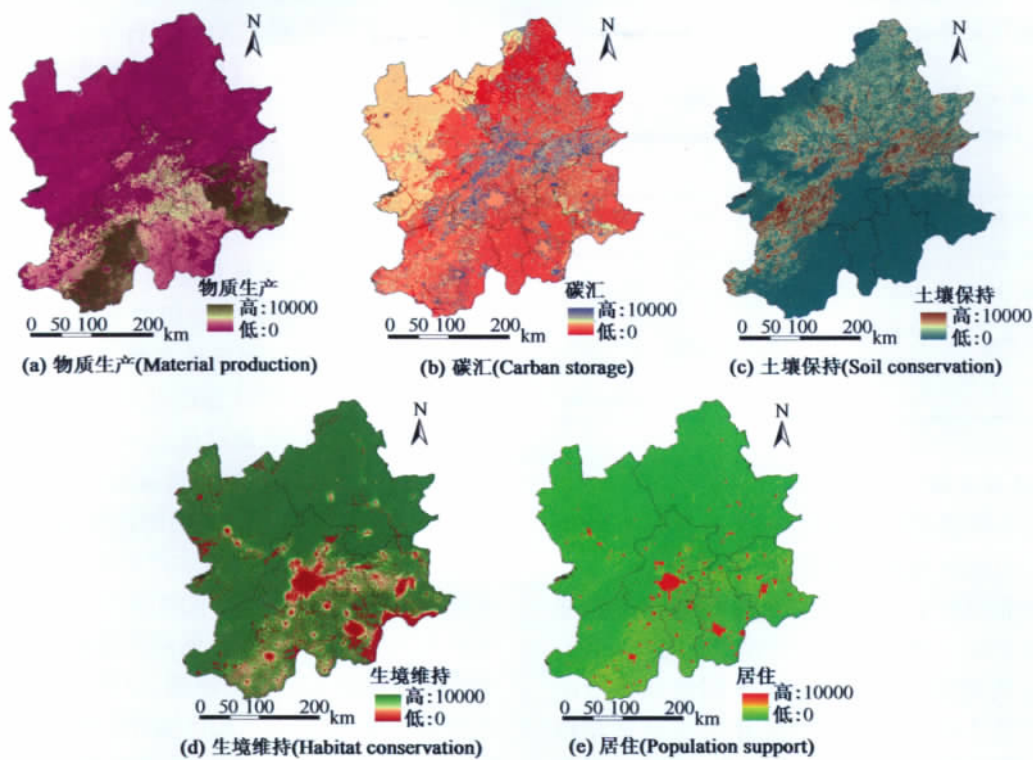


图 3 景观功能计算结果

Fig. 3 Results of landscape functions calculation

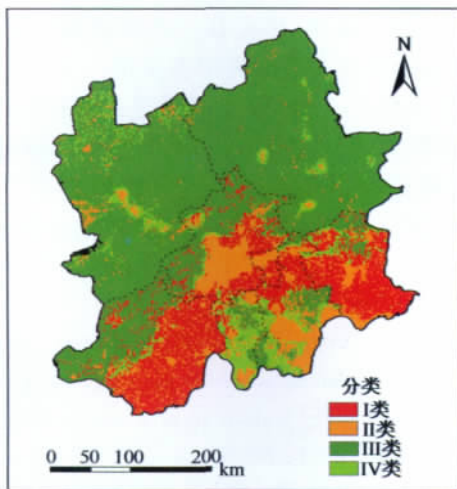


图 4 SOFM 聚类结果

Fig. 4 Classification result of SOFM clustering

的林地、草地和城市景观; II 类区域包括较多数量的农地和城市景观; III 类区域中林地景观占 50% 左右, 余下以草地和农地景观为主; IV 类区域包括大量的农地景观, 林地和草地景观也有相当数量的分布。

