

# 基于遥感技术的祁连山南坡景观类型信息提取及空间特征分析

蒋 刚<sup>1,2,3</sup>, 颜海星<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>青藏高原地表过程与生态保育教育部重点实验室, 青海 西宁

<sup>2</sup>青海师范大学地理科学学院, 青海省自然地理与环境过程重点实验室, 青海 西宁

<sup>3</sup>青海省人民政府, 北京师范大学高原科学与可持续发展研究院, 青海 西宁

收稿日期: 2022年7月17日; 录用日期: 2022年8月16日; 发布日期: 2022年8月24日

## 摘 要

利用ENVI、Frastate等软件,对2014年Landsat8遥感影像基于最大似然法的方法进行景观类型信息提取,并利用景观生态学理论对南坡的空间格局定量分析。结果表明:研究区的总体景观格局呈现基底-廊道-缀块的结构特征,其中低覆盖草地为景观的基底、河流作为廊道而其他景观类型以“缀块”的形式分布;景观多样化程度高、景观类型形状不规则,景观多样性程度较高、类型较为丰富,连通性和均匀性程度较高,其中低覆盖草地分布最广破碎化程度最高。在未利用土地中,裸土面积广且分布散漫,严重影响低覆盖草地,随着时间的发展,必将逐年取代低覆盖草地。

## 关键词

遥感技术, 景观类型, 空间格局, 祁连山南坡

# Landscape Type Information Extraction and Analysis of Spatial Characteristics on the Southern Slope of Qilian Mountain Based on Remote Sensing Technology

Gang Jiang<sup>1,2,3</sup>, Haixing Yan<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Surface Process and Ecological Conservation of the Qinghai-Tibet Plateau Ministry of Education, Xining Qinghai

<sup>2</sup>Key Laboratory of Natural Geography and Environmental Process of Qinghai Province, School of Geography, Qinghai Normal University, Xining Qinghai

\*通讯作者。

<sup>3</sup>People's Government of Qinghai Province, Academy of Plateau Science and Sustainable, Beijing Normal University, Xining Qinghai

Received: Jul. 17<sup>th</sup>, 2022; accepted: Aug. 16<sup>th</sup>, 2022; published: Aug. 24<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Using ENVI, Frastate and other software, the landscape type information was extracted from the landsat8 remote sensing images in 2014, and the spatial pattern of the southern slope was quantitatively analyzed by using the landscape ecology theory. The results show that the overall landscape pattern in the study area presents the structural characteristics of base-corridor-block, with low coverage grassland as the base of landscape, river as corridor and other landscape types are distributed in the form of "block"; high landscape diversity, irregular landscape diversity, abundant types, high connectivity and uniformity, and the highest fragmentation. In the unused land, the bare soil is wide and widely distributed, which seriously affects the low coverage grassland. With the development of time, the low coverage grassland will be replaced year by year.

## Keywords

Remote Sensing Technology, Landscape Type, Spatial Pattern, The Southern Slope of the Qilian Mountain

