

基于遥感的喀斯特地区水体景观格局演化定量分析^{*}

陈思源¹,程海梅^{2**},吴水亭¹

(1.广西财经学院工商管理学院,广西南宁 530003;2.广西财经学院图书馆,广西南宁 530003)

摘要:选择广西隆安县为研究区,以年度内不同季节的 LANDSAT 8 OLI 遥感影像为数据来源,在遥感软件支持下,使用监督分类方法对研究区水体进行提取,进而采用空间分析方法得到不同季节间水体空间分布变化量,再采用 Fragstats 软件对水资源空间分布和季节间变化的景观格局特征进行分析。结果表明:从 5 月到 8 月,再从 8 月到 11 月,斑块面积(AREA)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、景观分裂指数(DIVISION)等 5 个景观指数先上升后降低,最大斑块面积占比(LPI)、蔓延度指数(CONTAG)、斑块集聚度指数(AI)等 3 个指数先下降后上升,体现了喀斯特地区水体空间格局一年内呈现聚集度先升后降,蔓延度指数先降后升的趋势,水体空间格局的景观指数受季节影响较大;典型相关分析表明,斑块个数(NP)和斑块密度(PD)等基本景观指数与景观形状指数(LSI)、斑块集聚度指数(AI)、景观分裂指数(DIVISION)等存在高度相关,典型变量的极显著相关主要由斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)和斑块集聚度(AI)引起,但景观形状指(LSI)、蔓延度指数(CONTAG)、斑块集聚度指数(AI)等 3 个指标在演变过程中也存在一定波动和无序化,反映出喀斯特地区水体空间格局在不同季节间的变化,呈现出不规则和无序化的特征。

关键词:喀斯特地区 水体 遥感 景观格局 演化 定量分析

中图分类号:TU985 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2020)02-0195-08

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20200420.002

0 引言

我国西南喀斯特地区,因独特的地质结构和石灰岩地貌而使得水源难以在地表蓄积,水资源尤为珍贵。如何探寻其空间分布特征,进而制定科学的水资源利用规划,合理开发利用水资源,是喀斯特地区水资源、农业和环保等研究领域的基础性工作^[1-2]。景

观格局演化是指在一段时间内景观要素的结构、功能、空间格局随时间变化而呈现的特征和规律。水体景观格局的演化是水资源生态学研究的核心问题之一,也是水生态学研究的一个热点^[3-4]。水体景观格局的变化是陆地水文变化的外在表现,是自然因素、人文因素等各种内外矛盾综合作用的结果,也是各类景观要素在一段时间内的状态转换过程^[5]。景观格

^{*} 国家自然科学基金项目(41461110)和经济与管理国家级实验教学示范中心(广西财经学院)开放课题资助。

【作者简介】

陈思源(1972—),男,博士(后),教授,主要从事资源与环境管理研究。

【**通信作者】

程海梅(1976—),女,馆员,主要从事公共政策管理研究,E-mail:theesy@126.com。

【引用本文】

陈思源,程海梅,吴水亭.基于遥感的喀斯特地区水体景观格局演化定量分析[J].广西科学,2020,27(2):195-202.

CHEN S Y, CHENG H M, WU S T. Study on Evolution and Quantitative Analysis of Water Landscape Patterns in Karst Region Based on Remote Sensing [J]. Guangxi Sciences, 2020, 27(2): 195-202.

局特征与演化分析中,景观格局指数是对具体景观特征的定量表达,也是某一类组成特征和空间配置关系的数学抽象^[6]。

就喀斯特地区的水生态系统而言,水资源既是自然环境的地域要素,又是人类生产生活的重要载体。水资源利用方式和空间格局成为喀斯特地区生态环境的关键环节。当前,关于水域和水环境生态系统景观格局与功能的研究比较多^[7-12]。但基于遥感和地理信息系统,专门针对喀斯特地区水体景观格局与空间演化的研究比较少,有关景观指数之间的定量分析也比较少见。本研究借助遥感和地理信息系统软件,并在景观生态分析软件 Fregstats 的支持下,选择典型样区,展开喀斯特地区水体景观格局研究,探讨其指数特征和空间结构特征。这不仅对探讨水体景观格局演化具有重要理论意义,而且对分析喀斯特地区水资源变化和利用机制,探讨水资源在不同季节间空间分布变化产生的生态效应,以及指导区域水资源利用政策具有重要现实意义。