表 3 各类型区域景观构成

Tah 3 Proportion of each landscape type in each functional region

类型(%)	I 类	II 类	III 类	IV 类
林地	5.18	7.02	50.77	17.05
草地	5.72	5.30	20.77	17.96
农地	78.74	43.26	26.76	57.37
城市	8.82	28.14	0.69	5.14
其他	1.53	16.29	1.00	2.48
总计	100.00	100.00	100.00	100.00

根据以上特征, 我们可以对 4 种类型区域的特征进行如下概括(表 4): I 类区域以农地景观为主, 具有较强的物质生产和居住功能, 分布在东南部平原地区, 表现为农业功能区; II 类区域以农地和城市景观为主, 提供了较强的居住功能, 土壤保持、生境维持和物质生产功能较弱, 分布于大城市和较发达地区, 表现为城市功能区; III 类区域中林草地景观比重较大, 提供了较为优质的土壤保持和生境维持功能, 广泛分布在西北部山地区域, 表现为生态功能区; IV 类区域各类景观类型基本平衡, 除碳汇

功能较弱外,其他景观功能均有一定供给,分布在前3类区域的交界处,表现为过渡功能区。

表4 各类型优势景观及主要功能

Tab 4 Dominant landscape types and functions in each functional region

类型	优势景观	主要功能	主要分布	特征概括
I类	农地	物质生产	东南部平原	农业功能
II类	农地、城市	居住、碳汇	大城市区	城市功能
III类	林草地	土壤保持、 生境维持	西北部山地	生态功能
IV类	无	无	其他类别交界	过渡功能

3.4 分类结果验证

为验证分类结果的合理性,我们计算了每种功能在不同的功能区域和景观类型下的强度(表5)。为使各种功能间可比,本文将各类景观功能由弱至强分为等面积的7级,并以1—7的整数赋值,1为功能最弱,7为最强。表4列出了不同景观类型在各个功能区的景观功能强度均值,由于林地景观和草地景观在各功能区域分布比例基本一致,将其合并讨论。由表4可知,在生态功能为主导的区域,林草地和农地两类景观类型的土壤保持和生境维

表5 各功能区域景观功能强度秩次

Tab 5 Intensity ranks of landscape functions in each functional region

景观功能	景观类型	总体	农业功能区域	城市功能区域	生态功能区域	过渡功能区域
土壤保持	林草地	4.71	3.93	3.32	4.86	3.70
	农地	2.52	2.14	2.13	3.07	2.26
	城市	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
居住	林草地	2.09	3.20	3.47	1.94	2.83
	农地	5.11	5.90	6.68	4.22	5.16
	城市	6.10	6.71	6.84	5.89	6.34
物质生产	林草地	1.44	2.53	1.75	1.37	1.68
	农地	3.80	5.73	4.15	2.24	2.99
	城市	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
生境维持	林草地	6.05	4.49	2.77	6.43	2.91
	农地	4.61	3.28	2.84	6.51	4.06
	城市	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
碳汇	林草地	4.35	3.97	4.09	4.39	4.26
	农地	3.34	3.04	3.14	3.84	2.69
	城市	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00

持功能高于均值,而居住和物质生产功能低于均值;城市功能主导区域各类景观居住功能均高于

其他功能区域;农业功能区域的物质生产功能也强于其他功能区域;碳汇功能在各个区域均没有表现出非常明显的差异。以上结果基本可以验证分类的合理性。

4 结论

(1)本文以北京及其周边地区为研究区,结合多种景观功能衡量方法对研究区物质生产、碳汇、土壤保持、生境维持和居住5种景观功能强度进行量化计算,使用SOFM方法对计算结果进行聚类分析。其结果表明:景观功能具有空间差异性,不同类型区域所提供的景观功能强度存在差异,其能强度可分为4类,其中,农业功能区域(I类)以农地景观为主,具有较强的物质生产功能,分布在研究区东南部平原地区,城市功能区域(II类)以农地和城市景观为主,提供了较强的居住功能,土壤保持、生境维持和物质生产功能较弱,分布于研究区大城市和较发达地区;生态功能区域(III类)中林草地为优势景观,主要景观功能为土壤保持和生境维持功能,广泛分布在研究区东北部山地区域;过渡功能区域(IV类)各类景观类型基本平衡,多分布在前三类功能区域的交界处。

