Geographical Science Research 地理科学研究, 2024, 13(3), 575-584
Published Online June 2024 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/gser
https://doi.org/10.12677/gser.2024.133054

Hans汉斯

昆明市生态系统服务价值核算与评估

张雪娜，周　婧*

玉溪师范学院地理与国土工程学院，云南　玉溪

收稿日期：2024年5月23日；录用日期：2024年6月21日；发布日期：2024年6月30日

摘　要

[目的]：本文以昆明市为研究区，基于2000~2020年土地利用数据，借助土地利用转移矩阵和当量因子法，分析土地利用时空变化，并进行生态系统服务价值核算与评估。[结果]：1) 昆明市的主要土地利用类型为耕地、林地和草地，面积分别为705571.11 hm²、1102908.42 hm²和219084.30 hm²，分别占土地总面积的33.58%，52.49%和10.43%。2) 在土地利用类型的动态变化上，林地变化最为明显，转出总面积为82614.87 hm²，转入总面积为152515.08 hm²，主要转为耕地；其次是草地，转出总面积为153054.00 hm²，转入总面积为68102.46 hm²，主要转为耕地。3) 2000~2020年间，昆明市生态系统服务价值总体呈现上升趋势，从2000年的612.093亿元增长到2020年的619.441亿元，总体增加7.328亿元。4) 单项生态系统服务价值以调节服务和支持服务为最高，其历年占比超过90%以上。[结论]：昆明市土地利用类型变化对生态系统产生正面影响，生态环境质量增加。

关键词

生态系统服务价值，当量因子法，土地利用变化，昆明市

Accounting and Assessment of the Value of Ecosystem Services in Kunming City

Xuena Zhang, Jing Zhou*

Department of Geography and Land Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

Received: May 23rd, 2024; accepted: Jun. 21st, 2024; published: Jun. 30th, 2024

Abstract

[Purpose]: This article takes Kunming City as the research area. Based on land use data from 2000 to 2020, using the land use transfer matrix and equivalent factor method, it analyzes the spatio-temporal changes in land use and conducts ecosystem service value accounting and evaluation.

*通讯作者。

文章引用: 张雪娜, 周婧. 昆明市生态系统服务价值核算与评估[J]. 地理科学研究, 2024, 13(3): 575-584.
DOI: 10.12677/gser.2024.133054

[Results]: 1) The main land use types in Kunming City are cultivated land, forest land, and grassland, with areas of 705571.11 hm², 1102908.42 hm², and 219084.30 hm², accounting for 33.58%, 52.49%, and 10.43% of the total land area, respectively. 2) In terms of dynamic changes in land use types, forest land shows the most obvious changes, with a total area transferred out of 82614.87 hm² and a total area transferred in of 152515.08 hm², mainly converted to cultivated land; followed by grassland, with a total area transferred out of 153054.00 hm² and a total area transferred in of 68102.46 hm², mainly converted to cultivated land. 3) From 2000 to 2020, the overall ecosystem service value in Kunming City shows an upward trend, increasing from 612.093 billion yuan in 2000 to 619.441 billion yuan in 2020, with an overall increase of 7.328 billion yuan. 4) Individual ecosystem service values are highest for regulating services and supporting services, accounting for over 90% of each year. [Conclusion]: Changes in land use types in Kunming City have a positive impact on the ecosystem, leading to an increase in the quality of the ecological environment.

Keywords

Ecosystem Service Value, Equivalent Factor Method, Land Use Change, Kunming City

Copyright © 2024 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

在探讨国家安全的广阔图景中，生态安全无疑占据了举足轻重的地位。然而，目前关于土地利用与生态系统服务的研究，大多聚焦于土地利用变化及其引发的生态效应，且多数研究区域以流域为主，对更广泛区域和其他生态系统服务效应的研究相对较少，单一城市在这一领域并未得到充分的关注。在未来的研究中，需要更加全面、深入地探讨生态安全与土地利用的关联，特别是在城市这一重要领域。

1997 年由 Robert Costanza 等人[1]首次将当量因子法运用于评估全球 ESV 以来，国内外学者对其概念、计算方法、时空变化及驱动因素等方面展开了深入的研究[2]-[5]。Costanza [6]以研究地区的资料为依据，对《关于全球生态系统服务价值》中的生态系统服务价值进行了评估与测量。已有研究从生态系统服务的内涵出发，将市场替代与市场模拟相结合，计算生态系统服务的总价值[7] [8]。国内学者赵同谦[9]对我国林地、草地、水域等多个土地类型的生态系统服务价值进行了估算。谢高地等[10]在《基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进》中将 Costanza R 建议的系数进行了修正，使之适用于我国，并在此基础上对各地区进行了生态系统服务价值评估。基于谢高地等人的当量因子表，李建蓉等[11]深入研究了京津冀地区 EVS 的空间分布规律，揭示了其与土地利用之间的密切关联，使研究在生态系统管理策略的制定上提供重要参考，但对于现有的 ESV 研究尺度多为栅格单元[12]、行政单元[13] [14]。随着经济的快速发展，人类活动的加剧，使得土地利用方式发生了巨大的变化，从而影响到生态系统服务价值。国内外学者对不同类型的生态系统进行研究，并对二者的相互作用机制进行了梳理[15]。并通过构建不同的空间尺度，探索基于土地利用变化下的生态系统服务价值时空分异特征[16] [17]。