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

隆安县地处广西中部,属南宁市下辖县,处南宁盆地与桂西北山地结合部。整个县域处北回归线以南($22^{\circ} 51' 6.861''$ — $23^{\circ} 5' 16.9434''$ N, $107^{\circ} 19' 50.1054''$ — $108^{\circ} 5' 37.0566''$ E),属亚热带季风气候。全县辖 12 个乡镇,总面积 2 271 km²,总人口 42 万,喀斯特石山面积约占 56.34%,全县水资源总量约 1.5×10^9 m³,年水资源总量约 4.79×10^8 m³。

1.2 数据来源及处理

研究数据为 LANDSAT 8 OLI 卫星遥感数据,时间序列为 2016 年的 4 个季节,具体包括 4 景遥感影像,分别是 2016 年 1 月 8 日、2016 年 5 月 28 日、2016 年 8 月 18 日、2016 年 11 月 17 日。其他资料包括年均降水量、国产高分一号遥感影像、降水资料和地形资料等。

首先,在 Envi 5.3 下对原始遥感影像进行投影转换、裁剪、数据融合等处理,并采用监督分类法训练样本、对山体阴影和云遮挡阴影进行提取,以区别易与水体混淆的遥感影像,并结合实地调查,将解译精度设为 1 个像元内^[13-15],得到 4 幅隆安县水体分布的遥感解译影像。数据以 Coverage 和 Grid 格式存储,图像空间分辨率为 10 m×10 m,影像的水体识别精度为 98.3%。然后,将识别的水体存矢量文件,并在

Arcmap 中进行地图代数计算,将得到的结果转为栅格影像并进行景观指数计算,做定量分析^[16-17]。考虑到由遥感影像数据提取得到的水资源空间分布的景观类型复杂性,选取水体斑块面积(AREA)之和、最大斑块面积占比(最大斑块占斑块面积的比例, Largest Patch Index, LPI)、总斑块数量(Number of Patches, NP)、斑块密度(Patch Density/100 km², PD)、蔓延度指数(表示不同斑块类型的团聚程度或延展趋势, Contagion Index, CONTAG)、斑块集聚度指数(同一类型斑块的相似邻接数量除以同类型最大程度上丛生为一个斑块时的最大值,然后乘以 100 转为百分比, Aggregation, AI)、景观形状指数(Landscape Shape Index, LSI)、景观分裂指数(斑块类型在景观中的面积的商的平方和, Landscape Division Index, DIVISION)共 8 个景观格局指标^[18-20]。最后,使用 Matlab 软件计算研究区不同季节间水体景观指数的典型相关性。

1.3 不同季节的水体斑块分析

分别选取 1 月、5 月、8 月、11 月的 4 景经处理的遥感影像,通过 Fragstats 软件,选取前述 8 个景观格局指标进行分析,得到水体斑块面积(AREA)、最大斑块面积占比(LPI)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)等基本景观指数。

1.4 不同季节间的水体斑块变化分析

为进一步分析喀斯特地区不同季节水体分布的变化量,采用地理信息系统空间分析的地图代数运算,计算不同季节水体之间的变化量。考虑到计算的复杂性,重点关注的是 5 月与 1 月的水体变化量、8 月与 5 月的水体变化量、8 月与 1 月的水体变化量、11 月与 8 月的水体变化量。然后再将这些水体变化量在 Fragstats 上进行景观指数运算,得到在不同季节间水体变化量景观指数指标,包括斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、蔓延度指数(CONTAG)、斑块集聚度(AI)、景观分裂指数(DIVISION)等^[21]。

1.5 水体斑块变化量景观指数的类型间相关性分析

基本景观指数是景观固有的特性,一定程度上决定着与其他景观指数,也是其他指数计算的基础。将 5 月与 1 月间,8 月与 5 月间,8 月与 11 月间等的水体斑块变化量的斑块面积、最大斑块面积占比(LPI)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)等基本景观指数作为联合变量 X_{ij} ,将景观形状指数(LSI)和蔓延度指数(CONTAG)等其他指数作为联合变量 Y_{nm} ,