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

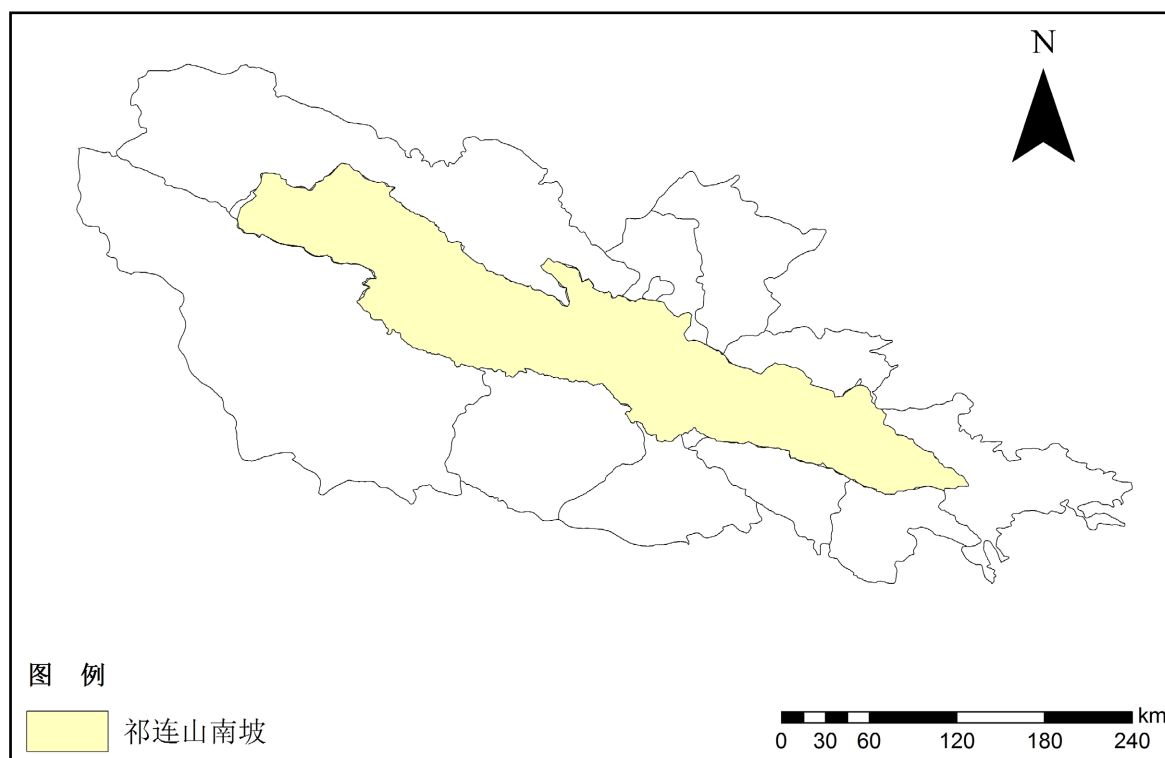
景观格局是形状与大小各异的景观嵌体在景观空间的排列,它是景观异质性的体现者,又是自然与人为要素在不同时空尺度上作用的最终结果[1]。国内景观格局早期的文献大多数是介绍国外的相关理论。上世纪80年代,景观生态学被国内学者介绍到中国后,景观格局作为基础的内容同时在中国引起关注[2]。现如今,景观格局及其动态变化和生态脆弱性评价研究已经成为景观生态学的研究热点和重要研究领域[3]。进行对景观格局及其特征变化的研究,可以充分认识生态环境的变化趋势,对认识区域景观行为,制定合理的景观生态管理保育政策有着重大的意义。

目前,国内外学者对祁连山北坡的景观格局等状况已有丰富的样地定位调查研究基础,并且在景观水平上已有一定的研究成果,而对南坡的研究还很少[4]。因此,本文利用RS技术,着重研究南坡的景观类型和空间特征和其潜在的规律,为祁连山南坡生态系统的保护和管理提供一定的科学依据。

## 2. 研究区概况

祁连山处在黄土高原、青藏两大高原与内蒙古高原的交汇处,西起当金山口、东到乌鞘岭、北临河西走廊,南接柴达木盆地[5],由多条西北-东南走向的平行山脉和宽谷组成,横跨甘肃、青海两省,是我国西北地区著名的高大山系之一[4]。祁连山南坡介于98°35'E~101°12'E, 37°25'N~39°04'N,总面积约为1.5万平方公里,主体位于青海省海北州境内(图1),是青海省主要的原始森林分布区。该区是我国内流河的主要发源地之一,对我国的生态屏障起着重要的作用。区域内地形复杂,盆地与峡谷较多,流水

