

基于景观指数的景观格局分析方法的局限性： 以台湾宜兰利泽简湿地为例*

林孟龙¹ 曹宇^{2*} 王鑫³

(¹ 真理大学观光事业学系, 台北 25103; ² 浙江大学土地管理系, 杭州 310029; ³ 台湾大学地理环境资源学系, 台北 10617)

摘要 对利用景观指数分析方法与航片解译获取的台湾宜兰利泽简湿地景观格局进行了对比分析。结果表明, 景观指数仅能从几何特性解释景观在斑块与景观尺度上的空间特征, 而无法解释从航片所观察到的景观结构与功能特性。通过对景观指数和研究区航片进行综合分析, 可更加详细地揭示研究区的整体景观结构及其对应的景观功能, 使针对景观格局的分析更加完整。基于整体性观点的评估景观结构的新方法, 必将在未来的景观生态学发展中扮演重要角色。

关键词 景观指数 景观格局分析 生态过程 整体观 利泽简湿地

文章编号 1001-9332(2008)01-0139-05 中图分类号 Q149 文献标识码 A

Limitations of landscape pattern analysis based on landscape indices: A case study of Lizejian wetland in Yilan of Taiwan Province, China. LIN Meng-lung¹, CAO Yu², WANG Shin³ (¹ Department of Tourism, Aletheia University, Taipei 25103, China; ² Department of Land Resource Management, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; ³ Department of Geography, Taiwan University, Taipei 10617, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2008, 19(1): 139-143.

Abstract: In this paper, the Lizejian wetland landscape patterns in northeastern Taiwan of China were established by landscape indices and aerial photo interpretation, and a parallel analysis was made on them. The results showed that landscape indices could only indicate the landscape geometric characteristics of the wetland at patch and landscape levels, but could not present its spatial and functional characteristics observed from aerial photos. Combining aerial photo interpretation with landscape indices could be helpful to the holistic understanding of Lizejian wetland's landscape structure and function, and improve the landscape pattern analysis. The new method for assessing landscape structure from a holistic point of view would play an important role in future landscape ecology research.

Key words: landscape index; landscape pattern analysis; ecological process; holism; Lizejian wetland.

作为一门新兴的综合性交叉学科, 景观生态学已成为现代生态学中内容最丰富、发展最迅速、影响最广泛的学科之一^[1-4]。景观是一个地理、功能与历史等交互相关的生态系统综合体^[5]。从整体观点研究景观的结构(空间格局)、功能(生态学过程)、变化(空间动态)及其与人类活动之间的相互作用, 是景观生态学的主要研究内容^[6-9]。强调景观格局的形成、动态及其与生态学过程之间的相互关系, 是其核心理论之一^[10-12]。景观指数是景观格局分析常用

的指标, 是景观生态学研究方法的一大创新^[12-15]。通过景观指数描述景观格局, 不但可以使空间数据获得一定的统计性质, 而且还可针对不同空间尺度上的景观格局特征进行比较与分析, 定量描述和监测景观空间结构随时间的变化^[16-19]。近年来, 随着RS、GIS和计算机技术的发展, 用以分析与模拟景观格局的景观指数越来越多, 应用软件也日趋成熟和完善, 如FRAGSTATS、APACK、Patch Analyst等^[20-21]。然而, 越来越繁杂的、基于单纯数理统计或拓扑计算公式所生成的各类景观指数经演算后的数据不能完全揭示真实景观的结构组成及其空间形态和功能特征, 这正是景观生态学家所关注的重要问

* 国家自然科学基金项目(30700098)、台湾科技项目(95-2415-H-156-007)和浙江省自然科学基金资助项目(Y507207)。

* * 通讯作者。E-mail: caoyu@zju.edu.cn

2007-01-12 收稿, 2007-11-19 接受。

题,但揭示景观指数分析方法局限性的研究成果尚不多见.本文基于景观指数定量化分析了台湾宜兰利泽简湿地的景观格局特征,并与实际地表景观进行比较,分析了景观指数分析方法存在的问题,以期为促进和完善景观格局分析方法做出有益的探讨.

