

基于遥感与 GIS 中国陆地景观结构分析

王新明, 占玉林, 王长耀, 牛 铮

(中国科学院 遥感应用研究所 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101)

摘 要: 利用遥感和 GIS 技术, 首先根据生态区划计算出描述中国陆地景观结构的十三种景观结构指数, 包括斑块密度、最大斑块指数、边界密度、面积加权斑块形状指数、面积加权斑块分维度、平均最近斑块距离、最近斑块距离的标准差、最近斑块距离的相异系数、蔓延度、分布邻接指数、结合度、香农多样性指数、辛普森多样性指数。在相关分析的基础上, 使用等级聚合与因子分析方法对最近斑块距离相异系数之外的十二种指数进行分析, 最后采用因子分析结果中的前三个公因子分析中国陆地景观结构, 三个公因子的方差累积贡献率达 88.8%, 分别定义为斑块多样性因子、斑块形状复杂性因子、斑块分布均匀性因子。结果表明, 在人类活动影响强烈的生态区, 这三种公因子取值都比较小, 表明在人类活动的影响下, 斑块类型多样性减少、斑块形状复杂性降低、斑块分布趋于均匀。

关 键 词: 遥感; GIS; 景观生态学; 等级聚合分析; 因子分析

中图分类号: S127; TP722.4

文献标识码: A

WANG Xin-ming, ZHAN Yu-lin, WANG Chang-yao, NIU Zheng (The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Metrics of terrestrial landscape structure in China based on remote sensing and GIS. Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.), 2006, 32(4): 460-466

Abstract: This paper illustrates an example of describing the terrestrial landscape structure in China by means of remote sensing and GIS. According to the ecological regions of China, 13 most-commonly-used landscape structure metrics were calculated from the MODIS land cover / land use product provided by NASA/ EOS. Since there being much redundant information between these metrics, the methods of correlation analysis, hierarchical clustering and factor analysis were used to avoid the redundancy. The first three factors from the factor analysis were related to patch diversity, complexity of patch shape, evenness of distribution respectively and were adopted to analyze the terrestrial landscape structure in China. At last it comes to the conclusion that the ecological regions more affected by mankind show less values for the three factors, meaning fewer patch attribute types, simpler patch shapes and patches being more evenly distributed.

Key words: remote sensing; GIS; landscape ecology; hierarchical clustering; factor analysis

收稿日期: 2005-04-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40571117); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-338)资助。

作者简介: 王新明(1973—), 男, 河北邢台人, 博士研究生, 从事全球变化遥感研究方面的研究。现为中国科学院遥感应用研究所博士生。E-mail: user_xmwang@hotmail.com.

作为现代生态学体系中一个年轻而活跃的分支,景观生态学研究景观空间结构与形态特征对生物活动与人类活动的影响^[1].包括人类在内的有机体生存在具有不同尺度空间格局的生境(habitat)中,这些空间格局与有机体的认知和行为相互作用,进而成为种群调节和群落演替的驱动力^[2].人类活动极大地促进或阻碍了景观之间的生态流,能对景观结构的完整性产生巨大影响,影响到种群延续、生物多样性和生态系统平衡.借助遥感和GIS等新技术,地理和生态工作者获得了前所未有的量化描述陆地覆盖格局、空间异质性和景观结构的能力,形成了许多描述景观格局及其变化的景观指数,比如优势度、蔓延度、分维度等,但由此产生了景观指数相互不独立的问题.Ritters等^[3]利用因子分析的方法把55个景观指数压缩成六个指标:平均斑块周长面积比(PA-1)、蔓延度(SHCO)、相对斑块面积(NASQ)、斑块周长面积比(OCFT)、斑块类型数(NTYP)、大斑块密度面积比,但同时又指出第六个指标不具有普遍性.其研究表明,因子分析可以从一组景观指数中提取代表性的公因子,从而使问题得以简化;另一方面,不同景观的代表性景观指数可能不同,需要进一步分析才能得到.本文在遥感和GIS的支持下,使用组平均等级聚合和因子分析两种方法对一组大尺度景观结构指数进行分析,得到的结果对于同类研究具有参考价值.