采用典型相关分析法对 X_{ij} 和 Y_{nm} 两组变化量之间的关系进行分析,得到不同指数之间的相关性定量表达。

2 结果与分析

2.1 不同季节的水体斑块分析

在斑块尺度和景观尺度上,分别计算前述8个景观指数在不同季节的统计分析值,如表1所示,水体遥感影像提取如图1所示。

表1 不同季节水体斑块的景观指数

Table 1 Landscape index of water patches in different seasons

月份 Month	斑块尺度面积指标 Patch scale area index		斑块尺度密度指标 Patch scale density index		斑块尺度形状指标 Patch size shape index		斑块尺度集聚性指标 Patch scale clustering index	
	AREA (ha)	LPI (%)	NP	PD (/ha)	LSI	CONTAG	AI	DIVISION
1月 January	2 444.94	6.737 6	268	10.961 4	20.330 5	77.355 6	38.260 9	0.980 5
5月 May	3 228.00	6.071 9	367	11.369 3	21.649 1	81.030 9	32.912 8	0.986 7
8月 August	4 096.00	7.617 2	454	12.084 0	23.968 8	76.739 9	33.579 7	0.986 6
11月 November	1 814.92	9.076 4	201	11.074 9	17.588 2	78.718 2	36.840 4	0.972 8

(1) 面积指标

从分布面积看,8月水体斑块面积(AREA)最大,11月最小。11月最小月较之于8月最大月,水体斑块面积增加124%,斑块个数增加125%。单个水体最大面积斑块(LPI)出现在11月,主要原因是隆安县地表降水在11月较少,右江隆安河段是11月的主要水体,表现在遥感影像上所占面积比例最大,为9.0764%。地表水主要分布集中于境内的右江河段,地表水体分布面积和分布斑块个数锐减。