地貌、风成地貌、冰川地貌分布广泛, 因海拔偏高, 纬度较北, 气候寒冷, 冰冻期较长, 属于典型的高原大陆性气候[5], 植被以草地和灌丛为主。该区因其地理位置的特殊性和自然生态系统的复杂性, 在维持生物的多样性和调节气候等方面有着重要的作用, 并且也是我国重要的水源涵养林区和生物多样性保护的热点区域[6]。



**Figure 1.** Location map of the study area

**图 1.** 研究区位置图

### 3. 数据来源

文章数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>) 2014 年夏半年的 lansat7/8 遥感影像, 条代号分别为 132034、133034、134034、133033 和 134033 (表 1)。考虑到研究区云量(CC)、影像质量(Qlty)等方面的因素, 本研究所选用的五张影像中 132034/134034 两景影像采用 2014 年 7 月的影像, 其余三景采用 2014 年 8 月的影像。

**Table 1.** Imaging information selected in this study

**表 1.** 本研究所选用的影像信息

Path/Row	影像 ID	云量(CC)	日期(Date)
132034	LC81320342014230LGN0	3%	2014/8/18
133034	LE71330342014197PFS00	3%	2014/7/16
134034	LC81340342014212LGN0	7%	2014/7/31
133033	LC81330332014221LGN0	2%	2014/8/9
134033	LC81340332014228LGN0	7%	2014/8/16

## 4. 数据处理

### 4.1. 遥感影像的预处理

在遥感应用研究中, 为了从原始数据中挖掘出满足该研究项目所需的信息就必须对遥感数据进行预处理[7], 这是下一步进行景观格局研究的前提和基础。理想的遥感影像能够如实而毫不歪曲的反映地物的辐射能量和几何特征的影像, 而实际上得到的影像都在不同程度上存在着畸变和降质, 因此, 遥感影像的预处理可以最大程度的还原影像, 剔除部分因外界因素导致的误差。

#### 4.1.1. 几何校正

当遥感影像在几何位置上发生地物形状不规则等变化时, 说明发生了几何畸变, 而几何校正就是校正影像成像过程中产生的各种几何畸变。遥感影像的几何校正包括粗校正与几何精校正, 粗校是根据产生畸变的原因, 利用取得的辅助参数与公式对其进行纠正, 因而又叫系统校正[8]。因为本文所使用的Landsat8数据, 数据本身已经过系统校正, 所以无需再几何校正。

#### 4.1.2. 波段合成

波段合成是从影像的多个波段中选择需要的几个波段重新合成一幅新的影像, 因为要区别植被信息与其他地物[9], 所以本文选择了753波段合成新的影像。主要是在ENVI软件basic tools下的layer stacking窗口中合成。

### 4.2. 影像镶嵌与裁剪

影像镶嵌是对多幅邻接的遥感影像通过几何镶嵌、色调调整和除重等处理, 拼接为统一整幅影像的过程。在ENVI的Georeferenced窗口下加载五幅影像拼接。拼接好的影像通过加入南坡边界线, 裁剪得到清晰的祁连山南坡遥感影像(图2)。

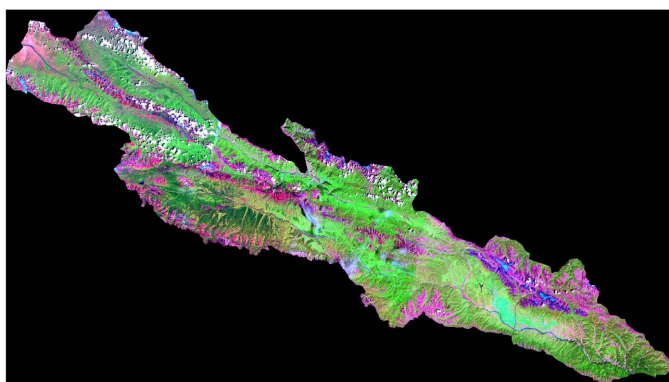


Figure 2. Remote sensing image map of the southern slope of the Qilian Mountain  
图2. 祁连山南坡遥感影像图