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

利泽简地区(24°37'5"—24°41'50"N,121°48'24"—121°51'12"E)位于我国台湾省宜兰县东侧,紧邻太平洋,属兰阳冲积平原的一部分.研究区总面积约28.5 km².冬山河自西南向东北穿过研究区,最南端有新城溪自西向东穿过.本区的自然地理与生态过程主要受海岸作用、河流作用和风力的影响.由于研究区位于兰阳冲积平原近海处,地势低平、遇雨

易积水,在台风影响下常发生海水倒灌,造成大规模的淹水.受地形影响,冬山河两岸以水稻种植与养殖业为主.近年来,随着养殖业的发展,大多湿地逐渐被养殖池所替代,目前仅存有冬山河下游的五十二甲湿地.利泽简地区的景观类型主要包括水稻田、养殖鱼池、河流、建筑物和沙丘等(图1).

1.2 研究方法

基于利泽简湿地1994年的土地利用调查数据及其航空相片,将其景观类型划分为建筑物、旱田、防风林、草地、池塘、水稻、道路、河流和湿地九大生态系统.选取多样性、优势度、均匀度、破碎度、分维数等常用的景观指数对研究区景观格局进行定量分析(表1),在此基础上比较景观格局分析结果与航空相片之间的差异,并探讨了景观指数方法存在的问题及其局限性.

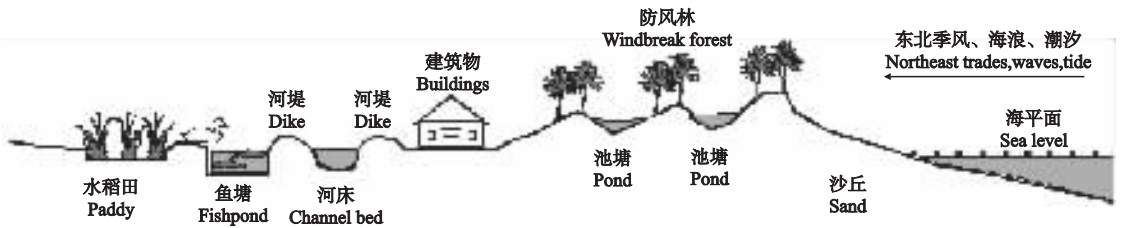


图1 利泽简地区景观剖面示意图

Fig. 1 Sketch map of landscape profile in Lizejian Area.

表1 景观指数

Tab. 1 Landscape indices of the study area

景观指数 Landscape index	表达式 Formula	参数描述 Indices description
多样性 <i>H</i> Diversity	$H = - \sum_{k=1}^m (P_k) \log_2(P_k)$	<i>P_k</i> 是 <i>k</i> 种斑块占总面积的比率, <i>m</i> 是斑块总数
优势度 <i>D</i> Dominance	$D = H_{\max} + \sum_{k=1}^m (P_k) \log_2(P_k)$ 其中 $H_{\max} = \log_2(m)$	<i>H_{max}</i> 是在给定丰富度 <i>T</i> 条件下,景观的最大可能多样性
均匀度 <i>E</i> Evenness	$E = \left(\frac{H}{H_{\max}} \right) \times 100\%$ 其中 $H = - \log \left[\sum_{k=1}^m (p_k)^2 \right]$	<i>H</i> 是修正后的 Simpson 指标
斑块数破碎度 <i>FN</i> Patch number fragmentation	$FN_1 = (N_p - 1)/N_c$ 或 $FN_2 = MPS(N_f - 1)/N_c$	<i>N_c</i> 是景观数据矩阵的栅格总数, <i>N_p</i> 是斑块总数; <i>MPS</i> 是平均斑块面积, <i>N_f</i> 是某一特定景观类型的斑块总数. <i>FN₁</i> 和 <i>FN₂</i> 分别代表景观整体及各类型景观斑块的破碎化指数.
分维数 <i>FD</i> Fractal dimension	$\log \left(\frac{1}{4} \right) = k \cdot \log(s) + C$ $FD = 2k$	<i>k</i> 为直线斜率, <i>C</i> 为截距, <i>l</i> 为斑块周长, <i>s</i> 为相应斑块面积
斑块形状破碎度 <i>FS₁</i> Patch shape fragmentation	$FS_1 = 1 - \frac{1}{\sum_{k=1}^m \left[\frac{P_k}{\sqrt{2\pi \times A_k}} \left[\frac{A_k}{A} \right] \right]}$ 其中, $A = \sum_{k=1}^m A_k$	<i>A_k</i> 为特定斑块类型的单个斑块面积, <i>A</i> 为此斑块类型所有斑块的总面积
斑块形状破碎度(面积加权) <i>FS₂</i> Patch shape fragmentation (area weighting)	$FS_2 = 1 - (1/ASI)$ 其中 $ASI = \sum_{k=1}^m A_k SI_k / A$, $SI_k = P_k / 4 \sqrt{A_k}$	<i>ASI</i> 是面积加权的景观平均形状指数, <i>SI_k</i> 是斑块 <i>k</i> 的形状指数, <i>P_k</i> 是斑块 <i>k</i> 的周长