1 数据和方法

1.1 数据

使用NASA/EOS提供的空间分辨率为1 km的2000~2001 MODIS陆地覆盖产品,通过MRT投影工具软件,完成中国区域陆地覆盖数据的镶嵌,并由Interrupted Goode投影转换到我国常用的Albers等积圆锥投影.投影参数与1:400万资源环境数据库一致:采用krasovsky椭球体,中央经线为东经105°,双标准纬线分别为北纬25°和北纬47°,距离单位为米.原始的土地覆盖数据采用IGBP(国际地圈生物圈计划)分类体系,为了突出自然植被,这

里对该分类体系进行了简化:将常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶针叶林、落叶阔叶林、混交林、木质稀树大草原六类合并到森林;将密灌、疏灌、稀树大草原、草地、永久湿地合并到非林地自然植被;保留农田、建设用地、农田/自然植被混合带、冰雪、水体、裸地等类型.

现有的一些研究中曾以自然行政区划^[4]或规则的格网^[5-6]作为生态景观指数的计算单元.考虑到区域生态系统的景观结构是各种复杂的物理、生物和社会因子相互作用的结果,为了正确评估人类活动在生态环境中的作用和地位,这里以《中国生态区划方案》^[7]中的生态区为计算单元.该生态区划方案将我国划分为3个生态大区、13个生态地区和57个生态区.由于以1 km分辨率计算南海诸岛岛屿生态区的景观结构指数存在困难,本文只针对其余56个生态区的计算结果进行分析.选用的景观结构指数参考文献[6],各景观结构指数及其说明见表1.由于计算出来的各景观结构指数数量纲不同,缺少可比性,需进行标准化处理.这里通过正规化实现数据的标准化,即对各景观结构指数的计算结果 x_1, x_2, \dots, x_n 计算:

$$y_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\text{式中, } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

对标准化后的数据,可以进行后面的组平均等级聚合与因子分析.

1.2 组平均等级聚合原理

等级聚合是基于样本之间的相似关系把样本分组,使组内成员尽量相似,而不同组的成员尽量相异.其原理是根据样本间的相异系数 $D_{i,j}$,首先将相异系数最小的两个样本A、B合并为一组A+B,然后计算样本组A+B与其他样本或样本组间的相异系数,再选择相异系数最小的两个样本或样本组或一个样本与一个样本组进行合并.这样重复进行,直到所有样本合并为一组.根据聚合策略不同,等级聚合可分为最近邻体法、最远邻体法、中值法、形心法、组平均法、平方和增量法、可变聚合法等.组平均法的聚合策略是两个样本组间的相异系数等于两个样本组间所有可能样本对的相异系数取平均.即样本

C 与样本组 A + B 之间的相异系数定义为

$$D_{C,A+B} = \frac{n_A}{n_A + n_B} D_{C,A} + \frac{n_B}{n_A + n_B} D_{C,B}.$$

式中, n_A 、 n_B 为样本组 A 和 B 的样本数. 详细的组平均等级聚合过程见参考文献[8].

1.3 因子分析原理

因子分析的目的在于通过少数几个因子描述多个变量之间的协方差结构^[3]. 如果样本包括 p 个属性, 则该组样本可以通过线性变换分解成 p 个成分(即另外的 p 个变量), 如果 p 个成分中的 q 个成分($q < p$) 包含数据的大部分信息(能解释数据的大部分方差), 则此 q 个成分即为公因子或主成分. 因子分析的数学模型是

$$|X| = |A| \cdot |F| + |E|.$$

其中 A 是公因子荷载矩阵, F 是公因子荷载向量, X 是原变量向量, E 是 $p - q$ 个成分对数据方差的影响. 在忽略 E 的情况下, 数学模型变为

$$|X| = |A| \cdot |F|.$$

本文利用因子分析对表 1 中的景观结构指数分组, 使得同组的景观结构指数相关性最大, 不同组的景观结构指数相关性最小. 每一组景观结构指数都对应了状态空间中的一维. 根据每一维对于解释方差的贡献率, 可以确定 q 个公因子; 根据每一公因子在各景观结构指数上荷载的大小, 可以对各公因子的意义进行解释.

