

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.02.15

引用格式: 黄莉, 刘晓煌, 刘玖芬, 等. 长时间尺度下自然资源动态综合区划理论与实践研究——以青藏高原为例[J]. 中国地质调查, 2021, 8(2): 109–117. (Huang L, Liu X H, Liu J F, et al. Theories and practice of the comprehensive regionalization of natural resources at a long time scale: A case study of Qinghai–Tibet Plateau[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(2): 109–117.)

长时间尺度下自然资源动态综合区划理论与实践研究 ——以青藏高原为例

黄莉¹, 刘晓煌^{2,4}, 刘玖芬², 刘晓洁³, 张海燕³

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国地质调查局自然资源综合调查指挥中心, 北京 100055; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4. 自然资源要素耦合过程与效应重点实验室, 北京 100055)

摘要: 自然资源综合区划是自然资源统一管理利用的基础, 其动态变化是自然资源合理可持续利用的重要科学依据。由于青藏高原海拔高、气候寒冷, 分布着除极地以外的最大冰川遗迹, 极端的环境和气候对自然资源分布影响较大。选取含冰川积雪在内的14个指标, 基于遥感和地理信息系统技术, 采用K-means聚类算法对自然资源综合指数进行空间聚类, 采用“自上而下”演绎法和“自下而上”归纳法相结合确定研究区自然资源综合区划的等级和范围; 探讨了1990—2018年青藏高原综合区划的变化, 分析了自然资源动态变化特征以及空间差异。研究成果清晰地认识了青藏高原的自然资源关系和演化趋势, 为区划的多学科交叉应用提供案例。

关键词: 自然资源; 综合区划; 动态变化; 冰川积雪; 青藏高原

中图分类号: X37; P96

文献标志码: A

文章编号: 2095–8706(2021)02–0109–09

0 引言

改革开放以来, 我国社会经济发展迅速, 但却带来了资源枯竭和生态系统退化等一系列的问题^[1], 严重威胁到了人类生存和社会可持续发展。因此, 如何协调自然资源与社会经济发展的关系, 促进生态文明建设成为当务之急。我国幅员辽阔, 资源条件存在明显的空间差异^[2], 区划是认识各自然资源的空间分布特征以及深入分析其相互耦合关系的重要前提, 因此, 进一步研究自然资源综合区划方案可为自然资源监测体系的建立、自然资源网络台站的部署等工作提供支撑^[3]。

20世纪中期开始我国的区划工作主要针对的是自然区划^[4]。从《中国气候区域论》^[5]的发表开始了我国自然地域区划研究。在全国区划方面, 林

超^[6]根据大地构造、气候状况、地貌等首次进行了综合自然地理区划, 为综合自然区划奠定了基础。随着“3S”技术(RS、GIS和GPS)、数据挖掘等科学技术的发展, 我国学者按照不同的研究方法、区划尺度、技术手段等进行研究: 20世纪20到50年代, 由于条件的限制, 区划以定性方法为主, 学者们采取经验法对自然地理进行区划^[6–8]; 20世纪50年代后, 地理学、生态学、数学等学科的交互发展, 应用技术手段从以实地调查为主的传统技术到以“3S”技术、现代测量、模型模拟为代表的新技术的转变, 区划研究多采用定性定量相结合的方法^[9–10], 在专家经验的基础上, 通过指标法进行区划^[8], 并在ArcGIS软件中叠置分析, 再结合综合分析法^[11–12]、聚类分析法^[6,13]、判别分析法^[6]、机器学习^[14–15]等进行区划工作。区划的技术手段呈现出高科技、多元化的趋势, 多种技术方法并用进来进

收稿日期: 2021–03–01; 修订日期: 2021–04–02。

基金项目: 中国地质调查局“自然资源要素综合观测数据集成与应用服务(编号: 中地调审(20200810))”和国家自然科学基金“基于地理随机森林模型的放牧强度因子空间化表达及其对土壤风蚀的影响(编号: 42007429)”项目联合资助。

第一作者简介: 黄莉(1998—), 女, 硕士研究生, 从事基于地理信息系统的金属存量、流量及精细化管理研究。Email: aria_2020@163.com。

通信作者简介: 张海燕(1987—), 女, 助理研究员, 主要从事自然资源管理与草地生态学方面的研究。Email: zhanghaiyan823@163.com。