2 结果与分析

2.1 研究区景观生态类型组成特征

从图2可以看出,研究区以建筑物和水稻田为主,二者面积均超过20%;防风林与池塘的面积均超过10%,为次要的生态系统类型.从斑块数量来看,建筑物、旱田与水稻田三者的比例均超过10%,其中,建筑物斑块的比例高达35%.建筑物具有斑块面积小、数量多、较为破碎化的特征.

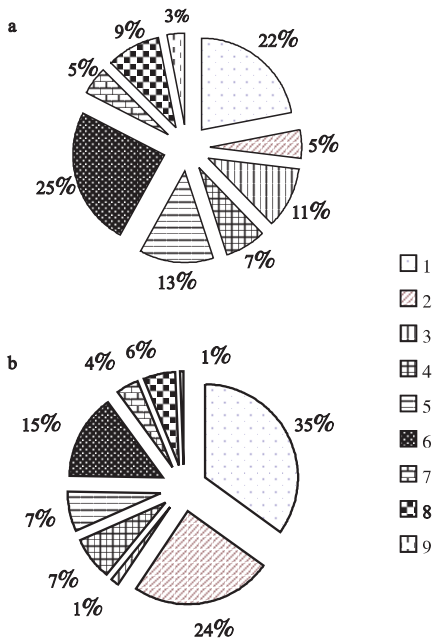


图2 利泽简地区各类生态系统斑块面积(a)与斑块数量(b)比例

Fig. 2 Proportion of patch area (a) and patch number (b) for different ecosystems in Lizejian Area.

1) 建筑物 Buildings; 2) 旱田 Glebe; 3) 防风林 Windbreak forest; 4) 草地 Grassland; 5) 池塘 Pond; 6) 水稻田 Paddy; 7) 道路 Road; 8) 河流 River; 9) 湿地 Wetland. 下同 The same below.

2.2 基于景观指数的研究区景观格局

从图3可以看出,研究区不同生态系统类型的最小斑块面积以草地最小,池塘最大,最大斑块面积以旱田最小,防风林最大;平均斑块面积以旱田最小,防风林最大.防风林生态系统类型的斑块面积较大,旱田较小,湿地的斑块大小差异较其它类型小.斑块边界总长度以湿地最小,道路最大.水稻与建筑物(两者合计约占总面积的46%)的边界总长度之和仅与道路(面积仅占总面积的5%)的边界总长度相当,表明道路斑块面积虽不大,但平均边界长度却很长,属狭长型的斑块类型.

