引文格式：巨涵,周乐乐,梁晓盈,等. 绵阳市土地利用类型与生态系统服务价值时空变化研究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(10): 66-69. doi: 10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.10.016

绵阳市土地利用类型与生态系统服务价值时空变化研究

巨　涵[1]，周乐乐[1]，梁晓盈[1]，王源哲[1]，蔡　璨[1]，樊　敏[1*]
（1. 西南科技大学 环境与资源学院，四川 绵阳 621010）

摘　要：基于土地利用类型的生态系统服务价值评估是缓解城镇化带来负面生态环境问题的有效途径之一，本研究采用单位土地利用类型面积生态系统服务价值赋值法结合土地利用程度综合指数分析，分别在行政单元与格网尺度下评估绵阳市长时间序列土地利用类型和生态系统服务价值变化趋势。结果表明：①研究区域土地利用程度综合指数除平武县、三台县、盐亭县以外，其余区县普遍增加。②该区域生态系统服务价值受土地利用类型分布影响显著呈递减趋势，这与建设用地面积增加有关。③草地、水域、建设用地和耕地生态系统服务价值与总生态系统服务价值分别呈正、负相关。综上，该结果可为区域基于生态系统服务的土地利用管理与规划提供理论依据与方法借鉴。

关键词：土地利用类型；生态系统服务价值；土地利用程度综合指数；时空变化特征；绵阳市
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）10-0066-04

Research on the Spatio-temporal Changes of Land-use Type and Ecosystem Service Value in Mianyang City

JU Han[1], ZHOU Lele[1], LIANG Xiaoying[1], WANG Yuanzhe[1], CAI Can[1], FAN Min[1]
(1. School of Environment and Resources, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: The evaluation of ecosystem service value based on land-use type is one of the effective ways to alleviate the negative ecological and environmental problems caused by rapid urbanization and population growth. We adopted the unit land-use type area ecosystem service value assignment method and the comprehensive index analysis of land-use degree to evaluate ecosystem service values and the change trend of land-use type from the administrative unit and grid scales under long time periods. The results show that ①besides Pingwu County, Santai County and Yanting County, the comprehensive index of land-use in the study area have generally increased. ②The ecosystem services values is significantly decreasing from 2000 to 2020, due to the increase in the area of construction land.③The ecosystem service value of cultivated land is negatively related to the total ecosystem service value, however, the ecosystem service values of grassland, water body, construction land are positively related to the total ecosystem service value. In summary, the comprehensive index of land-use in Mianyang City has increased, and the total ecosystem service value has decreased, which can provide a theoretical basis for the land-use management and planning based on regional ecosystem.

Key words: land-use type, ecosystem service value, land-use comprehensive index, spatio-temporal change characteristic, Mianyang City

目前，生态系统服务价值量方法有大致两类：一类是基于单位服务价格功能的方法（简称功能价值法）[1-4]。该类方法的估算模型输入参数较多，需要大量的观测、调查、遥感数据、数据获取成本高、难度大，计算过程复杂，对每种服务价值的评价方法以及参数标准难以统一；另一类是基于单位面积价值当量因子的方法（简称当量因子法），该方法始于 1997 年。Costanza[5]等采用该方法评估了全球生态系统服务的经济价值，在此基础上，采用净生产力、降水、土壤保持因子对单位面积生态系统服务价值当量表进行了修正和改进，结合土地利用/覆盖分布面积对生态系统服务价值进行评估[6]。

本研究对绵阳市 2000 年和 2020 年的土地利用类型和生态系统服务价值的时空变化特征进行探讨，从而为促进绵阳市土地资源的合理分配以及生态系统服务的维护提供科学依据。

1　研究区域与方法

1.1　研究区域

绵阳市位于四川盆地西北部地区，涪江中上游。地

收稿日期：2023-04-17。
项目来源：国家级大学生创新创业基金资助项目（202310619011）；国家自然科学基金资助项目（42271265、41601088）。
第一作者简介：巨涵（2002—），本科，主要研究方向为生态系统服务功能核算，E-mail：j17828126375@163.com。
通信作者：樊敏（1984—），教授，博士生导师，主要研究方向为流域生态系统服务功能管理与规划，E-mail：firstfanmin@hotmail.com。

理坐标介于30°42′~33°03′ N、103°45′~105°43′ E之间，总面积2.02万km²，全市呈西北—东南狭长带状，东西宽约144 km，南北长约296 km，辖区面积20 248.48 km²，该区域土地利用类型主要以耕地、林地和草地为主。绵阳市也是成都平原向北部山地过度地带，生态资源丰富，使其成为长江上游重要的生态屏障。