2 试验结果

2.1 景观结构指数间相关性分析

对于表 1 中的 13 种景观结构指数, 分别计算 78 个指数对的 Spearman 秩相关系数 r , 结果见表 2. 在 0.05 的显著性水平下, 49 个指数对表现出相关, 占总对数的 63%, 表明 13 个景观结构指数存在严重的冗余. 最近斑块距离的标准差 ENSD 与最近斑块距离的相异系数 ENCV 之间的秩相关系数达到 0.9502, 从表 1 对 ENCV 的说明可以看出, ENCV 能从 ENSD 和平均最近斑块距离 ENMN 计算得到, 因此将 ENCV 从参加分析的景观结构指数中剔除. $r > 0.9$ 的指数对包括: 斑块密度 PD 和边界密度 ED、面积加权斑块形状指数 SHAM 和面积加权斑块分维度 FRAM、香农多样性指数 SHDI 和辛普森多样性指数 SIDI. 从表 1 关于景观结构指数的说明中可以看到, PD 和 ED 表示了景观中斑块(边界)的密度, SHAM 和 FRAM 表示斑块形状的复杂程度, SHDI 和 SIDI 同为景观多样性指数. $r < -0.9$ 的指数对包括: PD 和 ENSD、最大斑块指数 LPI 和 SIDI、蔓延度 CONT 和 SHDI、CONT 和 SIDI, 表明这些景观结构指数对呈现负相关.

表 1 本文用到的景观结构指数

Table 1 Landscape structure metrics used in this paper

代码	景观结构指数	计算方法	说 明
PD	斑块密度(1/100 hm ²)	$PD = \frac{N}{A} (10000) (100)$ N: 景观中斑块类型总数; A: 景观总面积(m ²).	景观内斑块总数除以斑块总面积.
LPI	最大斑块指数/ %	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$ a_{ij} : 斑块 ij 的面积(m ²).	面积最大的斑块占景观总面积的百分比.
ED	边界密度/(m•hm ⁻²)	$ED = \frac{E}{A} (10000)$ E: 景观中边界总长度	边界长度之和与景观总面积之比.
SHAM	面积加权斑块形状指数	$SHAM = (SHP_{ij} \cdot \frac{a_{ij}}{A})$ $SHP_{ij} = \frac{P_{ij}}{\min P_{ij}}$, 表示斑块的形状指数. P_{ij} : 斑块 ij 的周长. $\min P_{ij}$: 斑块 ij 的同面积圆周长.	表示斑块形状复杂度. 所有斑块都为圆形时, 值为 1; 否则其值变大.

续表 1 本文用到的景观结构指数

Continuation Table 1 Landscape structure metrics used in this paper

代码	景观结构指数	计算方法	说 明
FRAM	面积加权斑块分维度	$\text{FRAM} = \left(\text{FRA}_{ij} \cdot \frac{a_{ij}}{A} \right).$ $\text{FRA}_{ij} = \frac{2 \cdot \ln(0.25 \cdot P_{ij})}{\ln a_{ij}}, \text{表示斑块分维度.}$	表示斑块形状复杂度. 形状越简单, 值越接近 1; 越复杂, 值越接近 2.
ENMN	平均最近斑块距离/ m	$\text{ENMN} = \frac{\text{ENN}_{ij}}{N}$ $\text{ENN}_{ij}: \text{斑块 } ij \text{ 与同类型斑块之间的最短距离.}$	全部斑块与同类型斑块最小距离之和除以景观斑块的总数.
ENSD	最近斑块距离的标准差/ m	$\text{ENSD} = \sqrt{\frac{(\text{ENN}_{ij} - \text{ENMN})^2}{N}}$	
ENCV	最近斑块距离的相异系数/ %	$\text{ENCV} = \frac{\text{ENSD}}{\text{ENMN}} \cdot (100)$	
CONT	蔓延度/ %	$\text{CONT} = \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left(P_i \cdot \frac{g_{ik}}{m} \right) \cdot \left(\ln P_i \cdot \left(-\frac{g_{ik}}{m} \right) \right)}{2 \ln(m)} \right) \cdot (100)$ <p>P_i: 景观中斑块类型 i 的比例. g_{ik}: 类型的栅格与类型 k 的栅格之间邻接的个数. m: 景观中斑块类型的总数.</p>	不同类型斑块中相互邻接的单个栅格分布越不均匀, 值越接近 100; 当所有类型的斑块均匀地相互邻接时, 值为 0.
II I	分布邻接指数	$\text{II I} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m \left(\frac{e_{ik}}{E} \cdot \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right)}{\ln(0.5 \cdot m \cdot (m-1))} \cdot (100)$ <p>e_{ik}: 景观中斑块类型 i 和类型 k 的斑块之界面界的总长.</p>	当所有斑块邻接不同类型斑块数目相等时, 值为 100; 斑块类型之间邻接越不均匀, 值越接近 0.
COHE	结合度	$\text{COHE} = \left(1 - \frac{P_{ij}}{P_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right) \left(1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right) \cdot 1 \cdot (100)$	景观水平下的结合度, 意义尚不明确.
SHDI	香农多样性指数	$\text{SHDI} = - \sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)$	景观中只有一种类型斑块时, 值为 0; 随着斑块类型的增加或不同类型斑块的比例接近, 值变大.
SIDI	辛普森多样性指数	$\text{SIDI} = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$	等于随机选择的两个栅格, 其斑块类型不同的概率.