研究区的 H 、 H_{\max} 、 E 和 D 分别为 2.89、3.17、0.91 和 0.28. 从表2可以看出,研究区建筑物的斑

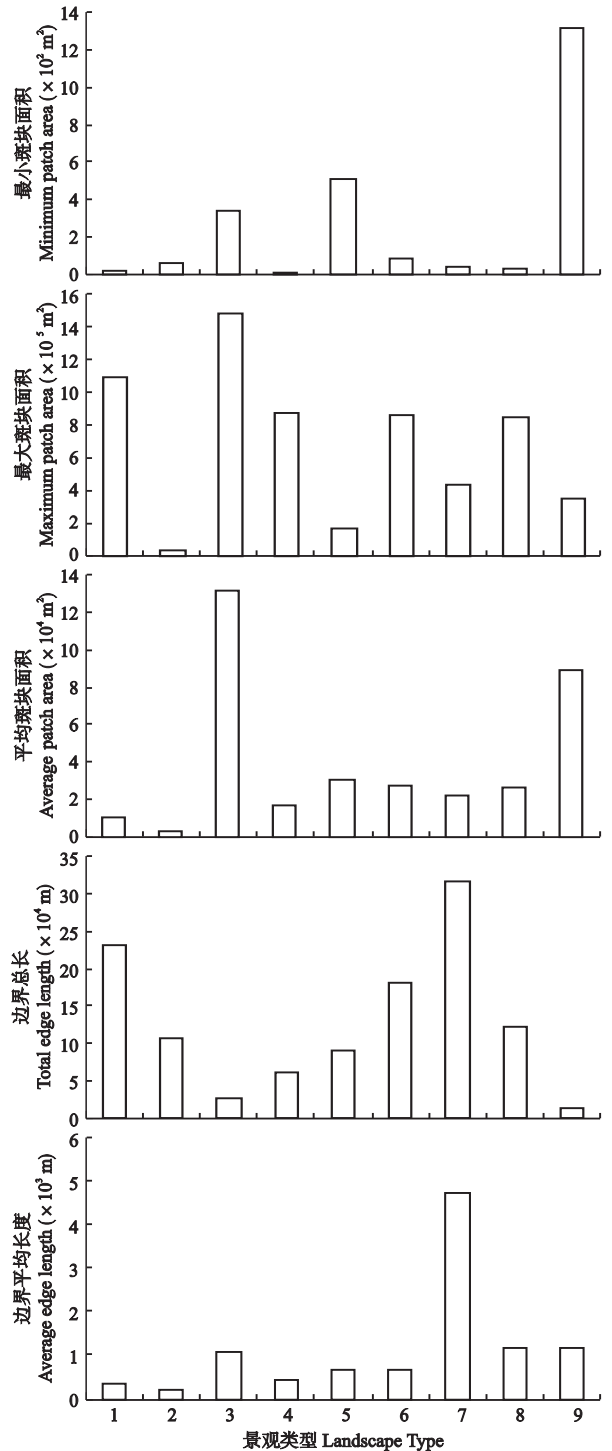


图3 利泽简地区各类生态系统斑块面积及边界长度

Fig. 3 Patch area and boundary length for different ecosystems in Lizejian Area.

块密度最高,旱田次之,两者是本区最为破碎的两类生态系统类型.斑块面积比值以水稻最高,建筑物次之.旱田的斑块密度虽居倒数第三,但却具有较大的斑块密度,因此,研究区旱田的破碎化程度最高.

道路的分维数较高,说明其整体的自相似程度低,形状较不规则.其它生态系统类型的分维数均小

表2 利泽简地区的景观破碎度指数

Tab.2 Indices of landscape fragmentation in Lizejian area

景观类型 Landscape type	斑块密度 Patch density (ind · km ⁻²)	面积比 Area ratio (hm ² · km ⁻²)	FD	FN ₂	FS ₁	FS ₂
建筑物 Buildings	21.44	218.6	1.12	0.85	0.30	0.42
旱田 Glebe	14.81	51.23	1.10	0.59	0.29	0.36
防风林 Windbreak forest	0.84	107.37	1.11	0.03	0.30	0.37
草地 Grassland	4.53	73.33	1.06	0.18	0.35	0.52
池塘 Pond	4.39	131.23	1.00	0.17	0.28	0.28
水稻田 Paddy	8.95	244.21	1.06	0.35	0.31	0.45
道路 Road	2.28	50.18	1.72	0.09	0.83	0.97
河流 River	3.44	94.04	1.14	0.14	0.74	0.74
湿地 Wetlands	0.35	29.82	1.05	0.01	0.31	0.36

于道路的,且颇为相近. 斑块数破碎度指标中,数值较大的为建筑物、旱田与水稻,道路、湿地与防风林均较小. 原因在于道路属于廊道景观,其连接性较高、斑块数量较少. 河流虽同属于廊道类型,其破碎化程度却比道路高,原因在于河流包含了許多灌溉渠道,被道路切割后致使其斑块数量增加所致. 研究区的防风林为人工种植,由于种植处的沙丘间具有池塘分割,使得破碎化程度较高. 本区斑块形状破碎化指标较高者为道路与河流. 由于人工生态系统(建筑物、旱田、防风林、池塘、水稻田)较为规则,所以具有较低的斑块形状破碎化指数值. 其中,池塘的斑块形状破碎化指标最低,原因在于其多属于养殖鱼池,形状较为方正、规则. 湿地虽属自然生态系统,其斑块形状破碎化指数值却与人工生态系统相近,原因在于本区湿地受到人为保护,其形状较为方正.

2.3 基于景观指数与航片的研究区景观格局

景观生态学强调真实地表上的地物均会呈现一定的镶嵌状态^[7-8, 22-23],并由此发展出以斑块、廊道、边界与基质等空间术语来描述真实地表. 新名词的出现虽然对于真实地表有了新的认识与诠释,但真实地表与景观格局定量化指标之间仍存有鸿沟. 景观格局定量化指标虽可量化地物的空间几何特性,但量化后的结果是否有助于更加真实地了解真实世界呢? 作为地理学与生态学的综合交叉学科,景观生态学的主要研究目的是探讨区域内不同空间单元的生物与环境之间的相互关系,而这些关系不仅反映在同一空间单元内部生态功能的垂直关系,也反映了不同空间单元间的水平关系^[8]. 若仅以景观指数的分析成果来体现该地区的景观格局特性,是否可以实现这样的目的呢?