### 4.3. 影像的分类

遥感影像的分类就是利用地物在影像上反映出来的光谱特征来进行识别与归类的过程(图3)。基于概率判别函数贝叶斯判别规则来进行的分类称为最大似然分类法(Maximum Likelihood Classification, MLC), 它是通过假设影像的每个波段数据都呈正态分布, 各类地物类数据在空间中构成特定的点群, 每一类的每一维数据都在自己的数轴上为正态分布。根据各类的已知数据, 可以构出各类的概率密度函数, 概率分布函数[10]。

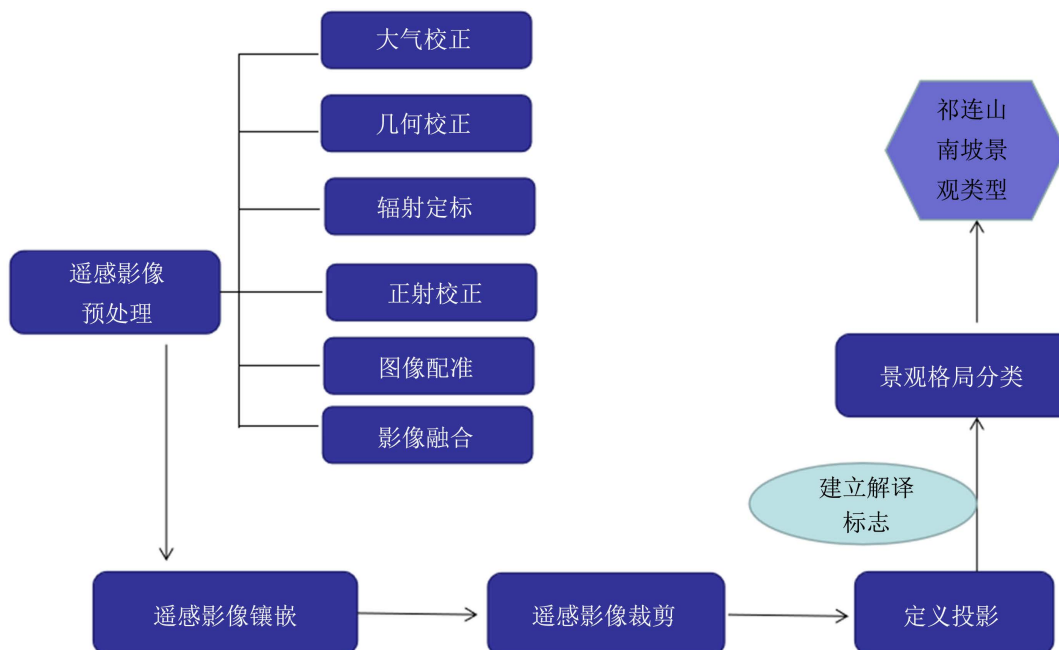


Figure 3. Data processing process

图 3. 数据处理流程

最大似然法是基于贝叶斯准则的分类方法, 是一种非线性分类, 其错误概率最小, 也是目前应用较广泛和成熟的监督分类法。通过监督分类中其他几种方法的分类结果比较和实地 GPS 实地验证, 因为祁连山南坡的景观类型复杂, 面积广阔, 因而用最大似然法分类可以最大限度的降低错误的概率, 让计算机分类出的景观类型可以是最大程度的准确。

遥感影像的解译标志可分为直接解译标志、间接解译标志, 直接解译标志是地物自身的相关属性在影像上的直接反映, 包括大小、形状等; 间接解译标志是根据地物自身属性的内在联系, 通过相关分析能够推断其性质的影像特征。解译标志的建立是根据遥感影像的特征信息, 包括色调、阴影、纹理、图案、位置和布局等。根据景观格局分类标准, 本研究将祁连山南坡划分了 11 个解译标志, 每个标志对应一种颜色, 在 ENVI 的 region of interest 窗口中, 每一个解译标志选取几十到一百个范围之间的样本点, 样本点选取的越多, 其分类结果可能越准确。根据全国遥感监测土地利用覆盖分类体系[11], 本次解译标志如表 2 (图 4)。