表 2 十三种景观结构指数 Spearman 秩相关系数矩阵

Table 2 Spearman 's rank correlation matrix between thirteen landscape structure metrics

	PD	LPI	ED	SHAM	FRAM	ENMN	ENSD	ENCV	CONT	II I	COHE	SHDI
PD	1											
LPI	- 0.663	1										
ED	0.921	- 0.789	1									
SHAM	0.2051	- 0.115	0.284	1								
FRAM	0.0540	- 0.065	0.181	0.952	1							
ENMN	- 0.796	0.739	- 0.856	- 0.336	- 0.219	1						
ENSD	- 0.917	0.635	- 0.859	- 0.201	- 0.061	0.782	1					
ENCV	- 0.836	0.487	- 0.734	- 0.074	0.065	0.584	0.950	1				
CONT	- 0.873	0.857	- 0.898	- 0.068	0.056	0.797	0.873	0.781	1			
II I	0.607	- 0.401	0.451	- 0.204	- 0.338	- 0.301	- 0.650	- 0.721	- 0.700	1		
COHE	- 0.709	0.716	- 0.701	0.332	0.401	0.523	0.659	0.633	0.832	- 0.683	1	
SHDI	0.806	- 0.871	0.832	- 0.004	- 0.118	- 0.729	- 0.810	- 0.726	- 0.975	0.716	- 0.855	1
SIDI	0.749	- 0.962	0.843	0.084	0.001	- 0.775	- 0.731	- 0.599	- 0.934	0.508	- 0.773	0.943

2.2 景观结构指数等级聚合结果

对十二种景观结构指数 (PD、LPI、ED、SHAM、FRAM、ENMN、ENSD、CONT、 Π I、COHE、SHDI、SIDI) 进行组平均等级聚合,生成聚合树状图(图 1)。其中 SHDI 与 SIDI、PD 与 ED、SHAM 与 FRAM 之间的聚合距离分别为 1.90、2.63 和 3.22,小于其他景观结构指数间的聚合距离。这与前面秩相关分析的结果一致:秩相关系数越大,聚合距离越小。如果指定 7.43 为组聚合距离,十二种景观结构指数分为三组:第一组包括 SHDI、SIDI、PD、ED、 Π I;第二组包括 SHAM 和 FRAM;第三组包括 LPI、CONT、ENMN、ENSD、COHE。从景观生态意义上来看,第一组是景观多样性的指标,反映了景观要素的丰富性;第二组是斑块形状复杂性指标,体现了不同类型斑块的边界特征;第三组是斑块分布的均匀性指标,表示了斑块空间分布格局。用这三种指标代替原来的十二种景观结构指数可以降低状态空间的维数,对定量化描述景观结构问题进行了简化。

