引文格式：杨智文,张文,魏晓冰,等. 基于多源数据的2009—2019年丹江口市景观变化分析[J]. 地理空间信息, 2023, 21(11): 46-51. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2023.11.011

基于多源数据的2009—2019年丹江口市景观变化分析

杨智文[1]，张　文[1*]，魏晓冰[1]，李建松[1]，罗名海[2]，程　琦[2]
（1. 武汉大学 遥感信息工程学院，湖北 武汉 430079；2. 武汉市测绘研究院，湖北 武汉 430022）

摘　要：面向丹江口市的自然资源景观及其变化展开研究，从景观格局的角度进行量化分析。首先整合丹江口市的历史地理时空数据和第三次全国国土调查成果，研究土地利用格局及其时空变化；然后利用景观格局指数方法分析丹江口景观格局的时空变化特性，并据此针对国土资源与人口经济协调发展提供建议。研究发现，2009—2019年丹江口市的优势景观类型基本无变化，除交通运输用地，其他景观类型的破碎度和形状复杂度均呈缓慢上升趋势，景观多样性和丰富度整体也呈上升趋势，说明丹江口市在建设发展过程中的生态环境持续向好。研究成果对于丹江口市土地利用的现状评价与效益提高、城市建设的规划布局和可持续发展具有重要参考意义。

关键词：国土资源；地理时空数据；全国国土调查；土地利用；景观格局；丹江口
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）11-0046-06

Landscape Change Analysis of Danjiangkou City from 2009 to 2019 Based on Multi-source Data

YANG Zhiwen[1], ZHANG Wen[1], WEI Xiaobing[1], LI Jiansong[1], LUO Minghai[2], CHENG Qi[2]
(1. School of Remote Sensing Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China;
2. Wuhan Geomatics Institute, Wuhan 430022, China)

Abstract: In this paper, we studied the natural resource landscape and its changes in Danjiangkou City, and made a quantitative analysis from the perspective of landscape pattern. Firstly, we integrated the historical geographical spatio-temporal data of Danjiangkou and the results of the third national land survey to study the land-use pattern and its spatio-temporal changes. And then, we used landscape pattern index method to analyze the spatio-temporal characteristics of landscape pattern in Danjiangkou, and provided some suggestions for the coordinated development of land resources and population economy. The results showed that from 2009 to 2019, the dominant landscape types in Danjiangkou were basically unchanged, the fragmentation and shape complexity of each landscape type showed a slow upward trend, only the transportation land showed a downward trend. The overall diversity and richness of landscape also showed an upward trend, reflecting the continuous improvement of ecological environment during the construction and development of Danjiangkou in recent years. The results are of great significance for the land-use evaluation, the improvement of land-use efficiency, the planning and layout of urban construction and sustainable development in Danjiangkou City.

Key words: territorial resource, geographical spatio-temporal data, national land survey, land-use, landscape pattern, Danjiangkou

南水北调是为缓解我国北方缺水地区水资源紧张而开展的一项国家战略性工程。丹江口是其中线工程的核心水源区、坝区，承担着保障调水水质安全和实施移民搬迁安置的历史性任务。对丹江口进行资源调查和监测分析工作，对于地区的生态环境保护和发展规划具有重要的指导作用，同时可在湖北省乃至长江流域形成示范。景观格局是指景观要素的数量、比例、规模等在空间上的配置与分布，既体现景观异质性，又反映各种生态过程在不同尺度上的作用[1-2]，其形成与变化受自然环境和人类活动的共同作用。通过分析景观格局，可以了解其组分和空间配置信息，研究景观格局变化对生态过程和社会过程的影响[3-4]。景观格局及其动态变化的定量分析方法主要包括景观格局指数法[5]、空间统计学法[6]和景观格局动态模拟法[7]。目前大部分景观格局研究都是针对栅格数据，即利用遥感影像提取研究目标，虽可转换为矢量数据再进行计算，但受尺度效应和提取算法的影响，成果精度会有所降低，从而影响分析结果[8-9]，将国土调查中综合各种测绘方式得到的年际土地利用现状矢量数据直接进行计算分析，可有效地解决该问题。柳晶辉[10]等利用遥感影像进行解译，分析了丹江口库区2000年和2004年的土地利用和景观格局变化；秦钰莉[11]等采用1987年、

