

土地利用变化及生态系统服务价值演化分析

——以安徽省为例

唐玲玲¹, 燕宇豪¹, 戴纪祥¹, 金伟^{1*}

(1. 安徽新华学院城市建设学院, 安徽省合肥市, 230601;

* 通讯作者, 506759755@qq.com)

摘要: 土地资源的合理开发是实现区域可持续发展的先决条件, 而土地利用格局的转变直接关联到生态系统服务价值的波动, 后者是制定生态保护政策的关键依据。因此, 深入阐明土地利用变化对生态系统服务价值的影响机制, 对实施可持续发展战略具有重要的科学指导意义。本研究以安徽省为例, 应用土地利用转移矩阵和生态系统服务价值评估模型, 定量分析了土地利用的动态演变过程, 并识别了地类转换与生态系统服务价值增减的内在关联。研究表明: 在2000年至2020年期间, 安徽省的用地结构虽以耕地和林地为主导, 但建设用地的扩张速度最快。同期, 得益于耕地、林地与水域间的积极转换, 全省生态系统服务总价值显著提升, 然而, 水域面积向耕地的转化则对生态服务价值构成了负面影响。

关键词: 土地利用变化; 生态系统服务价值; 评估模型

引言

近年来, 快速城镇化带来人口的激增与密集流动, 经济快速发展, 土地利用模式不断发生改变, 生态系统服务的结构与功能也受到较大冲击, 生态系统服务功能逐渐下降, 导致水土流失、生物多样性破坏、荒漠化等危害。适宜的土地规划是促进城市高质量发展的基础, 而高质量发展理念强调的则是质的效益而非量的增长, 因此, 深入挖掘土地利用类型与生态系统服务价值变化之间的耦合关系对于促进可持续发展和高质量发展有着重要意义。

学术界在土地利用变化与生态系统服务相互作用机制研究领域已构建起较为系统的理论框架, 研究内容主要聚焦于土地利用转型驱动因素、景观格局动态演变规律及生态系统服务价值量化评估等核心议题。从方法论视角来看, 研究者广泛运用生态系统服务价值评估体系 [1], 并整合Fragstats4.2与ArcGIS10.8等空间分析技术 [2], 深入探究土地利用变化对生态格局的时空影响; 在研究尺度选择上呈现出多层次特征, 涵盖城市群、经济走廊、县域单元及流域系统等不同空间维度 [3-5], 为区域生态系统服务价值评估奠定了方法学基础。在实证研究方面, 李京忠课题组创新性地将GIS技术与PLUS模型相结合, 系统解析了平顶山市2000-2020年土地利用时空分异特征, 并对其2030年土地利用格局进行了情景预测 [6]; 李斌研究团队基于InVEST-PLUS模型集成平台, 构建了多情景模拟框架, 深入阐释了漳河上游流域土地利用变化与生态系统服务演变的协同机制^[7]; 陈振课题组以宿迁市为案例区, 通过耦合FLUS模型与当量因子法, 模拟预测了2035年不同发展情景下土地利用变化对生态系统服务价值的潜在影响^[8]。然而, 现有研究在土地利用类型与生态系统服务价值变化的定量关联机制方面仍存在研究空白。安徽省作为东部地区关键生态屏障和高质量发展试验区, 亟需加强城市土地利用与生态系统服务协同优化研究, 这对于推动区域生态文明建设与经济社会协调发展具有重要的学术价值和实践指导意义。

本研究以安徽省为典型案例区, 基于ArcGIS平台开展多时相土地利用空间叠加分析, 通过构建土地利用转移矩阵系统解析区域土地利用格局演变特征, 并运用生态系统服务价值评估模型定量测度研究区生态系统服务功能变化。研究结果不仅揭示了不同土地利用类型动态转换过程与生态系统服务价值变动的内在关联机制, 为安徽省制定科学合理的国土空间规划政策、促进土地资源向生态友好型与可持续发展模式转型提供了理论支撑, 同时也为其他具有类似地理特征的区域开展土地利用变化与生态系统服务互馈关系研究提供了可资借鉴的方法论框架。