行区划^[16]。但多数研究针对宏观尺度对生态、农业、气候等研究,对自然环境较为复杂的青藏高原研究较少。

青藏高原地区被誉为“世界屋脊”“亚洲水塔”,不仅是珍稀野生动物的天然栖息地,还是我国重要的生态安全屏障和生态文明建设的重点地区。青藏高原地区由于地域位置的特殊性,分布着除极地以外的最大冰川遗迹,生态系统具复杂性,拥有特殊的高原植被类型,因此,在学习和继承前人区划工作研究成果的基础上,本文运用遥感和 GIS 技术,基于欧氏距离的 K - means 聚类算法,选取冰川积雪、植被指数等在内的 14 个自然资源指标,对青藏高原地区进行自然资源动态分区划定并分析其动态特征。

1 研究区概况

本文研究范围为张海燕等^[13]发表的《中国自然资源综合区划理论研究与技术方案》中一级区划的青藏草地自然资源大区(图 1)。青藏高原位于中国西南部,包括西藏自治区、青海省、四川省、云南省、甘肃省以及新疆维吾尔自治区的部分地区,土地总面积 $260.39 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全国陆地总面积的 27.47%,平均海拔大于 4 000 m,有“地球第三极”之称^[17]。青藏高原地区生态环境复杂多样,山谷冰川、冰原分布于极高山和高海拔区域,冰川融水与大气降水汇集成千余个湖泊,故有“亚洲水塔”之称^[18]。其气候和环境复杂多样,从北向南依次为高山极端干旱区、高山亚寒带及高山温带,从西向东为高原亚寒带气候、高原山地气候与高原温带湿润气候,东南部分布少量的亚热带气候。从西北至东南依次分布着高寒荒漠、高寒草原、高寒灌丛、草甸、亚高山针叶林和亚热带/热带森林^[19]。由于海拔高,气候寒冷,“高”和“寒”成为本区最突出的区域地理特征,青藏高原及其周边山区分布着除极地以外的最大冰川遗迹,对研究区域和全球的大气循环以及环境变化机制具有重要作用^[20]。研究区 2018 年草原面积为 $127.56 \times 10^4 \text{ km}^2$,是该区面积最大的资源类型,占该大区总面积的 48.99%;荒漠面积为 $79.71 \times 10^4 \text{ km}^2$,是该区第二大面积的资源类型,占总面积的 30.61%;森林面积为 $33.38 \times 10^4 \text{ km}^2$,占该大区总面积的 12.82%;水体与湿地面积为 $16.69 \times 10^4 \text{ km}^2$,占该大区总面积的 6.41%;耕地面积为 $2.79 \times 10^4 \text{ km}^2$,占该大区总面

积的 1.07%;建设用地面积为 $0.26 \times 10^4 \text{ km}^2$,占该大区总面积的 0.10%。

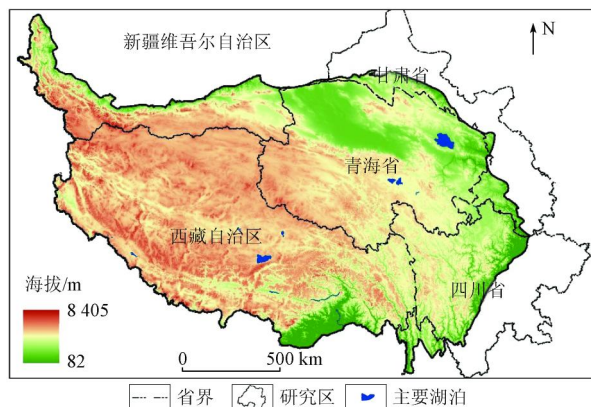


图 1 研究区位置

Fig. 1 Overview of the research area

2 自然资源动态区划研究方案

2.1 区划的理论体系与原则

自然资源综合区划应针对多要素、多尺度、多视角的要素,同时将地理、人文、自然等要素融入,不仅对研究区的地表现象的相似性与差异性进行区域的划分,也要对过程和类型研究进行归纳。地理地带性规律是一切自然地理区划的基本理论基础,区域的相似性或差异性直接反映为地理地带性规律特点;自然资源系统耦合人类需求与资源供给,人地关系地域系统着重研究人类与自然之间的相互影响,协调两者关系,维持区域内可持续发展^[21];区域的资源环境系统则对人类活动的承载能力有限制,要求保证一定的区域范围内资源环境承载力的资源结构可持续^[22];自然资源综合区划要考虑区域内自然资源的现状,以资源分区促进自然资源配置的优化,使其利用效率最大化,进而充分发挥自然资源价值的同时,也要考虑自然资源的发展演化,预测其发展趋势,才能做好自然资源综合区划。通过对自然资源综合区划理论基础的凝练,总结出地域分异规律、人地关系地域系统、资源环境承载力、资源配置、区域经济和发展预测等理论。