若暂不考虑景观指数的分析结果,单以研究区的航片来观察,可发现自海岸至内陆具有较为明显的条块状空间布局,在航片上可用线条将此线状排

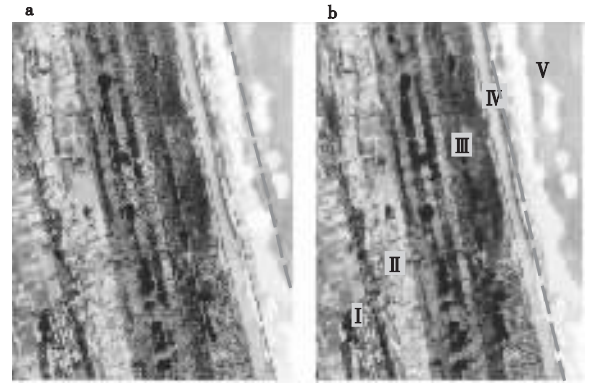


图4 利泽简地区景观平行排列布局(a)及其土地覆盖类型(b)
Fig.4 Parallel characteristics of landscape (a) and the land cover types (b) in Lizejian area.

I: 农田 Farmland; II: 建筑物 Buildings; III: 防风林 Windbreak forest; IV: 沙滩 Sand dune; V: 海水 Sea.

列特征予以突显(图4a). 但如此清晰的排列样式却没有在景观指数分析的结果中得到展现,无法以现有的景观指数进行定量表达. 若进一步将此线状特征覆盖的土地利用类型进行标示,则从海岸至内陆可分别明显地标识出海水、沙滩、防风林、建筑物与农田等地物覆盖类型(图4b).

通过分析研究区地表覆盖与环境特性可知,本区由水稻田、池塘、河道、建地与沙滩组成(图5),这些不同的空间单元或生态系统在利泽简地区的空间布局与当地来自河流和海岸的地形作用营力(河流作用、风成作用、波浪、潮汐与沿岸流等海水作用)密切相关. 如近海岸地带易受台风、东北季风影响,当台风或暴雨来袭时,因地势低洼容易积水,是其湿地生态系统类型形成的主要原因. 因此,利泽简地区的景观格局深受当地环境特性影响,其呈现的线状排列特征与受地形作用营力影响的空间布局,皆无法由景观指数分析结果获得,需由航片与景观生态类型空间分布格局的人工判释来补充其不足,所得成果才会更加接近真实的景观格局特性.

分析研究区1994年的土地利用调查数据,可得到利泽简地区各景观生态系统类型的空间分布格局: 建筑物集中分布于沙丘与泛滥平原之间的临近新城溪的平地区域,因地势相对较高(约5 m以上),在地势低平、常年洪水泛滥成灾的利泽简地区,该区属于重要的人类聚居地,可有效地防避洪灾的危害;相对于建筑物聚集的空间分布格局,旱田在空间分布上显得零散,其斑块面积小于其它类型,多集中分布于临近缓高地与沙丘之间的地带;防风林主要分布在海岸沙丘周围,是为抵御东北季风而营造的人工海岸防护林带;草地主要沿海岸沙丘周围

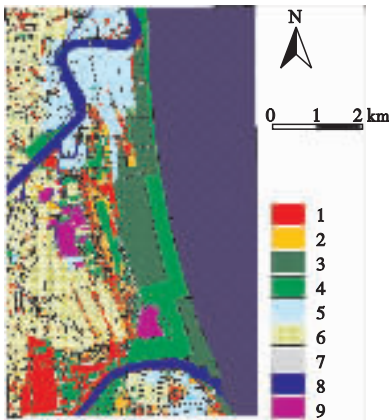


图5 利泽简地区各景观生态类型的空间分布格局

Fig. 5 Landscape spatial pattern of different ecosystems in Lizhejian Area.