1. 研究区概况与数据来源

1.1. 研究区概况

安徽省地处中国东部，位于长江下游和淮河中下游地区，总面积约为140,000km²。东邻江苏，西接湖北，南界江西，北连河南。安徽省地形多样，东部为长江中下游平原，西部和南部为大别山和皖南山区，北部为淮北平原。气候属北亚热带湿润季风气候，年均温度在14°C至17°C之间，四季分明。安徽省作为中国东部的重要省份，在地理位置、气候条件、土地利用、人口经济和生态系统服务方面具有显著优势。安徽省经济发展迅速，但也伴随着资源消耗和环境污染问题。通过研究土地利用变化和生态系统服务价值，可以量化不同土地利用方式的经济和生态效益，为政策制定提供科学支持。

1.2. 数据来源

本研究采用的数据主要涵盖三个层面：安徽省的土地利用状况、社会经济发展指标以及基础性的地理空间信息。其中，土地利用的详细数据引自武汉大学发布的“中国土地覆盖数据集”（CLCD），我们选取了2000、2010及2020这三个年份的数据进行分析。该数据集的空间分辨率为30米×30米，并将土地利用形态划分为六大类别：耕地、林地、草地、水域、建设用地与未利用地。在评估生态系统服务价值时，所需关键的农作物数据，具体包括玉米、大豆和小麦的播种范围、公顷产量及总收获量，均从安徽省统计局的官方统计资料中获得。而计算经济价值所依据的平均粮食销售价格，则参考了《全国农产品成本收益资料汇编》中的数据。

2. 研究方法

2.1. 土地利用转移矩阵

基于ArcGIS平台的空间叠加分析工具，本研究系统整合了三个时序的土地利用数据，构建了完整的土地利用转移矩阵模型。通过矩阵数据的分类统计与量化分析，实现了各类土地利用面积变化的精确测算。作为核心分析工具，土地利用转移矩阵能够有效表征特定时段内地类转换的动态特征，其表格化呈现方式直观展示了各类土地覆被的相互转化关系。这一方法不仅为解析土地利用演变规律提供了科学依据，其数学表达式（1）如下 [9]，更对预测区域土地利用格局的长期演变趋势具有重要的理论支撑价值。

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2. 生态系统服务价值计算

生态系统服务价值是指自然生态系统在提供各类服务（如供给、调节、支持和文化服务）时所产生的经济、社会和环境价值。其公式（2）为：

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k) \quad (2)$$

在该公式中， A_k 代表第 k 种土地利用类型的具体面积，单位为公顷（hm²）；而 VC_k 则表示该地类在单位面积上每年能够产生的生态系统服务价值，其单位为元/公顷·年（元/hm²·a⁻¹）。

“单位面积生态系统服务价值当量”的核心概念在于量化不同生态系统在提供生态服务方面的潜在能力与相对贡献。在经济价值层面，一个生态服务价值当量因子的标准被定义为研究区域内主要粮食作物平均单位面积产量的市场价值的七分之一。基于此，核算单位面积农田生态系统所能提供的粮食价值，其具体计算公式（3）（4）如下：

$$Ea = \frac{1}{7 \sum_{i=1}^n \frac{m_i p_i q_i}{M}} \quad (3)$$

$$p_i = \frac{Q_i}{A_i} \quad (4)$$

在此计算式中，各符号的具体释义如下： Ea 代表单位面积农田生态系统所贡献的年度经济价值（元/hm²·a⁻¹）； i 表示研究区域内种植的主要粮食作物的具体类别； m_i 是指研究区域内第 i 种粮食作物的实际种植面积； p_i 为该种作物的市场平均价格（元/t）； q_i 则为该作物的单位面积年均产量（t/hm²·a⁻¹）； M 指代研究区内所有粮食作物的总播种面积； n 是纳入统计的粮食作物种类总数； Q_i 为第 i 种作物的总产量；而 A_i 则表示第 i 种作物的总产量[10]。