区划原则是区划制定过程中所要遵循的准则,是为了确保合理而实用的自然地理区划是否成功的关键。按照国家自然资源体系建设的需求,从合理利用、综合管理自然资源的角度出发,自然资源综合区划原则的制定不仅要遵循一般区

划的综合分析原则、区域共轭性原则、相对一致性原则等,还需考虑自然资源本身的结构和功能特性。自然资源系统复杂,一个区域内可能存在多种类型的自然资源,在大尺度范围内,自然资源的差异性较大,难以通过资源要素确定主导资源,需要考虑自然资源利用效率最大化,从而实现自然资源的可持续利用;区划内各类自然资源之间也是相互联系、相互制约的,进行自然资源综合区划时,要充分考虑自然资源系统性和整体性的特点;随着技术的发展,我国的区划需要紧跟时代的步伐,结合新手段、新技术,开创新思路、新方法。基于此,自然资源综合区划应遵循主体性原则、整体性原则、多尺度原则、等级性原则和发展性原则的 5 大原则。

2.2 区划的研究思路

自然资源综合区划的对象包括森林、草原、耕地、湿地、水等自然资源。自然资源综合区划目标是:为掌握我国各类自然资源的空间分布位置,为实施合理的国土空间规划提供依据;用于指导自然资源的开发利用,改善产业结构和生产布局;

为实现山水林田湖草的整体保护、系统修复,保障国家的生态安全提供基础依据。

在明确区划对象与目标前提下,对影响自然资源空间分布的气候、植被等自然要素进行分析。在遵循上述区划的原则下,对自然资源综合区划逐级划分。指标选取时要特别注意尺度问题:在空间尺度上,选取的指标要能够体现其在不同单位等级系统上的强弱程度;在时间尺度上,除静态的指标之外,还应考虑具有时效性的动态指标。

本文结合定量计算与定性分析,主要采用基于欧氏距离的 K - means 聚类算法对自然资源综合指数进行空间聚类确定区划方案,通过“自上而下”演绎法和“自下而上”归纳法确定区划等级。K - means 聚类算法的目标是综合要素划分,从而使所有组的每一个组中要素之间的差异达到最小化,最终实现空间的聚类,为了使研究对象划分为相同结构的指标以解决各指标之间的相关性问题的,在收集、整合原有区划成果的基础上,选取具体指标,采用相应的方法,最终形成自然资源综合区划方案(图 2)。

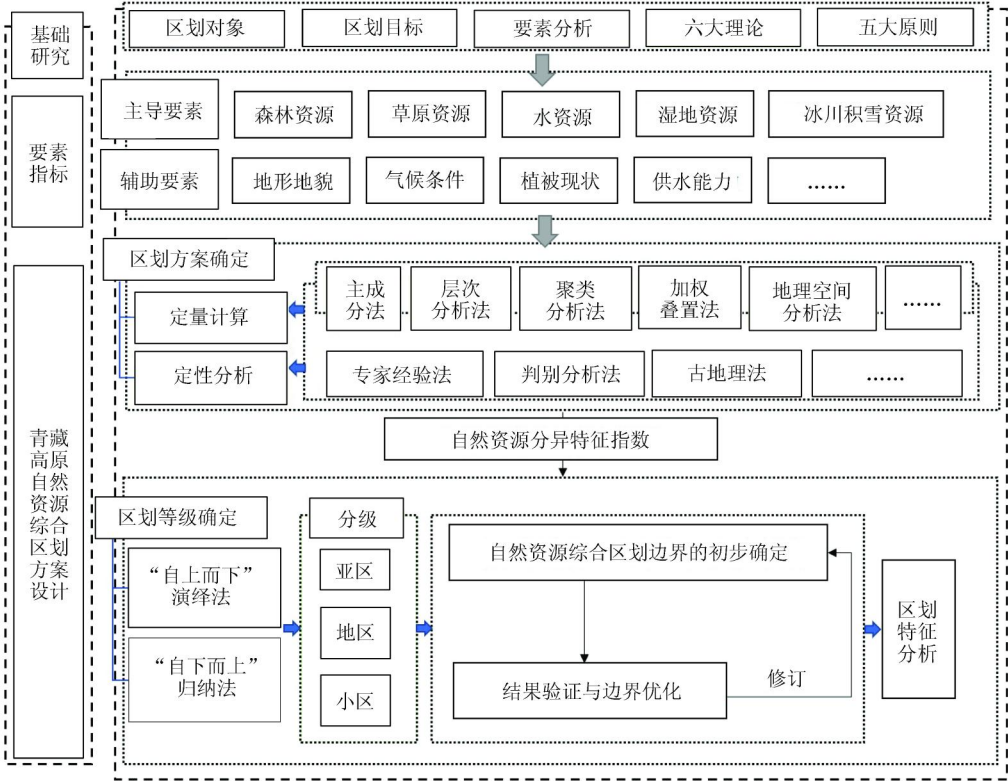


图 2 自然资源综合区划技术流程

Fig. 2 Conceptual framework for the natural resource comprehensive regionalization