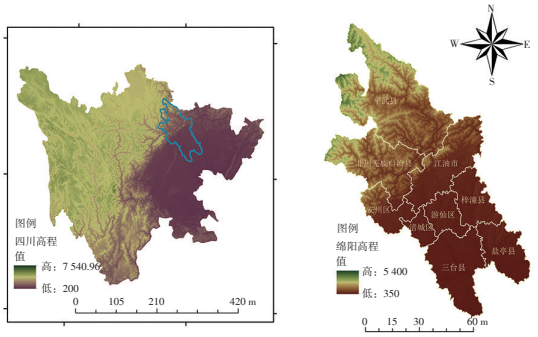


图1　绵阳市地理位置及区县分布

审图号：川S(2021)00056

1.2　数据资源

本文数据主要来自统计年鉴及网络数据平台，具体数据来源及数据特征如表1所示。

表1　本文数据来源详细信息

数据类型	数据来源	数据精度
2000－2020年农作物平均价格、种植面积和单位面积产量	2000－2020年《绵阳市农业统计年鉴》	绵阳市9个区县
2000年和2020年中国土地利用遥感监测数据	中国科学院资环科学与数据中心	1 km × 1 km
绵阳市以及绵阳市区县矢量边界	中国科学院资环科学与数据中心	绵阳市9个区县

1.3　研究方法

1.3.1　利用强度及生态系统服务价值核算

格网是微观尺度下量化土地利用强度和生态系统服务价值时空演变的有效评估单元，是表达二者空间分布格局的重要方法和手段。由于对绵阳市的主要研究热点区域集中于西南部（涪城区与游仙区），西南部处于平缓地带，结合课题组先前有关对该区域土地利用类型在空间上的景观粒度特征的研究结果[7-9]基础上，选择5 km×5 km格网作为评估单元，具有良好的延展性。

本研究通过行政单元尺度反映出各区县土地利用类型及生态系统服务价值的变化趋势，探究人类活动与其二者之间的耦合关系，为高层次机构政策制定提供相关依据。为了更精细化二者在时间上的动态变化以及空间上的分布格局，并补充行政单元尺度所掩盖的内部差异性，采用格网尺度并予以空间可视化，进一步直观地刻画出二者在空间上的非均衡型，有利于为绵阳市生态空间规划提供数据支撑。结合这2种度，使得绵阳市的土地利用类型及生态系统服务价值的时空变化得以更加明朗。

1.3.2　绵阳市土地利用强度核算

土地利用程度综合指数是反映人类对土地开发利用的程度，是衡量区域土地利用深度和广度的重要指标。

$$M=\sum_{i=1}^{n}A_i\times\frac{C_i}{C}\times100\% \tag{1}$$

式中，L为某研究区域土地利用程度综合指数；A_i为第i级土地利用程度分级数（4级划分）；Ci和C分别为第i级土地利用面积和区域内土地总面积；n为土地利用程度分级数；未利用地的土地利用程度分级指数为1，林地、草地、水域为2，耕地为3，建设用地为4。

1.3.3　土地利用类型单位面积生态系统服务价值赋值

在全球生态服务价值的估算和我国生态服务价值系数表的基础上，结合绵阳市实际，本研究确定食物生产生态服务价值当量因子的经济价值量等价于当年平均粮食单产市场价值的1/7。

$$p_{i,j}=\omega_{i,j}p \tag{2}$$

式中，P为农田生态系统所提供的食品生产生态系统服务价值；V为研究区域粮食产品的经济总价值；$P_{i,j}$为j种土地利用类型i种生态系统服务价值；$\omega_{i,j}$为各土地利用类型的生态服务价值权重系数。

1.3.4　绵阳市生态系统服务价值核算

基于公式（2），再通过公式（3）~（5）计算绵阳市行政单元及格网内各类土地利用的生态服务价值、各生态服务功能类型的生态服务价值及其总的生态服务价值：

$$\mathrm{ESV}_k=A_k\times VC_k \tag{3}$$

$$\mathrm{ESV}=\sum_k A_k\times VC_k \tag{4}$$

$$\mathrm{ESV}_f=\sum_k A_k\times VC_{kf} \tag{5}$$

式中，ESV_k、ESV和ESV_f分别为土地利用类型k生态系统服务价值，总生态系统服务价值和生态服务功能类型f的价值；A_k为土地利用类型k的面积；VC_k为土地利用类型k的单位面积生态系统服务价值；VC_{kf}为土地利用类型k具有生态服务功能类型f的价值。