收稿日期：2022-06-06。
第一作者简介：杨智文（1998—），硕士研究生，主要从事遥感和GIS水利监测应用方面的研究，E-mail：yangzhw@whu.edu.cn。
通信作者：张文（1980—），博士，副教授，主要从事水利和生态遥感应用方面的研究，E-mail：wen_zhang@whu.edu.cn。

1997年、2007年和2017年的遥感影像分析了较长时间跨度的丹江口水库库周的景观格局动态变化；张建[12]等以丹江口市2003—2018年4期遥感影像为基础，分析了土地利用变化对丹江口市景观格局与生态服务价值的影响。本文以第二、三次全国国土调查数据（二、三调）为基础，结合2010—2018年湖北省地理国情专项调查成果，对丹江口市开展重点区域调查研究，从数量、质量、结构等角度进行国土资源现状、开发利用程度和潜力分析，研判国土资源变化情况及其发展趋势，综合分析生态环境与区域高质量发展的整体情况，并提出适应生态保护和经济发展的对策建议。

1　研究区概况

丹江口市地处秦岭山脉和大巴山脉之间，属北亚热带季风气候，春秋气候温和，夏季酷热且降水量集中，冬季严寒少雨雪，冬长于夏，春秋相近，四季分明；山地、河谷、丘陵地貌单元众多，以汉江为界划分为江南、江北两大自然区，江南以秦岭山脉和大巴山系为主，其中武当山天柱峰是最高峰，江北以秦岭余脉为主，喀斯特地貌特征明显；主要地形特点为高差大（73~1 540 m）、坡度陡、切割深，地势西北高、东南低、中部较缓。本文基于湖北省30 m数字高程模型，通过ArcGIS软件分析导出山体阴影，并叠加数字高程模型和行政边界数据建立丹江口市的地形地貌图。丹江口市的地形分布具有明显的规律性，北部、南部地势较高，多为山坡丘陵；中部地势较低，多为水域、平原，这也与丹江口市耕地、城镇村和工业用地大多分布在中部的实际情况相符合。

2　数据处理与研究模型

本文采用的数据包括二调、三调成果，2010—2018年湖北省土地利用变更调查数据和数字高程模型等资料。首先根据研究需要对多源数据进行整合，构建丹江口市地理时空数据库；然后选取合适的景观格局指数，计算指数值并分析土地利用格局和景观时空变化；最后综合分析结果，面向资源与生态的人口、经济发展策略提出建议。

2.1　数据整合

二调、三调数据与湖北省土地利用变更调查数据的土地利用类型划分存在差异，土地利用变更调查数据的地类划分沿袭了二调数据，分析三调和二调中土地利用类型划分的特点和共性发现，二者大部分重合，但三调比二调的统计结果更详实，对土地利用情况的摸查更确切。本文参照《土地利用现状分类》国家标准的一级地类划分方式，建立了耕地、园地、林地、草地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地和其他土地8种类型的土地利用类型分类规则[13]，充分考虑了土地类型中最典型、关注度最高的地类，但又不像二级地类划分那样繁琐，有助于细致、深入地分析丹江口的景观格局特点。为对比分析丹江口市多年景观格局的变化，对2019年三调中统计的45类细分数据进行整合，生成八分类尺度的土地利用格局数据；同时对二调数据、2010—2018年湖北省土地利用变更调查数据中统计的30类细分数据进行整合，也获得了八分类尺度的结果，类型对照见表1。经过土地利用类型的统一，整合数据的时间范围为2009—2019年，能较系统地反映丹江口市的景观格局分布及其时空演化趋势。