(续表)

要素分类	图层指标	图层权重系数					均值要素 权重系数
		1990 年	2000 年	2010 年	2018 年	多年均值	
气候要素	湿润度	0.023	0.030	0.027	0.019	0.028	0.123
	年降水量/mm	0.014	0.013	0.014	0.074	0.017	
	≥0℃日积温/℃	0.087	0.077	0.089	0.083	0.092	
植被要素	NDVI	0.021	0.019	0.019	0.023	0.025	0.062
	NPP 以碳计含量/(g·m ⁻²)	0.041	0.039	0.031	0.029	0.038	
流域要素	三级流域产水模数/(万 t·km ⁻²)	0.057	0.057	0.058	0.064	0.063	0.057
地表资源	森林占比/%	0.110	0.108	0.100	0.101	0.092	0.752
	草原占比/%	0.030	0.033	0.030	0.029	0.021	
	湿地与水体占比/%	0.168	0.155	0.157	0.153	0.160	
	耕地占比/%	0.130	0.150	0.152	0.166	0.141	
	荒漠占比/%	0.117	0.117	0.119	0.053	0.118	
	冰川积雪分布/%	0.198	0.198	0.199	0.200	0.200	
合计		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

2.3.4 空间聚类分析

将标准化数据乘以各自权重计算出自然资源综合指数,并将其作为聚类分析初始数据,利用 ArcGIS 软件,基于欧氏距离的 K-means 聚类算法尝试将自然资源进行聚类(图3),为后续区划提供

有力的依据。自然资源综合指数 S 计算公式为

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \times S_i \quad , \quad (2)$$