2　结果和讨论

2.1　土地利用类型的时空变化

2.1.1　各土地利用类型面积的时空变化

在时间尺度上，绵阳市2020年耕地面积比2000年减少了143.00 km²，占总变化值的33.81%，即居民所

能利用的耕地资源空间有所减少。林地、草地和水域面积呈减少趋势（表2）。建设用地与未利用地面积分别增加了176.00、33.00 km^2，占总体变化值的41.61%和7.80%，以上变化与绵阳市受成渝经济圈影响，空间城镇化导致土地高度开发有关。

表2 2000~2020年绵阳市土地利用面积统计

土地利用类型	2000年/km^2	2020年/km^2	2020~2000年增加/减少/km^2	增加/减少占总变化的百分比/%
耕地	9 029.00	8 886.00	−143.00	33.81
林地	7 582.00	7 541.00	−41.00	9.69
草地	3 255.00	3 228.00	−27.00	6.38
水域	189.00	186.00	−3.00	0.71
建设用地	187.00	363.00	176.00	41.61
未利用地	16.00	49.00	33.00	7.80

由此可见，耕地和建设用地的变化占主导因素，在5 km×5 km格网尺度对其分析。该区域耕地面积呈现出城市周边大幅度增长态势，而建设用地面积除城市周边少数格网减少以外，其余地区均呈现增长趋势。以上分析表明绵阳市建设用地的扩张是通过侵占耕地面积来满足的，这对粮食安全战略下的耕地保护提出了新的挑战。

2.1.2 行政单元尺度下各土地利用类型强度变化

在绵阳市9个区县中涪城区土地利用程度综合指数最高，其次分别是游仙区、三台县、盐亭县、梓潼县、安州区、江油市、北川羌族自治县、平武县。在时间尺度上，2020年平武县、三台县、盐亭县土地利用程度综合指数相较于2000分别减少了0.01、0.01、0.02。安州区、游仙区、涪城区、江油市、北川羌族自治县、梓潼县都呈上升趋势，分别增加了0.01、0.03、0.10、0.04、0.01、0.02。

由此可得，涪城区与游仙区土地开发强度最大（该区县位于绵阳的西南部），表明该区域过度的土地开发已对生态系统产生影响导致土地利用变化，如该区域林地、草地被开垦为农业用地，城市周边的耕地被城市所蚕食等，这些过程虽然为人类提供了至关重要的社会经济利益，但对生态系统服务产生了负面影响而引发生态环境的恶化。

2.1.3 格网尺度下各土地利用类型强度变化

为了揭示行政单元内部变化的非均衡性，本研究进一步在5 km×5 km格网尺度下对该区域土地利用程度综合指数进行核算。结果表明在空间尺度上，绵阳市土地利用程度综合指数呈现南高北低的分布格局，这与绵阳市人口与主要经济开发区多分布于西南部相关。在时间尺度上，绵阳市土地利用程度综合指数呈现增长趋势。表明绵阳市在开发利用过程中对不同尺度上的土地利用类型、质量和空间格局产生了不同程度的影响，如该区域出现了耕地面积减少、森林退化，淡水资源短缺等生态环境问题。因此，该区域亟需采取生态系统修复措施[3,7]，提升生态系统服务功能。

2.2 生态系统服务价值的时空变化

2.2.1 行政单元尺度下的生态系统服务价值变化

依据四川省不同土地利用类别的单位面积生态系统服务价值的等效加权因子和研究区域粮食产品总价值得到2000年和2020年绵阳市土地利用类型单位面积生态系统服务价值（表3），本研究在此基础上对各行政区域生态系统服务价值进行核算。

表3 2000−2020年绵阳市各行政单元总生态服务价值

地市	ESV （×10^8元/年）		变化（2000—2020）
	2000年	2020年	×10^8元
安州区	44.77	33.97	−10.80
游仙区	25.19	20.18	−5.01
涪城区	12.83	8.95	−3.88
江油市	99.64	76.40	−23.24
北川羌族自治县	146.99	112.29	−34.70
平武县	247.18	198.80	−48.38
三台县	66.29	52.26	−14.03
盐亭县	42.87	34.35	−8.75
梓潼县	40.36	30.46	−9.90
总计	726.12	567.66	−158.69

在时间尺度上，绵阳市整体生态系统服务价值呈下降趋势。其中平武县和北川羌族自治县伴随着大量林地（绵阳市生态系统服务的主要贡献者）面积流失，生态系统服务价值分别锐减48.38×10^8元、34.79×10^8元，是绵阳市生态系统服务价值下降的主导因素。游仙区和涪城区正在经历高速的人口城镇化，经济城镇化，空间城镇化，所以该区域进行了高强度的土地利用开发活动，土地利用程度指数偏高导致高价值土地利用类型面积减少，因此，该区域对绵阳市生态系统服务价值贡献最小且近20 a来下降趋势明显，约占总体的5.24%。