2.2　景观格局指数

景观格局指数可对景观格局进行定量分析，辅助发现影响景观格局的不利因素，并在规划中提出控制与发展原则[14-15]。根据景观格局分析的需要，参考国内外相关研究，本文从数量、空间、聚集度、复杂度和多样性等方面，选取了斑块个数（NP）、斑块密度（PD）、最大斑块指数（LPI）、平均斑块大小（MPS）、景观类型比（PLAND）、景观形状指数（LSI）、分维数（FD）、香浓多样性指数（SHDI）和香浓均匀度指数（SHEI）9个指标，既可多角度、全方位分析评价地区景观，又剔除了相似指标间的冗余，具有高度的代表性和敏感性[16-18]。具体的指标意义与内涵为[19-21]：NP是某一地类景观的斑块数量，能客观反映其破碎度，与景观的破碎度正相关；PD是某一地类景观单位面积所含的斑块数量，由于引入了景观的面积数据，更能客观反映景观真实的破碎程度；LPI是某一地类景观的最大斑块与区域所有斑块面积之和的比值，反映最大斑块对整个类型和景观的影响程度，体现景观中占据优势的类型；MPS是某一地类景观的斑块平均面积，反映景观的破碎化程度；PLAND是某一地类景观的斑块面积之和与区域所有斑块面积之和的比值，反映不同类型斑块所占景观面积的比例；LSI通过计算某一地类景观中斑块形状与面积相等的正方形之间的偏离程度反映整体景观的形状复杂程度；FD通过计算斑块和景观的空间形状复杂度反映景观格局的总体分布特征；SHDI是各景观类型的斑块面积占比乘以其值的自然对数之后的和的负值，反映景观异质性，对景观中各类型的非均衡分布情况较敏感；

表1 丹江口市二调、三调土地利用分类对照

八分类		二调地类（二级类）		三调地类（二级类）	
地类编码	地类名称	地类编码	地类名称	地类编码	地类名称
		011	水田	0101	水田
01	耕地	012	水浇地	0102	水浇地
		013	旱地	0103	旱地
		021	果园	0201	果园
02	园地	022	茶园	0202	茶园
		023	其他园地	0204	其他园地
		031	有林地	0301	乔木林地
		032	灌木林地	0302	竹林地
03	林地	033	其他林地	0305	灌木林地
				0307	其他林地
		041	天然牧草地	0404	其他草地
04	草地	042	人工牧草地		
		043	其他草地		
		101	铁路用地	1001	铁路用地
		102	公路用地	1003	公路用地
		106	港口码头用地	1004	城镇村道路用地
		107	管道运输用地	1005	交通服务场站用地
10	交通运输用地			1006	农村道路
				1007	机场用地
				1008	港口码头用地
				1009	管道运输用地
		111	河流水面	1101	河流水面
		113	水库水面	1103	水库水面
		114	坑塘水面	1104	坑塘水面
		116	内陆滩涂	1104A	养殖坑塘
11	水域及水利设施用地	117	沟渠	1106	内陆滩涂
		118	水工建筑用地	1107	沟渠
				1107A	干渠
				1109	水工建筑用地
		122	设施农用地	1202	设施农用地
		124	盐碱地	1203	田坎
12	其他土地	127	裸地	1201	空闲地
				1206	裸土地
				1207	裸岩石砾地
		201	城市	0508	物流仓储用地
		202	建制镇	05H1	商业服务业设施用地
		203	村庄	0601	工业用地
		204	采矿用地	0602	采矿用地
		205	风景名胜及特殊用地	0701	城镇住宅用地
				0702	农村宅基地
20	城镇村及工矿用地			0809	公用设施用地
				0810	公园与绿地
				0810A	广场用地
				08H1	机关团体新闻出版社用地
				08H2	科教文卫用地
				08H2A	高教用地
				09	特殊用地

SHEI是SHDI除以给定景观丰度下的最大可能多样性，反映不同景观或同一景观在不同时期的多样性变化。综合来看，NP、PD、MPS侧重于景观格局的破碎度分析，LPI侧重于斑块集中类型和景观的优势类型分析，PLAND侧重于景观类型的丰富度分析，LSI和FD则侧重于某类景观的形状复杂度分析，SHDI和SHEI侧重于景观多样性分析。