Table 2. Landscape interpretation mark on the south slope of Qilian Mountain

表 2. 祁连山南坡景观解译标志

一级类型	二级类型	定义[12]
未利用土地	裸岩	指表面为岩石或石砾的土地, 其覆盖面积 > 5% 以下的土地
	裸土	指地表土质覆盖, 植被覆盖度在 5% 以下的土地
	沙地	指地表为沙覆盖, 植被覆盖度在 5% 以下的土地, 包括沙漠, 不包括水系中的沙滩
	沼泽	指地势平坦低洼, 排水不畅, 长期潮湿, 季节性积水或常积水, 表层生长湿生植物的土地
水域	湖泊	指天然形成的积水区常年水位以下的土地

Continued

草地	高覆盖草地	指覆盖度在 > 50%的天然草地、改良草地和割草地。此类草地一般水分条件较好, 草被生长茂密
	中覆盖草地	指覆盖度在 20%~50%的天然草地和改良草地, 此类草地一般水分不足, 草被较稀疏
	低覆盖草地	指覆盖度在 5%~20%的天然草地。此类草地水分缺乏, 草被稀疏, 牧业利用条件差
耕地	耕地	指无灌溉水源及设施, 靠天然降水生长作物的耕地; 有水源和浇灌设施, 在一般年景下能正常灌溉的旱作物耕地; 包括山区、平原、丘陵旱地
林地	灌木林	指郁闭度 > 40%、高度在 2 米以下的矮林地和灌丛林地
城乡、工矿、居民用地	居民区与工矿用地	指城乡居民点及县镇以外的工矿、交通等用地