式中: W_i 为 i 图层的权重; S_i 为第 i 个要素的属性值。

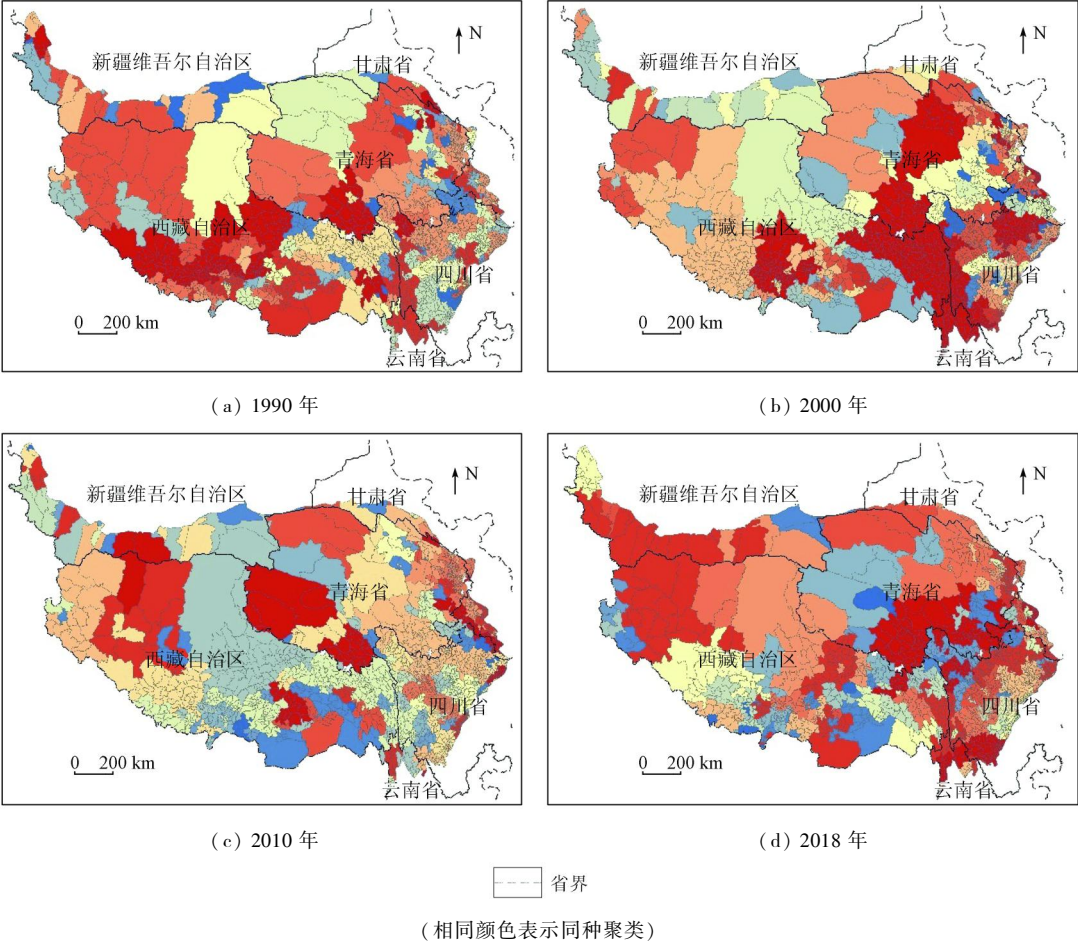


图3 1990—2018 年 15 类聚类分布

Fig.3 Distribution map of 15 clusters from 1990 to 2018

2.3.5 区划界线的划定

根据不同的聚类方案结合生态系统类型和行政区域、地形地势结构,对青藏高原地区自然资源区划进行调整,生成 4 期动态区划,并以地表主导资源(林草)空间差异性为依据,进一步确定区划边界。

2.3.6 区划的命名规则

二级区划命名规则为“大地理位置+自然资源主体(草耕、草耕林、冰川冻土、冰川冻土荒漠、冰川冻土荒漠草原、冰川冻土荒漠草耕、冰川冻土荒漠草耕林等)+亚区”;三级区划命名规则为“自然地理位置+地貌形态的组合特征+温湿情况/气候类型+自然资源一级类型+地区”;四级区划命名规则为“具体自然地理位置+地貌形态的组合特征+自然资源二级类型+小区”。

3 青藏高原动态区划

3.1 分区动态变化

根据 1990—2018 年聚类分布图,2000 年和 2010 年与前后数据有一定相似度,本文分别将 1990 和 2018 年长时间的青藏高原自然资源综合区划划分为 9 个亚级自然资源综合区、19 个地级自然资源综合区(图 4(a)、(b))。2 期的青藏高

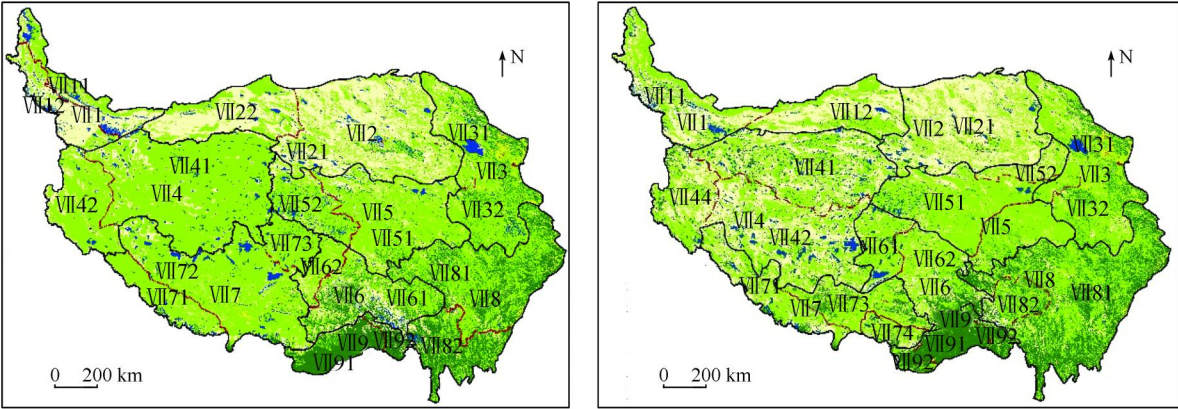
原自然资源综合区划方案相比,有部分边界有较大变化。

(1)羌塘高原高寒带草原亚区的面积明显增大,边界向四周扩展,该亚区主要的陆表资源类型是草原、荒漠、水体和湿地,2018 年区划边界统计面积表明,草原与荒漠所占面积变化很大,草原资源面积占比由 80.65% 减少为 45.90%,荒漠面积占比由 13.65% 增加为 41.51%。

(2)与羌塘高原高寒带草原亚区相邻的青藏高原南部高寒带草原亚区、藏南山地高寒带草原亚区边界覆盖范围缩小,其中藏南山地高寒带草原亚区的草原资源类型占比减少,但仍为主要资源类型。

(3)柴达木盆地高寒带荒漠亚区南部边界向北移动,该亚区的荒漠类型面积明显减少,以 2018 年区划边界统计荒漠面积由 58.35% 减少为 49.89%,草原资源面积占比由 33.05% 增加为 42.93%。