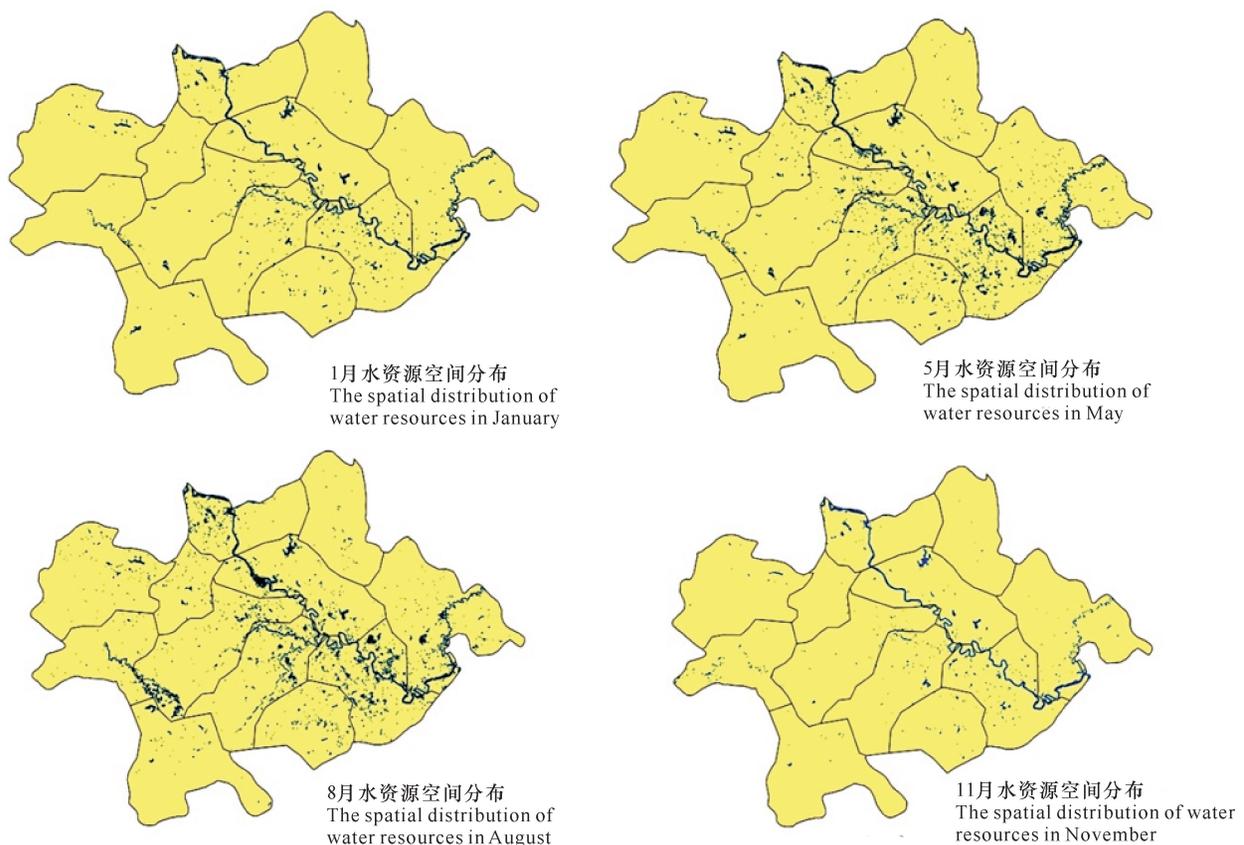


图1 不同季节遥感影像的水体提取

Fig. 1 Water extraction from remote sensing images of different seasons

(2) 密度指标

由表 2 可知, 8 月斑块个数 (NP) 最多, 11 月最少。8 月斑块个数最多, 所以水体斑块的密度指标值也最大, 但水体斑块的密度指标在年度内的变化和起伏波动也较为明显, 尤其是 5 到 8 月间的斑块数量变化和 8 到 11 月的密度指数变化起伏波动较大, 这表明水体在 8 月的分布有较低的聚集分布特征。

(3) 形状指标

8 月的水体斑块形状指数最大, 11 月最小。1 月和 11 月, 水体斑块面积、斑块个数、斑块形状指数较小, 同时斑块的蔓延度指数和斑块集聚度指数较大, 表现出萎缩特征; 从水体斑块蔓延度指数看, 8 月最小, 5 月最大。也就是说在 8 月, 水体斑块具有较好的连接性; 反之在 11 月和 1 月的秋冬季节, 水体斑块

的破碎程度高。从景观形状指数看, 8 月最大, 11 月最小。这表明不同季节的水体斑块空间形状复杂, 多种景观要素将水体斑块割裂, 受自然活动影响明显。

(4) 水体斑块的集聚性指标

1 月的水体斑块集聚度指数 (AI) 最大, 5 月最小。从景观分裂指数 (DIVISION) 看, 1 月最小, 5 月最大。水体斑块的集聚度指数和景观分裂指数的变化表明, 不同季节的水体分布中, 尤其在 1 月和 11 月, 一般地区因降水减少, 部分地区干旱程度加大, 导致水体分布萎缩, 主要水体只分布在江湖等地, 喀斯特地区水体斑块分布易出现集聚度高的特征。