3　研究结果与分析

3.1　丹江口市土地利用变化分析

对丹江口市二调、三调数据进行重点对比分析，在二调的八分类土地利用类型中，林地覆盖度最高，其次是耕地、水域及水利设施用地和园地，其余类型的覆盖度较低，具体见图1，整体来看，丹江口市的土地覆盖类型多为山区林地，交通运输用地、其他用地的面积占比很低，说明丹江口市的交通运输业还有待发展；耕地、园地占比比工矿用地高很多，说明丹江口市还是以农业为主；城镇村及工矿用地集中分布，说明丹江口市的工业基础多为城镇工业园区，单独的大型工业基地较少；城镇村及工矿用地多与水域及水利设施用地接壤，说明丹江口市可能还有港口、码头等或具备建造条件。

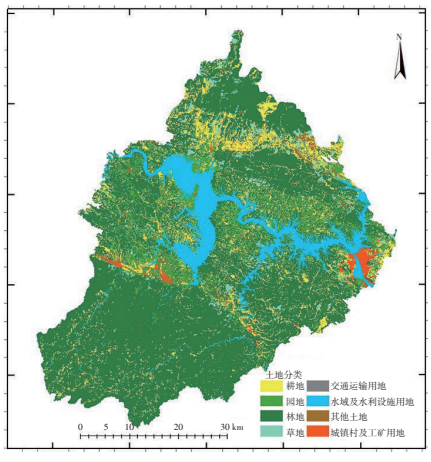


图1　丹江口市二调土地利用八分类格局

在三调的八分类土地利用类型中，林地类型覆盖度仍是最高，其次是水域及水利设施用地和园地，均超过了耕地的面积占比，具体见图2，与二调相比，三调数据中面积变化较大的是林地、草地、耕地、水域及水利设施用地和交通运输用地，中部、北部的大部分地区，一些耕地和建筑用地变更为林地和水域及水利设施用地，可以推测“退耕还林”、“乱建整治”政策得到了有效实施。作为南水北调工程的中线起点，水利利用变化对丹江口市的水域及水利设施变化具有一定影响。由土地利用类型变化可知，对丹江口土地利用变更具有重要影响的是人为因素。本文进一步统计二调、三调成果中的耕地、园地、林地、草地等8大地类的面积占比（图3），可以看出，林地一直是丹江口市的主要覆盖类型，面积占比保持在60%以上；其次是耕地、园地和水域及水利设施用地，占比均在8%~12%变化；再次是草地、城镇村及工矿用地，占比在2%~3%，但草地有较大的跌幅；交通运输用地、其他土地的占比最小，约为1%。林地面积占比有较大增幅，约为5.2%；耕地占比有所下降，约为3.3%；园地占比也有轻微下降，约为0.8%，说明在“退耕还林”政策下，丹江口市对林业资源的保护较好；水域及水利设施用地和交通运输用地占比也有一些增幅，约为2%，说明近10年水资源管理水平明显提升，交通运输业也有所发展；由于二调和三调对草地的统计标准发生了变化，三调成果中没有天然牧草地与人工牧草地，导致草地的面积占比下降较多，约为3.6%；城镇村及工矿用地占比也有略微下降，约为0.4%，说明丹江口市城镇化扩张不明显，为农业、林业生态保护付出了一定的经济与发展代价。

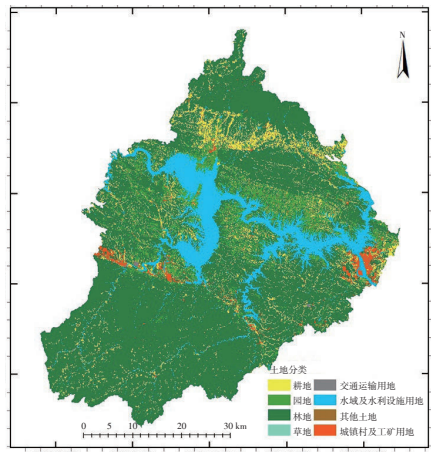
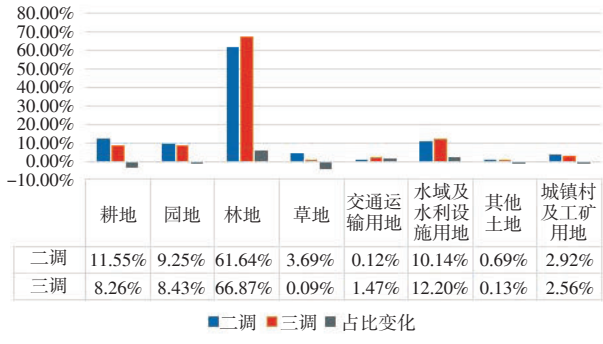