谢高地等研究的是全国水平，研究区域大，为增加研究的可靠性，对单位面积农田经济价值当量做了本地化修正，见下表1。

表1 安徽省单位面积生态系统服务价值当量系数

LUCC	供给服务			调节服务				支持服务		文化服务	
	粮食生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分循环	生物多样性	美学景观
耕地	1.105	0.245	—1.305	0.890	0.465	0.135	1.495	0.520	0.155	0.170	0.075
林地	0.250	0.580	0.300	1.910	5.710	1.670	3.740	2.320	0.180	2.120	0.930
草地	0.230	0.340	0.190	1.210	3.190	1.050	2.340	1.470	0.110	1.340	0.590
水域	0.800	0.230	8.290	0.770	2.290	5.550	102.240	0.930	0.070	2.550	1.890
建设用地	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
未利用地	0.010	0.030	0.020	0.110	0.100	0.310	0.210	0.130	0.010	0.120	0.050

以安徽省主要粮食作物为研究对象，系统收集了各类作物的种植面积、单产水平、总产量及总产值等关键数据指标，通过综合分析种植面积与单位面积产量数据，最终测算得出单位农田自然粮食产出的经济价值为1729元/公顷。基于这一计算结果，进一步推算出不同土地利用类型单位面积的生态系统服务价值，见下表2。

表2 安徽省各土地利用类型单位面积生态系统服务价值（单位：元）

LUCC	供给服务			调节服务				支持服务		文化服务		总计
	粮食生产	原料生产	水资源供给	气体调节	气候调节	净化环境	水文调节	土壤保持	维持养分循环	生物多样性	美学景观	
耕地	1910.96	423.70	—2256.83	1539.14	804.16	233.47	2585.41	899.27	268.05	293.99	129.70	6831.023
林地	432.34	1003.04	518.81	3303.10	9874.72	2888.05	6467.85	4012.15	311.29	3666.27	1608.32	34085.94
草地	397.76	587.99	328.58	2092.54	5516.70	1815.84	4046.73	2542.18	190.23	2317.36	1020.33	20856.24
水域	1383.50	397.76	14336.50	1331.62	3960.26	9598.02	176811.08	1608.32	121.06	4409.90	3268.51	217226.5
建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
未利用地	17.29	51.88	34.59	190.23	172.94	536.11	363.17	224.82	17.29	207.52	86.47	1902.31

2.3. 生态系统服务价值贡献率

基于生态贡献率理论模型，本研究提出了一种量化土地利用类型转换对生态系统服务价值影响程度的方法论体系，该方法的核心在于计算特定时间区间内单一地类变化所导致的生态系统服务价值增量或减量占同期生态系统服务价值总变化量的比重，从而构建起土地利用变化生态贡献率的评估模型，其公式（5）为：

$$R = \frac{(AESV_b - AESV_a)S}{\Delta ESV} \quad (5)$$

采用的生态系统服务价值评估模型中，关键参数 R 用于表征生态系统服务价值的贡献率，其计算过程需整合多个变量：其中 $AESV_a$ 和 $AESV_b$ 分别表示研究时段初期与末期特定土地利用类型的单位面积生态系统服务价值， S 代表发生转换的土地利用类型面积，而 ΔESV 则用于量化研究期间由各类土地利用类型转换所导致的生态系统服务价值总变化量[11]。