2.2 不同季节间的水体斑块变化分析

不同季节间水体斑块变化的遥感影像如图 2 所示。

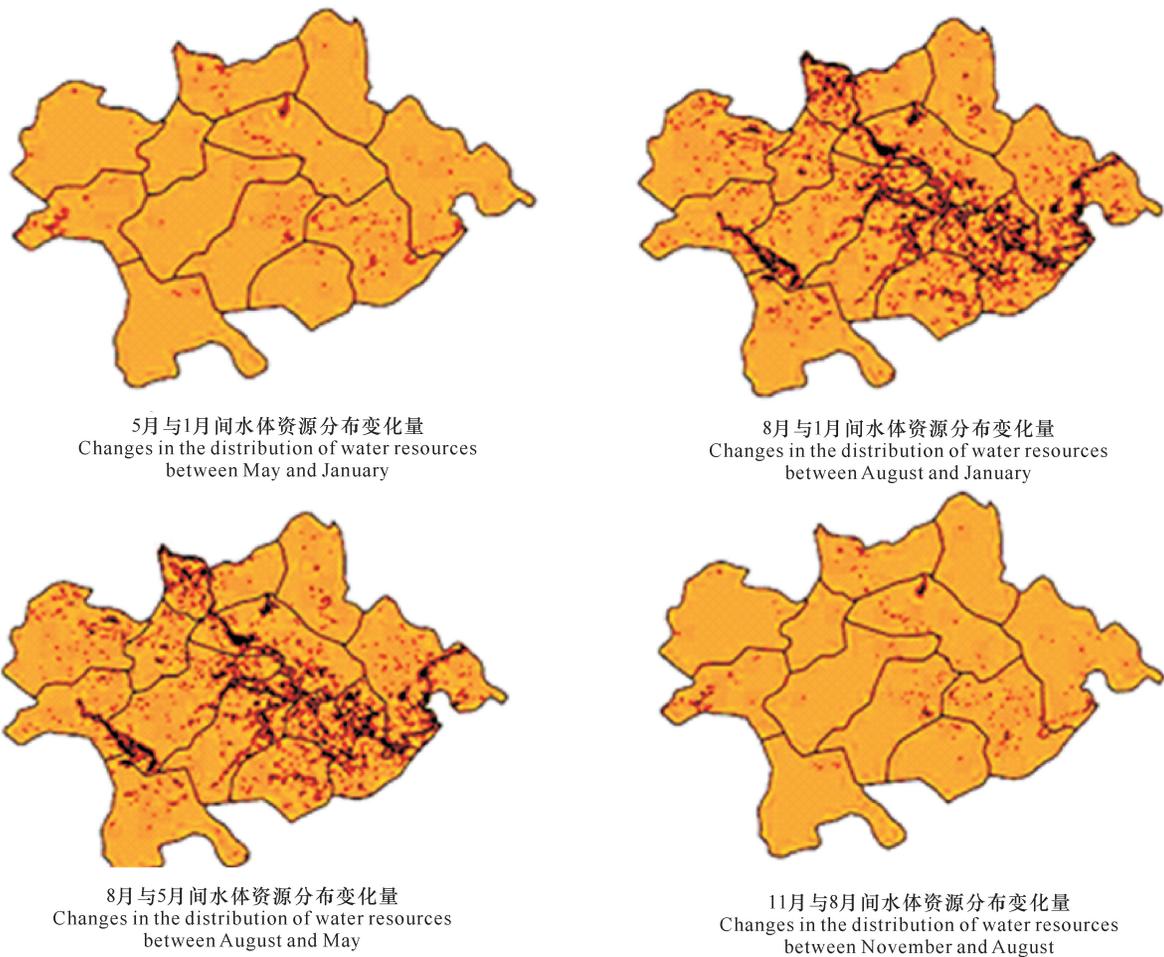


图 2 不同季节间水体斑块变化的遥感影像

Fig. 2 The remote sensing image of water patch change in different seasons

(1) 5月和1月间的水体斑块变化量

对5月和1月水体进行空间分析和地图代数叠加运算,得到5月和1月间的水体空间分布变化量图。分析可知,在前述8个景观指数中,斑块面积(AREA)、斑块个数(NP)、景观形状指数(LSI)、斑块集聚度指数(AI)、景观分裂指数(DIVISION)等5个指标都为最小。也就是说,在5月和1月间的水体分布变化量分析中,由于受天气等自然因素影响,水体在空间分布的变化量也非常小,没有显著变化。

(2) 8月和1月间的水体斑块变化量

通过遥感影像分析表明,不同季节的水体分布变化量中,8月和1月间的水体变化最为明显。斑块面积(AREA)、斑块个数(NP)、景观形状指数(LSI)、景观分裂指数(DIVISION)等4个指标都为最大。同时,最大斑块变化量所占面积达到4.8000%,为最低。也就是说这两个季节间的水体在空间上的分布差异最大,达到整个面水体面积的约50%。说明在8月和1月间的水体变化量最为明显,相应的水体面积变化、形状和分布的聚集性、复杂度逐渐上升,进一步说明研究区水体变化复杂性和集聚性随季节变化呈现典型的复杂性和多样性,变化幅度加剧。

(3) 8月与5月间水体斑块变化量

斑块面积(AREA)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、景观分裂指数(DIVISION)等5个指标都呈现下降趋势,但是最大斑块面积占比(LPI)、蔓延度指数(CONTAG)和斑块集聚

度指数(AI)略有上升。就水体斑块分布的变化量而言,在8月和1月间的水体变化较之于8月和5月间更为明显。说明研究区水体变化量在面积、变化范围以及强度上,存在从1月到5月,5月到8月逐渐加强的趋势。面积变化范围加大,空间格局的复杂性、不规则和有序化特征加深。

(4) 11月与8月间水体斑块变化量

8月到11月间的变化主要是水资源减少,在空间格局上呈现出斑块面积(AREA)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、景观分裂指数(DIVISION)等5个指标的下降趋势,但是最大斑块面积占比(LPI)、蔓延度指数(CONTAG)和斑块集聚度指数(AI)等3个指标都呈上升趋势。也就是说较之于8月,不但11月的水体斑块景观格局指数发生变化,相应的11月份和8月份之间的水体斑块变化量景观格局指数,也发生一定的季节性变化。

综合来看,在5月到8月的水资源总量上升,8月到11月的水资源总量下降过程中,研究区的水资源空间斑块及其变量也呈现一定的规律性和对称性。说明研究区水体分布以8月份为时间中心点呈现总量由少到多再到多、分布复杂性和分布集聚度由弱到强再到弱、分布的分裂性和蔓延性由弱变强再到弱的过程。8个景观指数在不同季节间的变化见表2。