(4)藏东南高原山地温带森林亚区边界没有明显变化,但受气候影响,自然资源类型变化幅度较大,以 2018 年区划边界统计面积具体表现为草原资源面积占比由 8.74% 变为 19.89%,荒漠面积占比由 11.09% 变为 5.28%,其中主导森林资源占比为 72.22%。



(a) 1990 年 (b) 2018 年

亚级区边界 地级区边界 耕地 森林 草原 水体与湿地 建设用地 荒漠

VII1. 昆仑山北翼高寒带荒漠草原亚区; VII2. 柴达木盆地高寒带荒漠亚区; VII3. 祁连山山地高寒带林草亚区; VII4. 羌塘高原高寒带草原亚区; VII5. 青藏高原南部高寒带草原亚区; VII6. 果洛那曲高原高寒带草原亚区; VII7. 藏南山地高寒带草原亚区; VII8. 横断山区寒温带林草亚区; VII9. 藏东南高原山地温带森林亚区

图 4 1990 年和 2018 年青藏高原自然资源综合区划

Fig. 4 Comprehensive regionalization of natural resources in Qinghai-Tibet Plateau in 1990 and 2018

3.2 分区影响因素

(1) 气候要素变化。青藏高原具有干旱、寒冷、多风、低氧、辐射强以及昼夜温差大的气候特点^[24],随着城市化进程的不断加快,全球温度上升,气候变化影响着植被群落的分布结构,草原湿地等受到气候变化的影响,其空间地理格局发生改变^[25];全球气候变暖导致冰川积雪面积的减少,其冻土厚度和下界也在减少^[26]。青藏高原大部分地区降水稀少,属于干旱、半干旱气候。青藏高原降水量逐渐减少,蒸发量逐渐增大,干旱程度不断加重,青藏高原多大风,且大风持续时间长,大部分地区大风日数超过 50 d。因此,自然资源类型随着气候要素影响向荒漠草原资源类型水平方向变化。

(2) 沙漠化加剧。藏北高原和青南高原地势高、气候冷,以荒漠草原和典型草地为主。地表植被覆盖度低,生态环境脆弱,风蚀气候侵蚀力强盛,青藏高原东南部大部分地区属于半干旱、半湿润或湿润气候,植被以森林和灌木为主,沙漠化土地呈零星状分布于干热河谷内。青藏高原中西部,大部分地区海拔在 4 500 m 以上,是青藏高原海拔最高的地区,大部分地区气候干燥,地表多呈草原和荒漠景观,由东南向西北方向土地沙漠化不断加重,受恶劣自然条件影响,沙漠化防治难度也很大。因此,羌塘高原高寒带草原亚区和柴达木盆地高寒带荒漠亚区的随着沙漠化方向移动。

4 结论

(1) 由于海拔高、气候寒冷,青藏高原及其周边山区分布着除极地以外的最大冰川遗迹,在指标选取中选取包含冰川积雪在内的 14 个指标,基于遥感和地理信息系统技术,采用 K-means 聚类算法对自然资源综合指数进行空间聚类确定区划方案,结合“自上而下”演绎法和“自下而上”归纳法确定区划等级,进行该区域 1990 和 2018 年不同时期自然资源综合区划边界的确定。

(2) 对 1990、2000、2010 和 2018 年的自然资源

综合区划的聚类分析,结果表明,聚类结果符合青藏高原地区资源分布特征,采用“自上而下”演绎法和“自下而上”归纳法相结合的区划思路和空间聚类分析方法是适用于自然资源综合区划的。

(3) 1990 和 2018 年针对青藏高原地区自然资源所做的综合性区划表明,区划边界受气候、地貌、生态和人类活动等多方面的影响。其中气候变化、沙漠化严重、生态类型复杂主要影响区划范围的确定。

(4) 经济发展、人为活动、生态变化等因素同样影响着自然资源,当前指标选取工作较为基础,还存在数据缺失和分辨率不够等问题。随着全国自然资源综合观测体系不断完善和时空大数据的建立,数据获取能力、数据种类以及数据分辨率也不断提高,自然资源综合区划的精度也将得到相应的提高。

参考文献(References):