3. 结果分析

3.1. 安徽省土地利用变化分析

3.1.1. 土地利用变化

根据安徽省2000、2010、2020年3期土地利用类型图（图1），得到2000-2020年安徽省不同土地类型的面积变化及土地利用变化趋势（图2）。

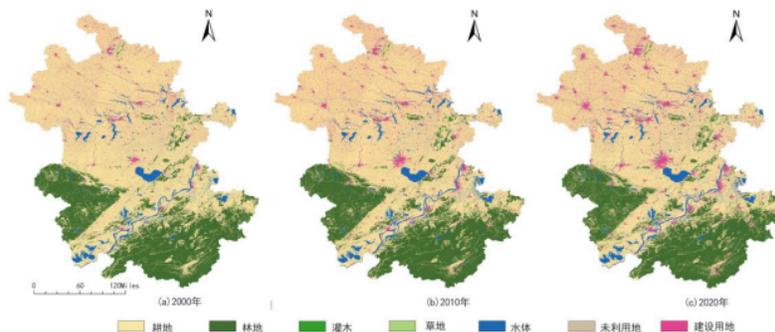


图1 安徽省2000、2010、2020年土地利用类型

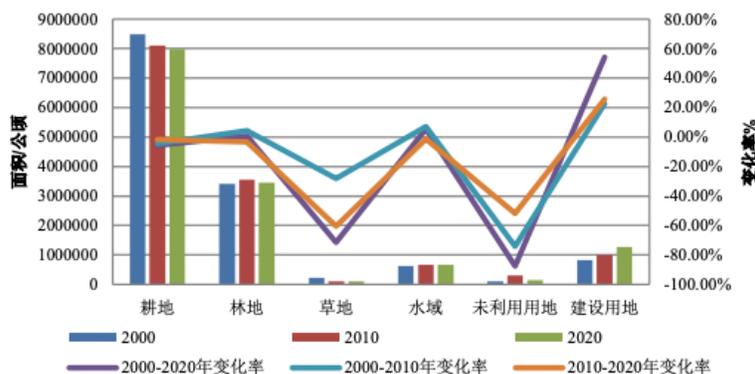


图2 安徽省不同土地类型的面积变化

基于图1和图2的统计分析结果表明，2000-2020年期间安徽省土地利用格局呈现显著特征：耕地与林地作为主导地类，其合计占比持续维持在75%以上的较高水平；相较之下，草地和未利用地分布范围相对有限，在总面积中所占比例较低。值得注意的是，研究时段内土地利用结构发生了明显转变，其中建设用地扩张最为显著，累计增加面积达442720.9公顷；与此同时，草地和未利用地呈现缩减趋势，特别是未利用地减少幅度最为突出，其面积缩减比例高达87.5%。耕地面积变化率较低，整体上保持了相对稳定。2000年至2020年期间，安徽省水域面积由于气候变化、水利工程建设、城市化进程、土地利用变化以及环境保护措施等因素产生了一定的变化，但是总体上相对稳定。

3.1.2. 土地利用转移矩阵

作为一种量化分析工具，土地利用转移矩阵能够有效表征特定时期内各类土地利用类型间的动态转换关系（见表3）。基于安徽省土地利用变化数据的实证分析表明，研究时段内耕地转出规模最为显著，累计达8486695.79公顷，其次为林地的3411763.65公顷。值得注意的是，草地在转入与转出过程中呈现出相对平衡的状态，而由于政策保护措施的持续实施，未利用地在此期间表现出最低的转出规模。通过系统排序可见，各类地型的转出规模呈现明显梯度差异，具体表现为：未利用地<草地<水域<建设用地<林地<耕地。

由于经济发展、城市化进程、政策引导、土地利用需求变化，其他用地转换为建设用地的面积相对较大，其中耕地转为建设用地的面积相对较多，林地和水域转换为耕地的面积相对较多，分别占57.8%和

40.9%。转入面积按升序排序，未利用地<林地<草地<水域<耕地<建设用地。

表3 2000-2020年安徽省各土地利用类型转移矩阵（单位：公顷）

2000	2020						总计
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	
耕地	7724567	214566.1	299.6604	111421	18.66522	435822.9	8486695.79
林地	171960.8	3225651	426.7582	467.5748	12.4919	13244.68	3411763.65
草地	6367.965	1827.594	2881.199	241.1227	32.24654	1415.507	12765.6339
水域	78866.75	769.6319	2.832466	533907.2	37.62096	11484.78	625068.821
建设用地	144.9642	0.145255	7.117479	485.2958	31.81077	473.5302	1142.86373
未利用地	5451.553	16.70429	2.251447	14240.48	9.514181	797257	816977.545
总计	7987359.48	3442832	3619.819	660762.7	142.3496	1259698	13354414.3