(2)上述研究中,仍存在一些问题:在各类景观功能计算中多采用已有研究成果和估计值,对第一手数据把握不足;在分类中由于计算条件所限,只能选择约50000个采样点进行分,并按照最近邻样本点类别对其他栅格进行赋值,会造成错分风险,对类型边界难以精确界定。

参考文献:

- [1] Willemen L, Veldkamp A, Verburg P H, et al. A multi-scale modelling approach for analysing landscape service dynamics [J]. Journal of Environmental Management, 2012, 100: 86-95.
- [2] 彭建,王仰麟,景娟,等. 城市景观功能的区划协调规划——以深圳市为例[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1714-1719.
- [3] Termorshuizen J W, Opdam P. Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development [J]. Landscape Ecology, 2009, 24: 1037-1052.
- [4] 谢花林. 乡村景观功能评价[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1988-1993.

- [5] 傅伯杰,吕一河,陈利顶,等. 国际景观生态学研究新进展[J]. 生态学报,2008,28(2): 798-804.
- [6] 周华荣. 干旱区湿地多功能景观研究的意义与前景分析[J]. 干旱区地理,2005,28(1): 16-20.
- [7] Helming K, Perez-Soba M, Tabbush P, eds. Sustainability Impact Assessment of land use changes [D]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- [8] 角媛梅. 哀牢山区梯田景观多功能的综合评价[J]. 云南地理环境研究,2008,20(6): 7-10.
- [9] Daily G C, Matson P A. Ecosystem services: From theory to implementation [J]. PNAS, 2008, 105: 9455-9456.
- [10] Tallis H, Kareiva P, Marvier M, *et al.* An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development [J]. PNAS, 2008, 105: 9457-9464.
- [11] Bennett E M, Balvanera P. The future of production systems in a globalized world [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2007, 5: 191-198.
- [12] Rodriguez J P, Beard T D, Bennett E M, *et al.* Tradeoffs across space, time, and ecosystem services [J]. Ecology and Society, 2006, 11(1): 28-42.
- [13] Bennett E M, Peterson G D, Gordon, L J. Understanding relationships among multiple ecosystem services [J]. Ecology Letters, 2009, 12: 1394-1404.
- [14] Bai Y, Zhuang C, Ouyang, Z, *et al.* Spatial characteristics between biodiversity and ecosystem services in a human-dominated watershed [J]. Ecological Complexity, 2011, 8: 177-183.
- [15] Naveh Z. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes [J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 57: 269-284.
- [16] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units [J]. Ecological Economics, 2007, 63: 616-626.
- [17] 甄霖,魏云洁,谢高地,等. 中国土地利用多功能性动态的区域分析[J]. 生态学报,2010,30(24): 6749-6761.
- [18] 刘彦随,刘玉,陈玉福. 中国地域多功能性评价及其决策机制[J]. 地理学报,2011,66(10): 1379-1389.
- [19] 郑元润,周广胜. 基于 NDVI 的中国天然森林植被净第一性生产力模型[J]. 植物生态学报,2000,24(1): 9-12.
- [20] 黄玫,季劲钧,曹明奎,等. 中国区域植被地上与地下生物量模拟[J]. 生态学报,2006,26(12): 4156-4163.
- [21] 姜群鸥,邓祥征,战金艳,等. 黄淮海平原耕地转移对植被碳储量的影响[J]. 地理研究,2008,27(4): 839-846.
- [22] 奚小环,杨忠芳,廖启林,等. 中国典型地区土壤碳储量研究[J]. 第四纪研究,2010,30(3): 573-583.
- [23] Ouyang Z, Jin Y, Zhao T, *et al.* Ecosystem regulating services and their valuation of Hainan island, China [J]. Journal of Resources and Ecology, 2011, 2(2): 132-140.
- [24] 马志尊. 应用卫星影像估算通用土壤流失方程各因子值方法的探讨[J]. 中国水土保持,1989,3: 24-27.
- [25] 门明新,赵同科,彭正萍,等. 基于土壤粒径分布模型的河北省土壤可蚀性研究[J]. 中国农业科学,2004,37(11): 1647-1653.
- [26] 李晓松,姬翠翠,曾源,等. 基于遥感和 GIS 的水土流失动态监测——以河北省赤城县为例[J]. 生态学杂志,2009,28(9): 1723-1729.
- [27] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, *et al.* Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales [J]. Frontiers in Ecology and Environment, 2009, 7(1): 4-11.
- [28] Tallis H T, Ricketts T, Guerry A D, *et al.* InVEST 2.1 beta User's Guide [D]. The Natural Capital Project, Stanford. 2011.
- [29] 杨小唤,江东,王乃斌,等. 人口数据空间化的处理方法[J]. 地理学报,2002,57(增刊): 70-75.
- [30] 杨小唤,王乃斌,江东,等. 基于空间分析方法的人口空间分布区划[J]. 地理学报,2002,57(增刊): 76-81.
- [31] 王韶伟,许新宜,陈海英. 基于 SOFM 网络的生态水文区划[J]. 生态学杂志,2010,29(11): 2302-2308.
- [32] 叶敏婷,王仰麟,彭建,等. 基于 SOFM 网络的云南省土地利用程度类型划分研究[J]. 地理科学进展,2007,26(2): 97-105.
- [33] 陈凯,刘增文,李俊,等. 基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究[J]. 生态学报,2011,31(23): 7022-7030.