- [1] Xu K P, Wang J N, Wang J J, et al. Environmental function zoning for spatially differentiated environmental policies in China [J]. J Environ Manage, 2020, 255: 109485.
- [2] Wu S H, Yin Y H, Zheng D, et al. Advances in terrestrial system research in China [J]. J Geogr Sci, 2016, 26(7): 791-802.
- [3] 郑度, 杨勤业, 顾钟熊. 地理学术思想及其实践——纪念黄秉维院士诞辰九十周年 [J]. 地理研究, 2003, 22(2): 133-139. Zheng D, Yang Q Y, Gu Z X. Academician HUANG Bing-wei's geographical academic thought and its application; in commemoration of the 90th anniversary of the birth of HUANG Bingwei [J]. Geogr Res, 2003, 22(2): 133-139.
- [4] 周璞, 侯华丽, 吴尚昆. 我国矿产资源自然区划研究 [J]. 中国矿业, 2019, 28(2): 29-33. Zhou P, Hou H L, Wu S K. Preliminary study on natural zoning of mineral resources in China [J]. China Mining Magazine, 2019, 28(2): 29-33.
- [5] 竺可桢. 中国气候区域论 [J]. 地理杂志, 1930, 3(2). Zhu K Z. Climate regionalism in China [J]. J Geogr, 1930, 3(2).
- [6] 林超. 中国自然区划大纲(摘要) [J]. 地理学报, 1954, 20(4): 395-418. Lin C. Natural division outline of China (abstract) [J]. Acta Geogr Sin, 1954, 20(4): 395-418.
- [7] 罗开富. 中国自然地理分区草案 [J]. 地理学报, 1954, 20(4): 379-394. Luo K F. A draft for physical geography regionalization of Chi-

- na[J]. *Acta Geogr Sin*, 1954, 20(4): 379 – 394.
- [8] 黄秉维. 论中国综合自然区划[J]. 新建设, 1965(3): 65 – 74.
Huang B W. On the comprehensive natural division of China[J]. *New Arch*, 1965(3): 65 – 74.
- [9] 段华平, 朱琳, 孙勤芳, 等. 农村环境污染控制区划方法与应用研究[J]. *中国环境科学*, 2010, 30(3): 426 – 432.
Duan H P, Zhu L, Sun Q F, et al. Regionalization method and its application of rural environmental pollution control[J]. *China Environ Sci*, 2010, 30(3): 426 – 432.
- [10] 赵岩, 王治国, 孙保平, 等. 中国水土保持区划方案初步研究[J]. *地理学报*, 2013, 68(3): 307 – 317.
Zhao Y, Wang Z G, Sun B P, et al. A primary study on scheme of soil and water conservation regionalization in China[J]. *Acta Geogr Sin*, 2013, 68(3): 307 – 317.
- [11] 念沛豪, 蔡玉梅, 谢秀珍, 等. 基于生态位理论的湖南省国土空间综合功能分区[J]. *资源科学*, 2014, 36(9): 1958 – 1968.
Nian P H, Cai Y M, Ma S Z, et al. Geographical space comprehensive function zoning in Hunan province based on niche theory[J]. *Resour Sci*, 2014, 36(9): 1958 – 1968.
- [12] 李丽纯, 陈福梓, 王加义, 等. 基于 GIS 的台湾青枣在福建引扩种的气候适宜性区划[J]. *中国生态农业学报*, 2017, 25(1): 47 – 54.
Li L C, Chen F Z, Wang J Y, et al. Climate suitability regionalization for Taiwan green jujube introduction and expansion in Fujian Province using GIS[J]. *Chinese Journal of Eco – Agriculture*, 2017, 25(1): 47 – 54.
- [13] 张海燕, 樊江文, 黄麟, 等. 中国自然资源综合区划理论研究与技术方案[J]. *资源科学*, 2020, 42(10): 1870 – 1882.
Zhang H Y, Fan J W, Huang L, et al. Theories and technical methods for the comprehensive regionalization of natural resources in China[J]. *Resour Sci*, 2020, 42(10): 1870 – 1882.
- [14] 黄姣, 高阳, 赵志强, 等. 基于 GIS 与 SOFM 网络的中国综合自然区划[J]. *地理研究*, 2011, 30(9): 1648 – 1659.
Huang J, Gao Y, Zhao Z Q, et al. Comprehensive physiographic regionalization of China using GIS and SOFM neural network[J]. *Geogr Res*, 2011, 30(9): 1648 – 1659.
- [15] Huang X, Zhang L P. An SVM ensemble approach combining spectral, structural, and semantic features for the classification of high – resolution remotely sensed imagery[J]. *IEEE Trans Geosci Remote Sens*, 2013, 51(1): 257 – 272.
- [16] 吴绍洪, 潘韬, 刘燕华, 等. 中国综合气候变化风险区划[J]. *地理学报*, 2017, 72(1): 3 – 17.
Wu S H, Pan T, Liu Y H, et al. Comprehensive climate change risk regionalization of China[J]. *Acta Geogr Sin*, 2017, 72(1): 3 – 17.
- [17] Qiu J. China: the third pole[J]. *Nature*, 2008, 454(7203): 393 – 396.
- [18] 张瑞江. 青藏高原冰川演变与生态地质环境响应[J]. *中国地质调查*, 2016, 3(2): 46 – 50.
Zhang R J. Glacier change and eco – geological environment response in Tibetan Plateau[J]. *Geol Surv China*, 2016, 3(2): 46 – 50.
- [19] Zuo X A, Zhang J, Lv P, et al. Effects of plant functional diversity induced by grazing and soil properties on above – and below-ground biomass in a semiarid grassland[J]. *Ecol Indic*, 2018, 93: 555 – 561.
- [20] Molnar P, England P. Late Cenozoic uplift of mountain ranges and global climate change: chicken or egg? [J]. *Nature*, 1990, 346(6279): 29 – 34.
- [21] 毛汉英. 人地系统优化调控的理论方法研究[J]. *地理学报*, 2018, 73(4): 608 – 619.
Mao H Y. Theories and methods of optimal control of human – earth system; commemoration of 100th anniversary of academician Wu Chuanjun's birth[J]. *Acta Geogr Sin*, 2018, 73(4): 608 – 619.
- [22] 高湘昀, 安海忠, 刘红红. 我国资源环境承载力的研究评述[J]. *资源与产业*, 2012, 14(6): 116 – 120.
Gao X Y, An H Z, Liu H H. Views on China's resources and environmental loading capacity[J]. *Resources & Industries*, 2012, 14(6): 116 – 120.
- [23] 徐新良, 张亚庆. 中国气象背景数据集. 中国科学院资源环境[EB/OL]. 2021 – 2 – 19. <http://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx?DOIid=39>.
- Xu X L, Zhang Y Q. China Meteorological Background Data Set. China Academy of Sciences Resources and Environment [EB/OL]. 2021 – 2 – 19. <http://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx?DOIid=39>.
- [24] 鲁春霞, 谢高地, 肖玉, 等. 青藏高原生态系统服务功能的价值评估[J]. *生态学报*, 2004, 24(12): 2749 – 2755.
Lu C X, Xie G D, Xiao Y, et al. Ecosystem diversity and economic valuation of Qinghai – Tibet Plateau[J]. *Acta Ecol Sin*, 2004, 24(12): 2749 – 2755.
- [25] 董李勤, 章光新. 全球气候变化对湿地生态水文的影响研究综述[J]. *水科学进展*, 2011, 22(3): 429 – 436.
Dong L Q, Zhang G X. Review of the impacts of climate change on wetland ecohydrology[J]. *Adv Water Sci*, 2011, 22(3): 429 – 436.
- [26] 王绍武. 近百年我国及全球气温变化趋势[J]. *气象*, 1990, 16(2): 11 – 15.
Wang S W. Variations of temperature in China for the 100 year period in comparison with global temperatures[J]. *Meteor Mon*, 1990, 16(2): 11 – 15.