3.2. 安徽省生态系统服务价值分析

基于表4的数据分析表明，2000-2020年期间安徽省生态系统服务总价值呈现出明显的波动性变化趋势，总体表现为从3103.253亿元增长至3155.343亿元。这一变化过程可划分为两个特征鲜明的阶段：在2000-2010年的第一阶段，生态系统服务总价值呈现持续上升态势，增幅达120.603亿元，最终达到3223.856亿元；而在2010-2020年的第二阶段则出现68.513亿元的价值回落，最终稳定在3155.343亿元。进一步的相关性研究表明，该省不同土地利用类型与生态系统服务价值之间存在显著的差异性演变规律。具体表现为：林地和水域生态系统的服务价值均保持增长趋势，其中水域生态系统的增值幅度最为显著，累计增加77.537亿元；与此形成鲜明对比的是，耕地、草地及未利用地生态系统的服务价值均呈现不同程度的下降趋势，其中未利用地的价值损失最为明显，累计减少约0.019亿元。

表5系统分析了2000-2020年间安徽省各类生态系统服务价值及其单项服务价值的演变特征。研究显示，安徽省生态系统服务价值呈现显著的时空异质性，其中供给服务、调节服务、支持服务和文化服务的总价值均表现出先增后减的变化趋势。在单项服务价值方面，除水资源供给持续增长外，食物生产、气体调节及生物多样性呈持续下降态势，其余各项均呈现先升后降的演变模式。值得注意的是，土壤保持价值在各类服务中占据主导地位，这与安徽省以耕地为主的土地利用格局密切相关，耕地的大面积分布显著提升了土壤保持服务在生态系统服务总价值中的比重，使其成为保障农业生产稳定性和生态系统功能完整性的关键要素。净化环境价值位居其次，这主要归因于林地和水域在区域土地利用结构中占比较大，森林和湿地生态系统发挥了重要的环境净化功能[9]。相较而言，生物多样性、原料生产、水资源供给、水文调节和美学景观对总价值的贡献相对有限，其中生物多样性贡献最低，这主要源于耕地和建设用地在安徽省土地利用中占主导地位，加之城市化进程加速导致不透水地表扩张，自然生境遭受严重破坏，以及单一化种植模式、农业化学品过量使用和生境破碎化等因素共同导致了生物多样性的显著衰退。气体调节、净化环境、维持养分循环和食物生产等服务对总价值的贡献处于中等水平。研究表明，支持服务构成了安徽省生态系统的主要功能特征，其中土壤保持贡献最为突出，其次为湿地和水域维持。优化耕地管理措施、强化土壤保持能力对于提升水文调节价值乃至整体生态系统服务价值具有决定性作用，这也是实现农业可持续发展和生态系统健康维护的重要途径。

表4 2000—2020年安徽省各地类生态系统服务价值以及总生态系统服务价值（单位：亿元）

LUCC	年份		
	2000	2010	2020.00
耕地	579.728	554.133	545.618
林地	1163.025	1214.192	1173.615
草地	2.662	1.910	0.755
水域	1357.815	1453.615	1435.352
建设用地	0	0	0
未利用地	0.022	0.005	0.003
总生态系统服务价值	3103.253	3223.856	3155.343

表5 2000—2020 安徽省各类生态系统服务价值及单项生态系统服务价值（单位：亿元）

生态系统服务		年份		
		2000	2010	2020
供给服务	食物生产	185.6276	179.7121	176.6771
	原料生产	72.7437	72.8156	71.0273
	水资源供给	-84.1730	-68.6276	-67.6558
	总计	174.1983	183.9001	180.0486
调节服务	气体调节	251.9182	251.6197	245.5410
	净化环境	430.6363	443.9923	430.5960
	水文调节	178.5871	186.2105	181.5731
	总计	861.1416	881.8225	857.7101
支持服务	土壤保持	1545.8136	1623.6628	1597.6501
	维持养分循环	223.5948	226.8636	220.6902
	生物多样性	34.1512	33.6605	32.9351
	总计	1802.5596	1884.1869	1851.2754
文化服务	美学景观	177.9080	184.1694	178.9391
	总计	177.9080	184.1694	178.9391