分布,且大多临海,属海滨沙滩植物类型;池塘主要聚集在冬山河以及新城溪下游出海口处;水稻主要分布在泛滥平原地带;道路主要成网状分布,从其空间分布格局可清晰地发现,道路将其它生态系统切割成一个个破碎的小斑块;河流与道路同属于廊道类型,主要位于研究区西侧与北侧,另有新城溪流经南端,湿地的占有面积最小,主要集中在研究区中段,是兰阳平原上一块重要的湿地。

3 结 语

景观指数分析对于表达景观空间单元(即景观斑块、嵌块体或者生态系统)的几何特性是适宜的,但需辅以其他分析方法(如航片判读、空间分布格局图),以了解区域(景观)的整体特性以及存在于景观内部生物与环境之间关系的全貌。在定量分析地表景观空间单元时,各项景观指数对于协助描述地表覆盖特性是方便、快速的工具,但采用时需了解景观指数本身所具有的局限性。该局限性主要在于只能取得景观单元的空间几何特性,不易表达景观结构具有的整体性与景观空间单元间的功能关系,即无法描述存在于生物与环境之间的相互关系。因此,在采用景观指数进行景观分析时,必须对分析结果持谨慎的态度。

全球的景观几乎都受到了人类干扰,很难找到未受到人类活动影响的自然生态系统。只有通过揭示自然环境与生物之间的相互作用规律,才能深刻揭示景观结构及其整体性特征,为自然资源的永续利用以及人类社会持续发展做出贡献。

参考文献

[1] Fu BJ, Lu YH. The progress and perspectives of landscape ecology in China. *Progress in Physical Geography*, 2006, **30**(2): 232-244
 [2] Turner MG. Landscape ecology: What is the state of the science? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2005, **36**: 319-344

[3] Wiens JA, Moss MR, Turner MG, et al. *Foundation Papers in Landscape Ecology*. New York: Columbia University Press, 2006
 [4] Wu J. Landscape ecology, cross-disciplinary, and sustainability science. *Landscape Ecology*, 2006, **21**(1): 1-4
 [5] Doig H. The landscape as an ecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1997, **63**: 221-225
 [6] Bastian O. Landscape ecology: Towards a unified discipline? *Landscape Ecology*, 2001, **16**: 757-766
 [7] Forman RTT, Godron M. Patches and structural components for a landscape ecology. *Bioscience*, 1981, **31**: 733-740
 [8] Forman RTT, Godron M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986
 [9] Naveh Z, Lieberman AS. *Landscape Ecology: Theory and Application*. New York: Springer-Verlag, 1994
 [10] Gardner RH, Mime BT, Turner MG, et al. Neutral models for the analysis of broad-scale landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1987, **1**(1): 19-28
 [11] Li X-Z (李秀珍), Bu R-C (布仁仓), Chang Y (常禹), et al. The response of landscape metrics against pattern scenarios. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2004, **24**(1): 123-134 (in Chinese)
 [12] O'Neill RV, Krummel JR, Gardner RH, et al. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, **1**: 153-162
 [13] Krummel JR, Gardner RH, Sugihara G, et al. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*, 1987, **48**: 321-324
 [14] Turner MG. Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1989, **20**: 171-197
 [15] Turner MG. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 1990, **4**(1): 21-30
 [16] Chen W-B (陈文波), Xiao D-N (肖笃宁), Li X-Z (李秀珍). Classification, application and creation of landscape indices. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2002, **13**(1): 121-125 (in Chinese)
 [17] Naveh Z. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. *Landscape and Urban Planning*, 2000, **50**: 7-26
 [18] Xiao D-N (肖笃宁), Li X-Z (李秀珍), Chang Y (常禹), et al. *Landscape Ecology*. Beijing: Science Press, 2003 (in Chinese)
 [19] Xiao D-N (肖笃宁). *Landscape Ecology: Theory, Methods and Applications*. Beijing: China Forestry Press, 1991 (in Chinese)
 [20] Cao Y (曹宇), Ouyang H (欧阳华), Xiao D-N (肖笃宁), et al. Landscape patterns analysis based on APACK for Ejin natural oasis. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2004, **19**(6): 776-784 (in Chinese)
 [21] Song D-M (宋冬梅), Xiao D-N (肖笃宁), Zhang Z-C (张志诚), et al. Landscape changes of Minqin oasis in Gansu Province and its driving force. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2003, **14**(4): 535-539 (in Chinese)
 [22] Dramstad WE, Olson JD, Forman RTT. *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning*. Washington DC: Island Press, 1996
 [23] Forman RTT. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. New York: Cambridge University Press, 1995

作者简介 林孟龙,男,1976年生,博士。主要从事生态遥感、环境监测和沙漠化研究,发表论文25篇。E-mail: ml-lin1976@au.edu.tw

责任编辑 杨弘