2.2.2 格网尺度下的生态系统服务价值变化

为与土地利用程度综合指数核算尺度相对应，精细刻画生态系统服务价值的时空分异特征，核算出各时期绵阳市在格网尺度下的各土地利用类型与4种类型生态系统服务价值（表4）。

在时间尺度上，2020年该区域耕地、林地、草地、水域提供生态系统服务价值相较于2000年该区域有所下降，这不仅与其分布面积减少相关，还与对应

的单位面积生态系统服务价值较2000年偏低有关。2020年该区域建设用地分布面积提高近2倍，未利用地高达近3倍，在单位面积生态系统服务价值相差不大的情况下，建设用地与未利用地所提供的生态系统服务价值相较于2000年有所提升。2020年4种类型生态系统服务价值相较于2000年都有不同程度的下降如表4所示。

表4　2000−2020年绵阳市四种类型生态服务价值

生态系统服务类型	ESV （$\times10^8$元·年$^{-1}$）变化（2000—2020）		
	2000年	2020年	$\times10^8$元
供给型生态系统服务	89.36	69.58	−19.78
调节型生态系统服务	378.68	294.86	−83.82
支持型生态系统服务	238.70	186.14	−52.56
文化型生态系统服务	30.43	23.75	−6.68
总计	737.17	574.33	−162.84

2.3　各生态系统服务价值类型之间的关系

为进一步揭示绵阳市土地利用类型变化条件下生态系统服务的时空特征，本研究采用spearman相关性分析法分别各生态系统服务价值进行相关性分析[8−9]。

结果表明草地生态系统服务价值与总生态系统服务价值具有较高显著性，该区域总生态系统服务价值受草地生态系统服务价值影响较大，相关系数大于0.70。此外，为更深层次地揭示土地利用类型与生态系统服务价值之间的相互作用关系，本研究对各土地利用类型生态系统服务价值与4种类型生态系统服务价值进行相关性分析，得出林地生态系统服务价值对4种类型生态系统服务价值都呈现显著相关，且对于支持型和文化型生态系统服务价值相关系数均大于0.90。由以上结果可看，各土地利用类型对生态系统服务的影响存在差异化[10]。

3　结　语

近年来，绵阳市受成渝经济圈影响，该区域人口迅速增长、经济快速发展、城市化进程加快，导致该区域生态环境质量日益下降与生态系统服务功能退化。通过单位土地利用类型面积生态系统服务价值赋值法，使土地利用类型变化程度与生态系统服务变化趋势得以量化，从而寻找出该区域土地利用类型与生态系统服务的变化热点，并进一步予以空间可视化，使得在空间上的时空特征得以反映，再结合土地利用程度综合指数，对二者在行政单元尺度与格网尺度下做长时间序列探讨，揭示两者的时空分布特征与相互作用关系，为该区域提高土地利用效率，促进生态系统服务价值提供理论依据。

参考文献

[1] 张宇硕. 基于空间尺度的土地利用/覆盖变化与生态系统服务[M]. 南京:东南大学出版社,2021

[2] Kindu M, Schneider T, Teketay D, et al. Changes of Ecosystem Service Values in Response to Land Use/Land Cover Dynamics in Munessa−shashemene Landscape of the Ethiopian Highlands[J]. Science of the Total Environment, 2016,547:137-147

[3] Huang Z, Zhang Y, Wang F, et al. Advancing a Novel Large-scale Assessment Integrating Ecosystem Service Flows and Real Human Needs: A Comparison Between China and the United States[J]. Journal of Cleaner Production,2021,314:128 022

[4] Sherrouse B C, Semmens D J, Ancona Z H, et al. Analyzing Land-use Change Scenarios for Trade-offs Among Cultural Ecosystem Services in the Southern Rocky Mountains[J]. Ecosystem Services,2017,26:431-444

[5] Costanz R. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capitap[J]. Ecological Economice, 1997, 387: 253-260

[6] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报,2003,18(2):189-196

[7] 樊敏. 岷江上游山地生态系统服务地域分异过程与补偿阈值[J]. 生态与农村环境学报,2019,35(10):1 289-1 298

[8] 樊敏,肖宇婷,姚婧,等. 沱江流域污染负荷与生态系统服务价值空间关系解析研究[J]. 长江流域资源与环境,2022,31(6):1 354-1 369

[9] Fan M, Chen L. Spatial Characteristics of Land Uses and Ecological Compensations Based on Payment for Ecosystem Services Model from 2000 to 2015 in Sichuan Province, China[J]. Ecological Informatics,2019,50:162-183

[10] 蔡运龙. 在深化可持续发展研究中发展地理学[J]. 地理研究,2001,20(6):645-652