3.3. 安徽省各土地利用类型的生态贡献率分析

基于土地利用类型间相互转化关系的生态贡献率如表6所示。分析表明[9]，安徽省生态系统服务价值的时空演变主要受耕地、林地和水域三类用地转换的显著影响。2000-2020年间，这三类用地间的相互转化对ESV增长的累积贡献率超过90%，构成区域生态价值提升的核心驱动力。具体而言，耕地向林地和水域的转化过程对生态价值增长具有决定性作用，这主要源于林地固有的生态功能优势和水域提供的多元化生态系统服务。值得注意的是，耕地本身亦具备粮食生产、气候调节和土壤保持等重要生态功能。研究期内，安徽省实施的退耕还林工程以及湖泊保护政策体系，显著促进了区域生态环境的改善。另一方面，研究数据显示，导致ESV降低的土地转换类型中，耕地转为建设用地、林地转为耕地以及水域转为耕地这三类转化的贡献率总和同样超过90%，其中水域转为耕地的负向贡献最为突出。这种现象与安徽省耕地资源禀赋有限密切相关：在快速城市化背景下，为缓解耕地短缺压力，部分具有较高生态价值的林地和水域被开发为耕地，这种土地利用方式的转变直接导致了区域生态系统服务价值的整体下降。

表6 2000-2020 安徽省各类生态系统服务价值及单项生态系统服务价值

导致生态系统服务价值增加的土地利用转换类型			导致生态系统服务价值减少的土地利用转换类型		
土地利用转化类型	贡献率%	占比%	土地利用转化类型	贡献率%	占比%
耕地→林地	11.2267%	61.34359%	耕地→建设用地	-5.7153%	60.42666%
耕地→草地	0.0081%	0.08567%	耕地→未利用地	-0.0002%	0.00259%
耕地→水域	45.0038%	31.85481%	林地→耕地	-8.9975%	23.84229%
林地→水域	0.2050%	0.16673%	林地→草地	-0.0108%	0.05917%
草地→林地	0.0464%	0.52250%	林地→建设用地	-0.8667%	1.83637%
草地→水域	0.0909%	0.06894%	林地→未利用地	-0.0008%	0.00173%
建设用地→耕地	0.0019%	0.04144%	草地→耕地	-0.1715%	0.88292%
建设用地→林地	0.0000%	0.00008%	草地→建设用地	-0.0013%	0.00447%
建设用地→草地	0.0003%	0.00203%	草地→未利用地	-0.0515%	0.19626%
建设用地→水域	0.2024%	0.13874%	水域→耕地	-31.8549%	10.93484%
建设用地→未利用地	0.0017%	0.13538%	水域→林地	-0.5412%	0.21342%
未利用地→耕地	0.0516%	1.55858%	水域→草地	-0.0011%	0.00039%
未利用地→林地	0.0021%	0.00955%	水域→建设	-0.0157%	0.00522%
未利用地→草地	0.0001%	0.00064%	水域→未利用地	-4.7475%	1.59236%
未利用地→水域	5.8866%	4.07129%	未利用地→建设用地	0.0000%	0.00132%

4. 结论与讨论

4.1. 结论

基于对安徽省土地利用格局演变特征的综合分析,研究发现不同土地利用类型之间的相互转化过程对区域生态系统服务功能具有显著影响,这一结论可归纳为以下核心发现:

①2000-2020年间,安徽省的土地利用结构中,耕地和林地占据了较大比例,而在土地利用上,建设用地面积增长率最高。随着城市化的加速,城市扩展对各类土地的需求增长,促使建设用地面积快速扩张。这一过程中,草地和未利用地被征用或改变用途以满足建设需求导致这些用地面积显著减少,这些变化突显了城市发展对土地资源的深远影响。

②2000-2010年间,生态系统服务价值的变化主要受土地利用类型转换的影响,其中耕地和其他用地向林地与水域的转化是价值提升的关键驱动因素。值得注意的是,2010-2020年期间出现的总体价值轻微下滑现象可归因于草地和林地向耕地的逆向转化过程。具体而言,林地和水域表现出显著的生态系统服务价值增长态势,其中水域的增长幅度尤为突出;相较之下,耕地、草地及未利用地的价值则呈现持续递减趋势。在各类生态系统服务功能中,调节服务展现出相对较高的经济价值评估结果。尽管快速城市化进程和土地利用强度增加对区域生物多样性构成了显著威胁,但研究证实通过实施科学的耕地管理策略和加强土壤保持技术应用,能够有效提升相关生态系统的服务价值水平。