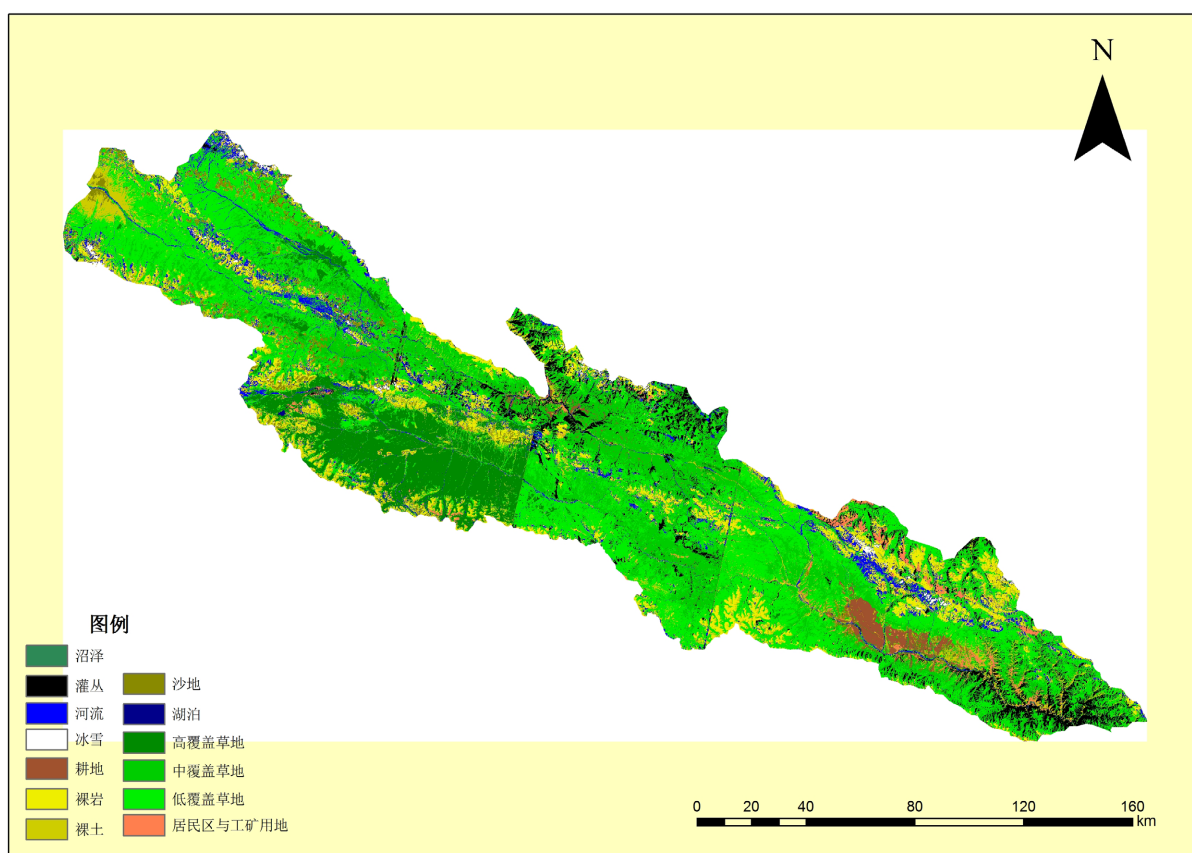


Figure 4. Schematic diagram of landscape types in the study area

图 4. 研究区景观类型示意图

## 5. 结果与分析

利用景观指数分析软件 Fragstates 4.0 分别计算水平类型的斑块面积、斑块类型百分比、斑块数量、边界密度五个指数[13], 得出表 3 数据和景观水平的香浓多样性指数、香浓均度指数和蔓延性指数三个指数得出表 4。

**Table 3.** Index of various landscape types at the landscape level in the study area  
**表 3.** 研究区景观水平上的各类型景观指数

景观类型/hm <sup>2</sup>	斑块面积比 (%)	斑块类型百分 (个个/hm <sup>2</sup> )	斑块数量	边界密度
沼泽	8603.37	0.097	7314.00	0.041
林地	155878.56	1.762	30238.00	11.07
水域	134072.94	1.582	48449.00	4.54
裸岩	198851.40	2.248	26130.00	3.59
裸土	161803.08	1.829	43660.00	4.48
沙地	50252.00	0.568	9318.00	1.06
耕地	36101.43	0.408	4970.00	0.49
冰雪	6455.80	0.980	817.00	0.38
高覆盖草地	283777.38	3.208	20873.00	2.72
中覆盖草地	438914.97	4.962	37441.00	6.69
低覆盖草地	790122.51	8.932	54892.00	11.07
居民区	37881.27	0.438	13217.00	1.07

**Table 4.** Statistical table of landscape Shannon diversity, Shannon equalization and spread index on the south slope of Qilian Mountain

**表 4.** 祁连山南坡景观香农多样性、香农均度和蔓延性指数统计表

	SHDI	SHEI	CONTAG
2014	1.1384	0.3381	80.8473

## 5.1. 景观格局基本特征

研究区总面积 2304516.32 km<sup>2</sup>, 分为 11 个景观类型, 共有 297,347 个斑块。在植被景观组分中, 低覆盖草地面积分布最广, 占全区类型百分比为 8.93, 斑块数为 54,892 个; 中覆盖草地面积类型百分比为 4.96, 斑块数为 37,441 个; 高覆盖草地占全区类型百分比为 3.21, 斑块数为 20,873 个; 灌丛占全区类型百分比为 1.762, 斑块数为 30,238 个; 耕地占全区类型百分比为 0.408, 斑块数 4970 个。其斑块面积低覆盖草地 > 中覆盖草地 > 高覆盖草地 > 灌丛 > 耕地。可见该区植被现以低、中、高覆盖草地为主, 它们面积之和占到了总景观面积的 66%, 斑块类型百分比为 17.102。在未利用土地中, 裸岩斑块面积最广, 占全区类型百分比为 2.248, 斑块数为 26,130 个; 裸土占全区类型百分比为 1.829, 斑块数为 43,660 个; 沙地占全区类型百分比为 0.568, 斑块数为 9318 个。其斑块面积裸岩 > 裸土 > 沙地, 在该区主要是以裸岩和裸土为主, 沙地占少量, 三者面积之和占全区面积的 18%。湖泊所占全区类型百分比是 1.582, 面积占全区面积的 9%。居民区所占百分比为 0.438, 斑块面积是 38,781, 占全区面积的 2%。