2.3 水体斑块变化量景观指数的类型间相关性分析

通过定量分析相关指数间的相关性,得到指数间的相关系数如表3所示。

表2 不同季节间水体斑块变化量的景观指数

Table 2 Landscape index of patch change amount of water in different seasons

月份 Month	斑块尺度面积指标 Patch scale area index		斑块尺度密度指标 Patch scale density index		斑块尺度形状指标 Patch size shape index		斑块尺度集聚性指标 Patch scale clustering index	
	AREA (ha)	LPI (%)	NP	PD (/ha)	LSI	CONTAG	AI	DIVISION
5月与1月间变化 Changes between May and January	108	6.250 0	40	37.037 0	6.464 3	88.833 2	16.666 7	0.970 5
8月与1月间变化 Changes between August and January	2 000	4.800 0	360	18.000 0	18.811 1	75.619 8	25.077 3	0.992 6
8月与5月间变化 Changes between August and May	1 664	5.769 2	281	16.887 0	16.829 3	75.959 7	27.078 5	0.990 3
11月与8月间变化 Changes between August and November	1 968	4.878 0	354	17.987 8	18.500 0	75.575 8	24.939 1	0.992 5

表 3 不同变量间的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between different variables

	AREA	LPI	NP	PD	LSI	CONTAG	AI
LPI	0.201 2						
NP	0.881 9**	-0.187 9					
PD	-0.811 7**	-0.334 5	-0.718 8**				
LSI	0.943 1**	0.118 8	0.913 6**	-0.926 8**			
CONTAG	-0.545 3**	0.142 0	-0.763 2**	0.738 6**	-0.759 6**		
AI	0.681 6**	0.606 9**	0.420 3*	-0.906 6**	0.751 8**	-0.470 3*	
DIVISION	0.457 8*	-0.670 4**	0.806 0**	-0.371 7	0.577 4**	-0.745 3**	-0.027 0

注: * 表示差异显著 ($P < 0.05$), ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: * means significant difference ($P < 0.05$), ** means especially significant difference ($P < 0.01$)

由表 3 可见, 水体斑块变化量的两组分类 8 个变量间的 28 个简单相关系数中, 有 18 个达到极显著水平, 有 3 个达到显著水平。其中: (1) 斑块面积 (AREA) 与斑块个数 (NP)、景观形状指数 (LSI)、斑块集聚度指数 (AI) 为极显著的正相关; 与斑块密度 (PD) 和蔓延度指数 (CONTAG) 为极显著的负相关; 与景观分裂指数 (DIVISION) 为显著的正相关。(2) 最大斑块所占斑块面积的比例 (LPI) 与斑块集聚度指数 (AI) 为极显著的正相关; 与景观分裂指数 (DIVISION) 为极显著的负相关。(3) 斑块个数 (NP) 与景观形状指数 (LSI)、景观分裂指数 (DIVISION) 为极显著的正相关; 与斑块密度 (PD)、蔓延度指数 (CONTAG) 为极显著的负相关; 与斑块集聚度指数 (AI) 为

显著的正相关。(4) 斑块密度 (PD) 与蔓延度指数 (CONTAG) 为极显著正相关; 与景观形状指数 (LSI)、斑块集聚度指数 (AI) 为极显著负相关。(5) 景观形状指数 (LSI) 与蔓延度指数 (CONTAG) 为极显著负相关。与斑块集聚度指数 (AI)、景观分裂指数 (DIVISION) 为极显著正相关。(6) 蔓延度指数 (CONTAG) 与斑块集聚度指数 (AI) 为显著负相关, 与景观分裂指数 (DIVISION) 为极显著负相关。

将 8 个指数分为基本指数组和其他指数组并对两组做典型相关分析, 结果表明, 显著的典型相关系数个数为 2 个 (表 4), 相关典型变量构成如表 5 所示。

表 4 基本指数和其他指数两组间典型相关系数

Table 4 Typical correlation coefficients between basic index and other indexes

第一组 The first group	第二组 The second group	显著的典型相关系数个数 Number of significant typical correlation coefficients	典型相关系数 Typical correlation coefficients	卡方值 Chi square test value	自由度 Freedom	概率值 Probability value
基本指数 The basic index	其他指数 The other index	2	0.999 2	69.077 6	16	0.000 1
			0.984 8	44.769 7	9	0.000 1
			0.720 0	21.544 2	4	0.000 2
			0.660 2	16.859 3	1	0.000 0

表 5 典型相关显著的各项变量构成

Table 5 Composition of variables of each group with typical significant correlation