图2　丹江口“三调”土地利用八分类格局

3.2　丹江口景观格局与时空变化分析

基于整合的地理时空数据库，本文统计了丹江口市土地的利用类型、分布、面积等数据，分析了土地利用状况和丹江口的景观格局特征，计算得到9个景观格局指数的时序变化，重点对各类景观的数量、分布、利用结构、复杂度、均匀度等进行综合评价，结果见图4。

从NP变化来看，在建设用地增长中，贡献显著的是城镇村及工矿用地，2008—2018年该类景观的NP增加了1 900多块，在一定程度上反映了丹江口经济的提升和城镇化水平的逐步提高；交通运输用地的NP增加也较多，达到1 000以上，说明整个交通建设有了较快的发展和提升。从PD变化来看，耕地、城



	耕地	园地	林地	草地	交通运输用地	水域及水利设施用地	其他土地	城镇村及工矿用地
二调	11.55%	9.25%	61.64%	3.69%	0.12%	10.14%	0.69%	2.92%
三调	8.26%	8.43%	66.87%	0.09%	1.47%	12.20%	0.13%	2.56%

图3 丹江口二调与三调土地利用八分类面积占比对比

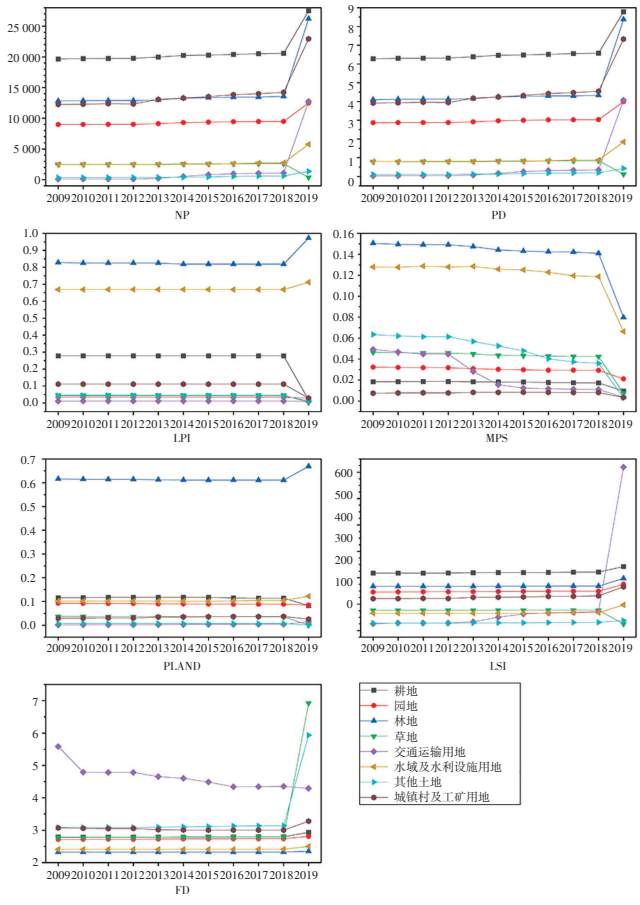


图4 2009—2019年丹江口市景观格局指数变化

镇村及工矿用地、林地、园地和交通运输用地都有较明显的增加，说明这些景观在过去的数年间，尽管NP增加了，但还是能利用较大面积的地块进行农业改造和城镇建设。从LPI变化来看，林地的LPI最大，而耕地却偏小，这与丹江口地处鄂西北山区，多山林，缺乏合适的耕地有密切关系，即使是有耕地的地方，也存在大量的坡耕地，反映出丹江口面临的农业发展困境。从MPS变化来看，各类景观都呈现下降趋势，其他用地、交通运输用地的下降趋势尤其显著，一方面说明其他用地不断经历各种改造，地块面积呈现明显下滑，另一方面说明丹江口进行了大量不同等级、不同类型的交通运输用地建设，导致MPS显著下降；耕地和林地始终保持了相对最大的平均面积值，说明丹江口在耕地、林地保护上落实得很好。从PLAND变化来看，林地具有绝对优势，并将长期保持，这符合丹江口山多、林多的特点，说明山林保护措施比较有效；耕地、水域和园地占据了第二梯队，说明丹江口的农业耕地面积相对有限，但水资源丰富的特点；长期来看，这种占比的差异变化非常微小。从LSI变化来看，耕地的形状复杂度较高，这与丹江口地形起伏大，存在大量坡耕地相关，且该地区水资源丰富，水体的分割也影响了耕地景观的复杂度。