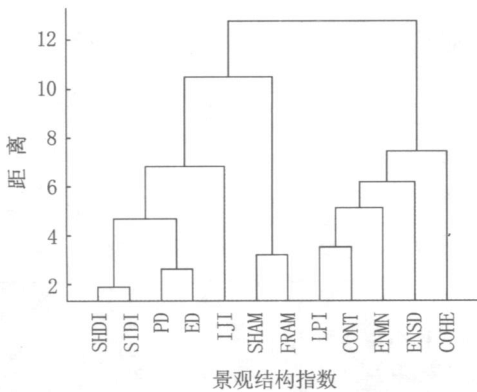


图 1 十二种景观结构指数等级聚合树状图

Fig. 1 Dendrogram of twelve landscape structure metrics

2.3 景观结构指数因子分析结果

表 3 列出了因子分析结果的前五个公因子,如果选择前三个公因子代替所有的十二种景观结构指数,损失的数据信息只有原始信息的 11.2%,同时极大地简化了原来的数据结构。按照公因子在景观结构指数上荷载的大小,可以从景观生态的角度解释每个公因子:第一公因子在 PD、ED、 Π I、SHDI 和 SIDI 上表现出较大的正荷载;第二公因子在 SHAM 和

FRAM 上具有较大的正荷载;在第三公因子上表现出较大正荷载的有 ENSD 和 ED。参照景观结构指数等级聚合结果,可以看出第一公因子在第一组景观结构指数上具有正荷载,代表了景观中斑块类型的多样性,定义为斑块多样性因子,值越大,对应斑块的类型越丰富;第二公因子在第二组景观结构指数上表现出很高正荷载,表示了景观中斑块形状的复杂性,可以把它定义为斑块形状复杂性因子,斑块形状越复杂,值越大;第三公因子在分布邻接指数 Π I 上呈现很高负荷载,在 ENSD 上表现出较强的正荷载,因此第三公因子表示不同类型斑块分布均匀程度,指定它为斑块分布均匀性因子,并且斑块分布越均匀,值越小。

表 3 十二种景观结构指数因子分析结果

Table 3 Result of factor analysis of 12 landscape structure metrics

	C1	C2	C3	C4	C5
特征值	7.397	2.465	0.796	0.543	0.376
累计贡献率/%	61.1	82.2	88.8	93.3	96.5
PD	0.330	-0.046	0.140	-0.438	0.330
LPI	-0.328	0.000	-0.200	-0.495	0.074
ED	0.342	0.033	0.271	-0.208	0.195
SHAM	0.038	0.599	0.037	-0.159	0.407
FRAM	0.007	0.622	-0.054	0.113	0.071
ENMN	-0.306	-0.232	-0.192	0.091	0.361
ENSD	-0.273	-0.168	0.361	0.419	0.641
CONT	-0.363	0.016	0.065	-0.103	-0.084
Π I	0.236	-0.193	-0.744	-0.029	0.350
COHE	-0.251	0.358	-0.343	0.235	-0.040
SHDI	0.355	-0.024	-0.142	0.247	0.041
SIDI	0.347	0.052	-0.007	0.413	-0.054

2.4 中国陆地景观结构分析

根据对十二种景观指数因子分析的结果,分别计算 56 个生态区对应的前三个公因子,结果见图 2。

第一公因子对应了中国陆地景观中斑块多样性因子。总的分布趋势是“南高北低”。最大的斑块多样性因子出现在热带湿润雨林季雨林生态地区,包括雷州半岛热带农业生态区(6.54)、海南环岛热带农业生态区(6.47)、海南中部山地雨林季雨林生态区(3.91)。另外黔桂喀斯特