典型相关系数 Typical correlation coefficients	典型变量构成 Composition of typical variable
第一典型变量 The first typical variable	0.999 2** $V1 = -0.5946 \times AREA + 0.0980 \times LPI + 1.7560 \times NP + 0.4341 \times PD$ $W1 = 1.5491 \times LSI - 0.2954 \times GONTAG - 1.3110 \times AI - 0.2338 \times DIVISION$
第二典型变量 The second typical variable	0.984 8** $V2 = -1.2343 \times AREA + 0.4585 \times LPI + 1.6027 \times NP + 1.1884 \times PD$ $W2 = 0.4795 \times LSI - 0.5945 \times GONTAG - 1.6281 \times AI - 0.7861 \times DIVISION$

注: ** 表示差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: ** means especially significant difference ($P < 0.01$)

典型变量中各性状的权重大小表示对典型性状值影响的重要程度,由表5可见,第一典型变量的基本指数构成中,斑块个数(NP)和斑块面积(AREA)对变量构成的系数影响最大,其他的影响较小,并且斑块面积(AREA)系数为负值。第一典型变量的其他指数构成中,景观形状指数(LSI)和斑块集聚度指数(AI)对变量构成的系数影响最大,其他的影响较小。其中景观形状指数(LSI)为正值,斑块集聚度指数(AI)为负值。说明第一典型变量的极显著相关主要由斑块个数(NP)、斑块面积(AREA)、景观形状指数(LSI)和斑块集聚度指数(AI)引起。

第二典型变量的基本指数构成中,斑块个数(NP)和斑块面积(AREA)对变量构成的系数影响最大,其他的影响较小,并且斑块面积(AREA)为负值。第二典型变量的其他指数构成中,斑块集聚度指数(AI)和景观分裂指数(DIVISION)对变量构成的系数影响最大,并且两者都为负值,其他的影响较小。说明第二典型变量的极显著相关主要由斑块个数(NP)、斑块面积(AREA)、斑块集聚度(AI)和景观分裂指数(DIVISION)引起。

3 结论

本文基于LANDSAT 8 OLI遥感影像对喀斯特地区的水体空间格局进行研究,并就景观指数之间的相关性进行典型相关分析。结果表明:

(1)1月、5月、8月和11月间的水体斑块面积和斑块密度等呈现逐渐增大再减小的过程,其中11月最小月较之于8月最大月,水体斑块面积增加124%,斑块个数增加125%。斑块密度也有较大的增加,反映出喀斯特地区在不同季节水体分布呈现较大变化的空间格局特征;

(2)从5月到8月,再从8月到11月,斑块面积(AREA)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)和景观分裂指数(DIVISION)等5个景观指数先上升再降低,最大斑块面积占比(LPI)、蔓延度指数(CONTAG)和斑块集聚性指标(AI)等3个指数先下降后上升,体现了喀斯特地区水资源空间格局一年内呈现聚集度先升后降,蔓延度指数先降后升的趋势,水资源空间格局的景观指数受季节影响较大;

(3)典型相关分析表明,斑块个数(NP)和斑块密度(PD)等基本景观指数与景观形状指数(LSI)、斑块集聚度(AI)和景观分裂指数(DIVISION)等存在高度相关。但景观形状指(LSI)、蔓延度指数(CONT-

AG)和斑块集聚度(AI)等3个指标在演变过程中也存在一定的波动和有序化,反映出喀斯特地区水资源空间格局在不同季节间的变化,呈现出不规则和有序化的特征。

遥感影像在监测喀斯特地区水资源及其空间格局演变等方面有非常大的优势,但实际应用中存在遥感数据分辨不高,导致一些面积较小的池塘和水体不易通过遥感影像获取,数据准确性有待通过获取较高分辨率的遥感数据加以改善,同时在景观指数的选取等方面也需进一步推敲,这些有待今后研究完善。