总体而言，只有交通运输用地的复杂度变化剧烈，其余地类的形状复杂度变化不大，反映了2013年开始该地区展开了大量交通建设工程，交通建设经历了一段快速发展时期。从FD变化来看，交通运输用地呈现明显下降趋势，对照上述指数分析可知，尽管交通用地的形状复杂度增加了，但地块边界还是比较规则的，这跟交通运输用地中道路通常边界比较平滑有一定关系，也从侧面说明道路拓宽的情况较多。由于丹江口地处山区，可能存在大量截弯取直工程，如大量建设隧道等，这些都有助于降低交通用地轮廓的复杂度。

景观生态学中的多样性与生态学中的物种多样性有紧密联系，但并不是简单的正比关系，研究发现在同一景观中二者的关系一般呈正态分布[22-23]。根据丹江口市不同地物类型的分布，结合SHDI和SHEI进行分析，以评价相关地物类型的分布均衡情况、多样性等特性，同时反映当地生物资源的状态，具体见图5，可以看出，2009—2018年丹江口市的SHDI和SHEI都基本保持稳定，并呈现微小的上升趋势，但2019年出现了一个显著下降，尤其是SHDI下降更显著，显然是由于三调数据采用了新标准进行土地分类统计，各地类占比，尤其是林地、耕地、草地、水域和交通运输用地发生了明显变化，进而影响到这两个指标。总体而言，2018年以前多年序列数据反映出缓慢上升趋势，而2012—2015年有一个较快的增速，说明丹江口

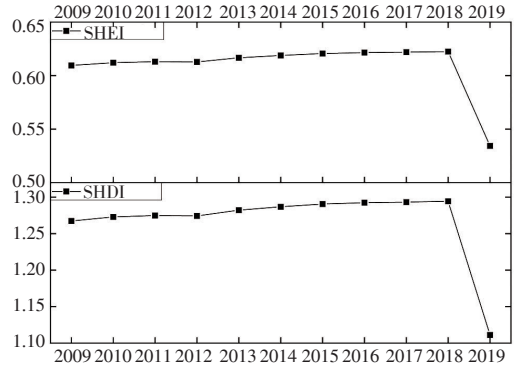


图5 2009—2019年丹江口市景观多样性变化

市的生态环境持续向好。

4 结 语

本文通过整合相关地理国情监测数据，得到有关丹江口的地理时空数据库；然后对丹江口市国土资源现状进行综合分析与评价，并对丹江口近10年景观格局的时空演变进行了研究，客观反映了丹江口国土资源的利用现状与发展趋势，分析和理清了丹江口国土资源与人口经济发展之间的相互关系。根据景观格局指数分析，2010—2019年丹江口市各景观类型的NP和PD都在增加，而MPS则有所减小，唯有城镇村及工矿用地的MPS在增加，说明景观破碎度整体呈上升趋势，反映了当地在不断的建设与发展当中；各景观类型的LSI和FD一直在增加，唯有交通运输用地的FD在减小，说明景观形状复杂度同样呈上升趋势，反映了当地的土地利用开发经过规划后，变得更合理；各景观类型的LPI和PLAND基本保持不变，说明丹江口市的发展依旧以农业、林业为主；景观的SHDI和SHEI也呈缓慢上升趋势，2012—2015年有个较快的增速，说明丹江口市的生态环境持续向好。