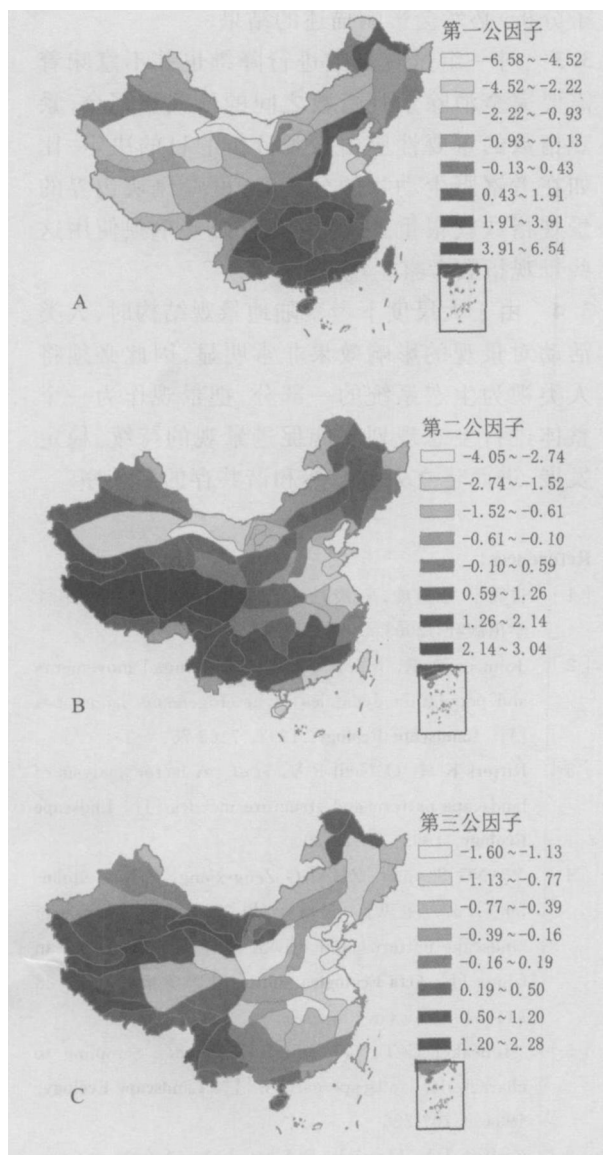


图2 第一公因子(A)、第二公因子(B)、第三公因子(C)分布图

Fig. 2 Spatial distribution of the first factor (A), the second factor (B) and the third factor (C)

脆弱生态区、岭南山地常绿阔叶林生态区、粤西南沿海丘陵农业生态区、珠江三角洲城镇及城郊农业生态区也表现出很高的斑块多样性。从南到北斑块多样性较高的生态区还包括三峡库区敏感生态区、长江中游平原农业湿地生态区、汾渭河谷农业生态区、华北山地落叶林生态区、大小兴安岭针阔混交林生态区。在人口相对集中地区,比如中东部的环渤海城镇及城郊农业生态区、胶东半岛落叶阔叶林生态区、鲁中南山

地丘陵落叶阔叶林生态区、黄淮海平原农业生态区、长江三角洲城镇及城郊农业生态区、浙闽山地常绿阔叶林生态区以及西南部的成都平原农业生态区,斑块多样性因子都比较小,分别为 - 0.13、- 0.22、- 3.08、- 4.53、0.34、0.35 和 1.01。表明在人类影响最强的区域,自然景观被改造成人文景观,从而减小了景观的多样性。在塔里木盆地荒漠戈壁生态区、阿拉善高原半荒漠生态区、河西走廊绿洲农业生态区与黄淮海平原农业生态区都具有很小的斑块多样性因子,但与黄淮海平原受人类影响强烈不同,前三个地区受人类影响较少,在自然因素的作用下陆地覆盖类型单一,裸地面积比例分别达到了 96.38%、97.77% 和 94.88%,从而呈现出小的斑块多样性因子。

第二公因子代表了斑块形状复杂性。它的分布趋势是“西高东低”。在人口相对集中地区,斑块形状复杂性因子都比较小,包括华北山地落叶阔叶林生态区(0.26)、环渤海城镇及城郊农业生态区(- 0.66)、胶东半岛落叶阔叶林生态区(- 2.02)、鲁中南山地丘陵落叶阔叶林生态区(- 1.62)、黄淮海平原农业生态区(- 1.80)、长江三角洲城镇及城郊农业生态区(- 1.85)、浙闽山地常绿阔叶林生态区(0.27)以及西南部的成都平原农业生态区(0.32)。粤西南沿海丘陵农业生态区、珠江三角洲城镇及城郊农业生态区和台湾岛常绿阔叶林生态区的斑块形状复杂性因子也很小,分别为 - 0.46、- 1.81、- 1.79,而这些地区都是人类影响较大的地区。因此,与斑块多样性因子类似,斑块的形状复杂性也表现出受人类活动影响的程度:人类影响强烈的地区往往表现出小的斑块形状复杂性。同时在人类影响程度较小的地区,比如位于青藏高原的江河源高寒草甸生态区、羌唐高原高寒草原生态区、可可西里半荒漠和荒漠生态区、喀喇昆仑山砾漠生态区,斑块形状复杂性因子的取值都非常高,分别达到了 3.05、2.51、1.79、1.84。需要注意的是塔里木盆地荒漠戈壁生态区,尽管受人类影响很小,但该地区的斑块形状复杂性因子的值非常小(- 2.02),这也是陆地覆盖类型单一作用的结果。