参考文献

- [1] 彭建,赵会娟,刘焱序,等.区域水安全格局构建:研究进展及概念框架[J].生态学报,2016,36(11):3137-3145.
- [2] 郭倩,汪嘉杨,张碧.基于DPSIRM框架的区域水资源承载力综合评价[J].自然资源学报,2017,32(3):484-493.
- [3] 李洪庆,刘黎明,郑菲,等.基于水环境质量控制的高集约化农业景观格局优化研究[J].资源科学,2018,40(1):44-52.
- [4] 黄硕,郭青海.城市景观格局演变的水环境效应研究综述[J].生态学报,2014,34(12):3142-3150.
- [5] 张明阳,王克林,何萍,等.白洋淀流域景观空间格局变化研究[J].资源科学,2005,27(2):134-140.
- [6] 钟洋,林爱文,胡碧松,等.基于DMSP-OLS夜间灯光数据的长江经济带城镇体系空间格局演变(1992~2013)[J].长江流域资源与环境,2018,27(10):2162-2171.
- [7] 周梅,张飞,王娟,等.新疆艾比湖流域景观格局尺度效应[J].干旱区研究,2017,34(5):1184-1195.
- [8] 宫殿林,洪曦,曾冠军,等.亚热带典型农业流域河流水质多元线性回归预测[J].生态与农村环境学报,2017,33(6):509-518.
- [9] 张敏,宫兆宁,赵文吉,等.近30年来白洋淀湿地景观格局变化及其驱动机制[J].生态学报,2016,36(15):4780-4791.
- [10] 许吉仁,董霁红.1987~2010年南四湖湿地景观格局变化及其驱动力研究[J].湿地科学,2013,11(4):438-445.
- [11] 冯源嵩,杨庆媛,邱从毫.南明河流域水质对景观格局演变的响应[J].环境科学研究,2015,28(12):1852-1861.
- [12] 王夏晖,王波,张惠远.农村景观格局的水环境效应研究进展[J].中国生态农业学报,2008,16(6):1590-1596.
- [13] 崔闪闪,刘庆,王静.空间粒度变化对县域农村居民点景观指数的影响——以江苏省大丰市为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(3):20-26.
- [14] 白军红,房静思,黄来斌,等.白洋淀湖沼湿地系统景观

- 格局演变及驱动力分析[J]. 地理研究, 2013, 32(9): 1634-1644.
- [15] 刘军会, 高吉喜. 北方农牧交错带界线变迁区的土地利用与景观格局变化[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 76-82.
- [16] 李艳利, 徐宗学, 李艳粉. 基于一级水生态分区辽河流域景观格局时空动态分析[J]. 地球与环境, 2012, 40(3): 375-384.
- [17] 周璟, 刘永, 郭怀成, 等. 沁河流域水环境约束分区与景观格局优化[J]. 环境科学研究, 2012, 25(5): 481-488.
- [18] 李利红, 张华国, 史爱琴, 等. 基于 RS/GIS 的西门岛海洋特别保护区滩涂湿地景观格局变化分析[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(1): 129-136.
- [19] 郑新奇, 付梅臣. 景观格局空间分析技术及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [20] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级: 第二版[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [21] 顿耀龙, 王军, 白中科, 等. 松嫩平原西部土地整理区景观格局指数的粒度效应研究[J]. 水土保持研究, 2014, 21(5): 66-71.

Study on Evolution and Quantitative Analysis of Water Landscape Patterns in Karst Region Based on Remote Sensing

CHEN Siyuan¹, CHENG Haimei², WU Shuiting¹

(1. School of Business Management, Guangxi University of Finance and Economic, Nanning, Guangxi, 530003, China; 2. Library of the Guangxi University of Finance and Economic, Nanning, Guangxi, 530003, China)

Abstract: In this paper, Long'an County in Guangxi was selected as the research area, and the LANDSAT 8 OLI remote sensing images of different seasons within the year were used as data sources. With the support of remote sensing software, the water body in the study area was extracted by supervised classification method, and the spatial distribution variation of water in different seasons was obtained by spatial analysis method, and then the landscape pattern characteristics of the spatial distribution and seasonal variation of water resources were analyzed by Fragstats software. The results showed that from May to August, and then from August to November, five landscape indexes such as patch area (AREA), patch number (NP), patch density (PD), landscape shape index (LSI), landscape splitting index (DIVISION) first increased and then decreased, while three indexes such as maximum patch area ratio (LPI), contagion index (CONTAG) and patch aggregation index (AI) first decreased and then decreased. These phenomena reflected that the spatial pattern of water in karst area showed a trend of first increasing and then decreasing in aggregation degree and first decreasing and then rising in spread index. The landscape index of the spatial pattern of water bodies was greatly influenced by the seasons. Typical correlation analysis showed that the basic landscape indexes such as patch number (NP) and patch density (PD) were highly correlated with landscape shape index (LSI), patch aggregation index (AI) and landscape splitting index (DIVISION). The extremely significant correlation of typical variables was mainly caused by patch number (NP), patch density (PD), landscape shape index (LSI), and patch aggregation index (AI). However, landscape shape index (LSI), contagion index (CONTAG) and patch agglomeration index (AI) also had some fluctuations and disorder during the evolution process, reflecting the changes in the spatial pattern of water bodies in karst area between different seasons, showing irregular and disordered characteristics.

Key words: karst area, water, remote sensing, landscape pattern, evolution, quantitative analysis

责任编辑: 陆雁