## 5.2. 景观破碎化分析

### 5.2.1. 斑块数量

斑块数量可以反映景观的空间分布格局, 它经常被用来描述整个景观的异质性, 景观破碎度与其值大小有很好的相关性: 斑块数量越大, 破碎度高; 斑块数量小, 破碎度低。在植被中, 可以得出斑块数

量低覆盖草地 > 中覆盖草地 > 灌丛 > 高覆盖草地 > 耕地, 那么低、中覆盖草地破碎化程度高, 其次是灌丛和高覆盖草地[14]。

### 5.2.2. 边界密度指数

边界密度揭示了景观或要素类型被边界分割的程度[15], 是景观破碎化程度最直接的反映(赵安玖等, 2006)。研究区各植被类型边界密度低覆盖草地 > 灌丛 > 中覆盖草地 > 高覆盖草地 > 耕地, 祁连山南坡耕地面积分布较少, 因此破碎化程度较低; 而区域内的低覆盖草地面积分布最广, 边界密度最大, 景观的破碎化程度也就最大。

### 5.2.3. 香农多样性指数(SHDI)和香农均度指数

SHDI 描述的是景观斑块类型的多样性, 主要反映景观斑块分布均衡性、强调稀有斑块类型对信息的贡献。SHDI 是一个比较和分析不同时期同一景观或同一时期不同景观的异质性变化的重要指标之一[16]。在同一个生态系统中, SHDI 越高, 表明景观土地利用类型越丰富, 破碎化程度越大, 景观所包含的信息也越复杂; SHDI 值越低, 说明景观土地利用类型越趋于单一, 破碎化程度越小, 景观格局相对也越稳定。计算得出祁连山南坡香农多样指数是 1.1384, 表明景观中斑块类型种类多, 呈多样性, 即景观利用土地利用类型丰富。SHEI 是香农多样性指数除以给定景观丰度下的最大可能多样性, 也是比较和分析不同时期同一景观或同一时期不同景观的异质性变化的重要指标之一。SHEI = 0 时, 表明景观仅由一块拼块组成, 无多样性; SHEI = 1 时表明各拼块均匀分布, 无最大多样性。南坡算出香农均度为 0.3381, 说明景观有多样性。CONTAG 是描述景观不同类型斑块的团聚程度或延展趋势, 当蔓延性指数值较小时表明景观中存在许多小斑块, 趋于 100 时表明景观中有连通度极高的优势斑块类型存在, 南坡蔓延性指数为 80.8473, 趋于 100, 因此说明研究区景观连通性较高。

## 5.3. 研究区的景观格局总体特征

从以上不同层次的分析可以看出, 研究区内的景观特征总体上呈现基底 - 廊道 - 缀块的结构特征。其中低覆盖草地构成研究区内的景观基底, 河流为主要的景观廊道, 其他类型以缀块的形式分布于研究区内。通过分析可以看出, 祁连山南坡地区在不同的景观中, 低覆盖草地所占斑块面积最大, 斑块类型面积百分比最大, 边界密度指数最大, 破碎化程度最高。研究区内景观的类型主要有草地(包括高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地)、沼泽、林地、耕地、湿地等景观类型, 多样性程度较高, 景观的均匀度和连通性较高。

## 6. 结语

景观空间分布及其演变是地形、气候等自然因素和人为因素共同决定的。通过 RS 技术对祁连山南坡的景观格局类型进行信息提取和空间特征分析, 得出了以下结论:

- 1) 祁连山地处我国西北干旱内陆区, 因长期受到青藏高原气候和蒙新荒漠气候的影响, 山地水热条件和植被的垂直差异明显, 这使得祁连山山地自然景观形成以, 以草地和灌丛为主要植被类型的基本特征。
- 2) 祁连山南坡形成了基底 - 廊道 - 缀块的基本特征, 基底为低覆盖草地, 低覆盖草地面积分布最广, 斑块数量最多, 边界密度最大, 破碎化程度最明显, 其次为中覆盖草地, 最后是灌丛, 高覆盖草地破碎不是很明显。廊道为河流, 缀块为其他类型的斑块。
- 3) 在未利用土地中, 裸土分布分散, 严重影响低覆盖草地的分布, 这应引起重视, 未利用土地将逐年取代低覆盖草地。



## 基金项目

国家重点研发计划项目“高分辨极区冰冻圈主被动微波探测技术”第四课题“冰冻圈关键要素主被动遥感建模与反演技术研究”(2021YFB3900104); 青海省重大科技专项: 青海省碳达峰碳中和关键技术研发和示范区建设(2021-SF-A7-1); 青海省创新平台建设专项青海省自然地理与环境过程重点实验室(2020-ZJ-Y06); 青海省科技厅祁连山南坡青海云杉地表物层生态水文效应(2020-ZJ-725)项目联合资助。

## 参考文献

- [1] 李传哲, 于福亮, 刘佳. 分水后黑河干流中游地区景观动态变化及驱动力[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 5832-5842
- [2] 李振鹏, 刘黎明, 张虹波. 景观生态分类的研究现状及其发展趋势[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 150-156.
- [3] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 唐本安, 毕华, 余龙师. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J]. 生态学报, 2007, 27(4): 1257-1264.
- [4] 曹广超, 付建新, 李玲琴, 曹生奎, 唐仲霞, 蒋刚, 等. 1960-2014年祁连山南坡及其附近地区气温时空变化特征[J]. 水土保持研究, 2018, 25(3): 88-96
- [5] 杨国靖, 肖笃宁. 中祁连山浅山区山地森林景观空间格局分析[J]. 应用生态学报, 2004, 15(2): 269-272
- [6] 曹广超, 张航, 曹生奎, 赵青林, 蒋刚. 祁连山南坡潜在蒸散量变化特征及其影响因子分析[J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 2016, 32(3): 43-50.
- [7] 张潇戈, 曹广超, 曹生奎. 基于DEM祁连山南坡河网提取时集水面积阈值的确定[J]. 中国农村水利水电, 2016(1): 31-34+38.
- [8] 年波, 王金亮, 席武俊, 杨士剑. 植被信息提取中的遥感影像预处理[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2004, 24(2): 62-65+78.
- [9] 韦玉春, 汤国安, 杨昕. 遥感数字图像处理教程[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [10] 党安荣, 等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 62-63.
- [11] 全国遥感监测土地利用覆盖分类体系[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/63818ddcad51f01dc281f1e8.html>, 2016-09-02.
- [12] 地理检测云平台. 东北林业大学土地利用、土地覆盖、植被覆盖度与气象数据技术服务[EB/OL]. <http://www.dsac.cn/ServiceCase/Detail/414883>, 2022-07-27.
- [13] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 陈海莹, 郑全顺, 李先玥, 马国强, 薛长凯, 蒋峰. 近二十年来青海湖流域湿地景观格局动态变化分析[J]. 中国科技信息, 2022(5): 84-88+90
- [15] 侯世全, 刘云, 夏训峰. 小尺度城市边缘区景观格局指数与小气候环境因子的相关性研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(s1): 188-191.
- [16] 张立平, 张世文, 叶回春, 黄元仿. 露天煤矿区土地损毁与复垦景观指数分析[J]. 资源科学, 2014, 36(1): 55-64.