本文结合丹江口市国土资源和生态保护的现状与时空变化分析，面向区域可持续发展问题，基于资源与人口经济协调发展的原则，提出以下发展建议：

1）维护良好生态环境，高效利用自然资源。丹江口市作为国家重要的战略淡水资源库区之一，尽力维护其良好的生态环境是最重要的基础工作之一。从分析结果来看，2009年以来丹江口市在一定程度上牺牲了经济发展速度，有效维护了生态平衡；但丹江口市丰富的自然资源本身也极具潜在的经济价值，应从自然资源合理利用角度来辅助其社会经济发展。因此，一方面要继续实施严格的生态环境保护政策，强调水、大气、土壤等污染防治措施，采取预防为主、全面综合治理为辅的策略，维护良好的生态环境；另一方面结合新技术、新方法，充分提高自然资源的利用效率，面向各产业从生产、运输、消费的各个环节优化资源的利用方式和转化能力，降低水、土地、森林等资源的消耗，提高产出能力。

2）发展生态旅游产业，塑造高品质生态游目的地。旅游产业具有低污染、高回报的特性，丹江口市内不仅有优质的水源区，还毗邻世界知名的道教文化圣地武当山，具有发展生态旅游得天独厚的优势条件。结合特色的历史文化和地方文化资源，发展生态旅游，塑造高品质的生态游目的地，是极具潜力的经济发展模式。丹江口可发挥特殊的旅游位置优势，依托于紧邻的神农架国家森林公园、武当山世界文化遗产等开发系列旅游产品，打造一批旅游精品线路。同时，充分利用地方的农产品和水体、林业景观特色，发展特色农家休旅、乡土农家饮食、农产品采摘、回归自然生态等差异化路线，整合地方农产品发展特色餐饮，加强重点旅游景区交通、环保、标识标牌等基础设施和游客集散、接待等服务设施建设，形成特色的旅游品牌，从而推动地方经济的发展。

本文可为长江流域重点区域的国土资源管理工作提供可参考的数据分析和评价结果，为重点区域的生态保护和合理开发利用提供辅助决策参考建议，对于践行“生态优先、绿色发展”理念，解决产业发展和生态环境矛盾，形成发展与保护双赢的局面具有重要的现实意义。然而，由于国土调查数据还以反映国土资源利用情况为主，为更好地进行重点区域资源与生态的调查分析工作，在后续的研究中还需在调查更新机制、分析数据来源和评价体系上进一步扩展完善，为地区国土资源保护利用、发展统筹规划提供数据和决策支撑。

参考文献

[1] 于小娟,薛振山,张仲胜,等. 潮沟对黄河三角洲湿地典型景观格局的影响[J]. 自然资源学报,2019,34(12):2 504-2 515

[2] 张微微,李晓娜,王超,等. 密云水库上游白河地表水质对不同空间尺度景观格局特征的响应[J]. 环境科学,2020,41(11):4 895-4 904

[3] 色拥军,裴雯,马志兵,等. 盐池湾国家级自然保护区景观格局演变分析[J]. 环境科学与技术,2020,43(8):185-191

[4] Zhang Q, Chen C L, Wang J Z, et al. The Spatial Granularity Effect, Changing Landscape Patterns, and Suitable Landscape Metrics in the Three Gorges Reservoir Area, 1995-2015[J]. Ecological Indicators: Integrating, Monitoring, Assessment and Management,2020,114(7):1-15

[5] 潘明慧,兰思仁,朱里莹,等. 景观格局类型对热岛效应的影响:以福州市中心城区为例[J]. 中国环境科学,2020,40(6):2635-2646

[6] 赵燕如,邹自力,张晓平. 鄱阳湖生态经济区湿地景观格局演变[J]. 人民长江,2019,50(9):65-69

[7] 吕乐婷,张杰,彭秋志,等. 东江流域景观格局演变分析及变化预测[J]. 生态学报,2019,39(18):6 850-6 859

[8] Pan Y, Lu X S, Yu D S, et al. Quantitative Relationships Between Soil Landscape Index and Classification Grain[J]. Journal of Soils and Sediments,2019,19(2):903-916

[9] 田晶,邵世维,黄怡敏,等. 土地利用景观格局核心指数提取:以中国广州市为例[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2019,44(3):443-450

（下转第126页）