③在2000-2020年间,安徽省的生态系统服务价值因耕地、林地与水域间的相互转换而显著增加。林地通过其自然特性在维护区域生态功能方面起到了积极作用,水域则通过水质净化和水文调节等服务提高了生态价值。同时,耕地也因提供粮食生产和土壤保持等功能而贡献于生态系统服务。然而,水域向耕地的转化对生态服务价值产生了负面影响。尽管退耕还林和湖泊保护政策对生态改善有利,但由于城市化和耕地需求的压力,林地和水域被转换为耕地,这导致生态服务价值的减少。

4.2. 讨论

基于土地利用转移矩阵对安徽省土地利用格局演变特征进行系统分析,并运用生态系统服务价值评估模型对区域生态服务功能价值进行定量测算。研究构建了动态评估体系,揭示了2000-2020年间研究区生态系统服务价值的时空演变特征及其驱动机制,重点解析了不同土地利用类型转换与生态系统服务价值变动的耦合关系。实证研究表明,区域经济发展驱动的土地利用转型显著影响了生态系统服务价值,这为制定兼顾土地资源优化配置与生态保护的发展政策提供了科学依据,建议在国土空间规划中强化生态系统服务价值的长期评估,以实现区域生态安全格局构建与可持续发展的协同推进。

基金项目

2024安徽省教育厅重点科研项目:城市更新背景下医养结合模式的养老建筑空间改造及设计研究(2024AH052555);2022安徽新华学院重点科研项目:新时期城市街区更新策略研究(2022zr008)

参考文献

- [1] 欧阳晓,贺清云,朱翔.多情景下模拟城市群土地利用变化对生态系统服务价值的影响——以长株潭城市群为例[J].经济地理,2020,40(01):93-102.
- [2] 卢晓强,马月,徐徐,等.RS与GIS技术在流域-河口系统生态安全评估中的应用进展及趋势[J/OL].生态与农村环境学报,1-11[2025-04-02].
- [3] 徐慧琳,延相东,王爱芸.基于土地利用变化的滇池流域生态系统服务价值评估与空间管控研究[J/OL].西南林业大学学报(自然科学),1-8[2025-04-02].
- [4] 王美娜,舒翰俊,范顺祥,等.河南省生态系统服务供需格局与人类活动强度的耦合关系[J].中国农业大学学报,2025,30(06):194-210.
- [5] 夏思盈,李静芝,郑玉佳.“双碳”目标下的湘西州土地利用碳排放变化及预测研究[J/OL].自然资源遥感,1-17[2025-04-02].
- [6] 李京忠,辛振华,杨萌萌,等.资源枯竭型城市转型中土地利用模拟与预测——以平顶山市为例[J/OL].贵州师范大学学报(自然科学版),1-13[2025-04-10].
- [7] 李斌,王贺封,张安兵,等.漳河上游土地利用与生态系统服务时空演变及预测[J/OL].南京林业大学学报(自然科学版),1-13[2025-04-02].

- [8] 陈振, 张宇, 郭杰, 等. 基于生态安全格局优化的土地利用及生态系统服务价值情景模拟 [J/OL]. 水土保持研究, 1-11 [2025-04-02].
- [9] 张舒涵, 姜海玲, 王丽遥, 等. 沈阳市2000—2020年土地利用变化及其生态效应分析 [J]. 无线电工程, 2022, 52(12): 2222-2228.
- [10] 蒙小波, 曹国良, 安文辉, 等. 基于土地利用规划的西咸新区生态系统服务研究 [J]. 生态科学, 2017, 36(03): 142-148. DOI: 10.14108/j.cnki.1008-8873.2017.03.020.
- [11] 陈美景, 王庆日, 白中科, 等. 黄河流域资源型城市土地利用转型及其对生态系统服务价值的影响 [J]. 生态学报, 2023, 43(22): 9459-9470. DOI: 10.20103/j.stxb.202210313097.