第三公因子是斑块分布均匀性因子,表现

出“西高东低”的分布特点.在中国东部人口集中的地区,它的取值都比较小,比如东北平原农业生态区(-1.08)、环渤海城镇及城郊农业生态区(-1.60)、胶东半岛落叶阔叶林生态区(-1.29)、鲁中南山地丘陵落叶阔叶林生态区(-1.15)、黄淮海平原农业生态区(-1.21)、长江中游平原农业湿地生态区(-1.18)、大别山-天目山常绿阔叶林生态区(-1.06)、长江三角洲城镇及城郊农业生态区(-1.51)、浙闽山地常绿阔叶林生态区(-0.77)、湘赣丘陵农业生态区(-0.64).在成都平原农业生态区它的值也仅为-0.78.最大的斑块分布均匀性因子出现在海南环岛热带农业生态区(2.28)、河西走廊绿洲农业生态区、柴达木盆地荒漠盐壳生态区、可可西里半荒漠荒漠生态区的斑块分布均匀性因子取值也很大,分别为1.98、1.19和1.55.说明在人类活动的影响下,景观中的斑块分布趋向均匀.

3 结 语

本文利用遥感和GIS技术,针对12种中国陆地景观结构指数进行因子分析,并将其简化为三个景观水平上的公因子:斑块多样性因子、斑块形状复杂性因子、斑块分布均匀性因子.在生态分区的基础上,可以发现这三种因子的空间分布同时受到自然地理条件和人类改造程度的影响,并得到如下结论:

3.1 使用景观指数描述景观结构、景观作用和景观过程时,景观指数之间往往存在显著的冗余,而因子分析作为一种简单易行的方法,能有效地提取出包含主要信息的公因子,大大降低状态空间的维数并简化数据结构.

3.2 因子分析提取的公因子,不一定能对景观进行全面的描述^[3].选择哪些景观指数进行因

子分析,必然会影响描述的结果.

3.3 对一组景观指数进行降维也并不意味着需要完全消除景观指数之间的依赖和冗余,景观指数的重要性应由景观分析的目的决定.比如在考察野生动物的分布时,度量斑块边界的景观指数就很重要,此时就有必要单独使用这些景观指数考察生境.

3.4 由于大尺度下考察陆地景观结构时,人类活动对景观的影响效果非常明显,因此必须将人类视为生态系统的一部分,把景观作为一个整体进行生态规划才能促进景观的持续、稳定发展,进而建立人与自然和谐共存的新秩序.

References :

- [1] 肖笃宁,李秀珍,高峻,等.景观生态学[M].北京:科学出版社,2003.
- [2] Johnson A R, Milne B T, *et al.* Animal movements and population dynamics in heterogeneous landscapes [J]. *Landscape Ecology*, 1992, 7:63-75.
- [3] Ritters K H, O'Neill R V, *et al.* A factor analysis of landscape pattern and structure metrics [J]. *Landscape Ecology*, 1995, 10:23-39.
- [4] WANG Si-yuan, ZHANG Zeng-xiang, ZHOU Quan-bin, *et al.* (王思远,张增祥,周全斌,等). Analysis of landscape patterns and driving factors of land use in China [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2003, 23 (4):649-656. (in Chinese)
- [5] Hunsaker C T, O'Neill R V, *et al.* Sampling to characterize landscape pattern [J]. *Landscape Ecology*, 1994, 9:207-226.
- [6] Griffith J A, Martinko E A, *et al.* Landscape structure analysis of Kansas at three scales [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 52:45-61.
- [7] FU Bo-jie, LIU Guo-hua, CHEN Li-ding, *et al.* (傅伯杰,刘国华,陈利顶,等). Scheme of ecological regionalization in China [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2001, 21(1):1-6. (in Chinese)
- [8] 张金屯.数量生态学[M].北京:科学出版社,2004.