Classification of Landscape Functions Using SOFM Neural Network: A Case Study from Beijing and Its Peripheral Area

FENG Zhe¹, WU Jiansheng², GAO Yang¹, PENG Jian¹, ZONG Minli² and WANG Zheng²

(1. *College of Urban and Environmental Sciences, Peking University; Key Laboratory for Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Beijing 100871, China;*

2. *The Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, School of Urban Planning & Design, Peking University, Shenzhen 518055, China)*

Abstract: Landscape multifunction is a hotspot in the fields of landscape ecology. In order to explore a method which can reflect both integrity and independence of landscape multifunction, this research focuses on the clustering of landscape functions, taking Beijing and its peripheral area, China, as the study area. Five landscape function intensities, material production, carbon storage, soil retention, habitat conservation, and population support, are calculated using a variety of ecological models and indices in a grid map. Then, based on the results of landscape multi-function calculation, the study area are clustered through self-organizing feature map model. The quantitative results show that different regions turned out to have different and relative unique effects on the regional priority functions. Beijing and its peripheral area can be divided into four landscape function regions: agricultural region, whose dominant function is material production; urban region, whose dominant functions are population support and carbon storage; ecological region, whose dominant functions are soil retention and habitat conservation; and transition region, which does not have dominant functions, but reflects the interaction between human and nature. The validation of the results also shows that the presented SOFM neural network model is an effective and appropriate method for cluster analysis. Clustering results based on the SOFM model exhibit significant regional heterogeneity, with notable regional differences in the four clustering types within the research area. This spatial comprehensive dataset, combined with the independence from mechanistic ecological assumptions of the SOFM network approach provides a unique opportunity to validate and assess modeling efforts. The dominant landscape functions influencing regional development differ from one area to another. Furthermore, characteristics of the landscape indices and functions vary with region. Despite its limitations and uncertainty, the application of the presented method on clustering landscapes function using the SOFM model organization in connection with high performance computers is encouraged as a very interesting and important goal for future studies. The approaches to achieve sustainable regional development were illustrated and their importance highlighted for policy makers and stakeholders.

Key words: landscape multifunction; SOFM neural network; cluster analysis; Beijing and its peripheral area