Theories and practice of the comprehensive regionalization of natural resources at a long time scale: A case study of Qinghai – Tibet Plateau

HUANG Li¹, LIU Xiaohuang^{2,4}, LIU Jiufen², LIU Xiaojie³, ZHANG Haiyan³

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 2. Natural Resources Comprehensive Survey Command Center, China Geological Survey, Beijing 100055, China; 3. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 4. Key Laboratory of Coupling Process and Effect of Natural Resoures Elements, Beijing 100055, China)

Abstract: Comprehensive regionalization of natural resources is the basis of unified management and utilization of natural resources, and its dynamic change is an important scientific basis for the sustainable utilization of natural resources. Due to the high altitude and cold climate of Qinghai – Tibet Plateau, the largest glacier remains are distributed here except the Polar Regions. The extreme environment and climate have a great impact on the distribution of natural resources. With remote sensing and geographic information system technology, the authors in this paper have selected 14 indicators including glacier snow cover, and used the K – means clustering algorithm to cluster the comprehensive index of natural resources to determine the regionalization range. By using the combination of "top – down" deduction method and "bottom – up" induction method, the division grade was determined. Besides, the comprehensive division of natural resources in the study area was established to discuss the dynamic division changes of the comprehensive division of Qinghai – Tibet Plateau from 1990 to 2018 and analyze the dynamic change characteristics and spatial differences of natural resources. The research results could help researchers to clearly understand the relationship and evolution trend of natural resources in Qinghai – Tibet Plateau, and provide a case for the interdisciplinary application of regionalization.

Keywords: natural resources; comprehensive regionalization; dynamic change; glacier snow; Qinghai – Tibet Plateau

(责任编辑: 常艳)