昆明市作为云南省社会经济发展的核心，近年来，在城镇化快速发展的背景下，2020 年城市化率为 73.6%，昆明市多种用地类型发生明显变化，其中耕地和草地面积呈逐步缩小趋势，建设用地面积逐步增加。这一转变既反应出人类活动给自然环境带来的深远影响，又揭示出昆明市经济发展中土地利用与生态保护面临挑战。鉴于此，本研究借助 ArcGIS 软件，基于昆明市土地利用变化探讨生态系统服务价值在

时间上的变化趋势，对昆明市生态系统服务价值的变化规律进行深入研究，为土地资源的有效配置和合理的环境保护政策的制定提供参考。

2. 区域概况

昆明市地理位置从东经 102˚10'至 103˚40'，北纬 24˚23'至 26˚22'，地处云贵高原，昆明市土地总面积 2101125.15 hm^2。其地理位置为：东部与曲靖市相邻，西部和楚雄州相连，南部和红河州、玉溪市毗邻，地理位置优越。昆明市地形以山地为主，地势北高南低，北部山高谷深，东南部喀斯特地貌发育，中南部起伏较小。昆明市气候属于北亚热带低纬－高原山地季风气候，气候温和宜人，四季分明。昆明市水资源人均水资源量为 733 m^3，水资源匮乏。昆明市矿产资源丰富。2020 年末，昆明市常住人口为 846.30 万人。2020 年实现了地区生产总值 6733.79 亿元，其中，第一产业、第二产业和第三产业增速分别为 5.6%、1.4%和 2.5%。因此，随着昆明市经济向好发展，技术水平提高，环保意识增强，促进了生态系统服务价值总量的增加。

3. 研究方法与数据来源

3.1. 数据来源与处理

本研究使用的昆明市 2000~2020 年土地利用时空数据来源于 GlobelLand30m 全球地理信息公共产品网站，通过 ArcGIS10.8 软件进行掩膜提取、叠加分析等得到土地利用面积和土地利用转移矩阵。研究选取的地区生产总值、农作物播种面积、农作物产量等指标来源于《昆明市统计年鉴》和《昆明市国民经济与社会发展统计公报》；农产品价格数据来源于国家统计局网站(http://www.stats.gov.cn)。

3.2. 研究方法

3.2.1. 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵是一种定量分析的方法，它可以在静态和动态两个层面上反映出土地利用的动态变化。其数学表达式为：

$$S_{ij} = \begin{matrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{matrix} \tag{1}$$

式中，S_{ij} 表示研究期初 i 地类转换成研究期末 j 地类的面积。n 表示土地利用类型数。

3.2.2. 单位面积生态系统服务价值当量

在生态学的领域中，将生态系统服务价值分为四大主要类别：供给服务、调节服务、支持服务和文化服务。供给服务涵盖了食物生产、原料生产以及水资源的供给，这些都是日常生活中不可或缺的要素。调节服务涉及到气体调节、气候调节、环境净化以及水文调节，它们共同守护着地球生态的平衡与和谐。支持服务为生态系统的持续和稳定运行提供了坚实的保障，包括土壤保持、养分循环以及生物多样性的维护。文化服务则体现在美学价值上，在享受自然之美的同时，也获得了心灵的滋养。单位面积生态系统服务当量实际上是在讨论一个用于衡量不同生态系统中单位面积内各类服务功能年平均价值系数的指标。这一指标为科学评估生态系统的价值提供了重要的依据。在本研究中，参考谢高地等人的研究，并结合昆明市土地利用分类情况，制定了单位面积生态系统服务价值当量表。由表 1 可以看出，建设用地的价值当量被设定为 0，而林地、草地、耕地、未利用地和水域的价值当量则分别采用了相应的价值因

子平均值，以确保评估的准确性和公正性。

Table 1. Service value equivalent scale per unit area in Kunming city
表 1. 昆明市单位面积生态系统服务价值当量表

一级分类	二级分类	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用土地
供给服务	食物生产	1.11	0.25	0.23	0.80	0.00	0.01
	原料生产	0.25	0.58	0.34	0.23	0.00	0.02
	水资源供给	−1.31	0.30	0.19	8.29	0.00	0.01
调节服务	气体调节	0.89	1.91	1.21	0.77	0.00	0.07
	气候调节	0.47	5.71	3.19	2.29	0.00	0.05
	净化环境	0.14	1.67	1.05	5.55	0.00	0.21
	水文调节	1.50	3.74	2.34	102.24	0.00	0.12
支持服务	土壤保持	0.52	2.32	1.47	0.93	0.00	0.08
	维持养分循环	0.16	0.18	0.11	0.07	0.00	0.01
	生物多样性	0.17	2.12	1.34	2.55	0.00	0.07
文化服务	美学景观	0.08	0.93	0.59	1.89	0.00	0.03

3.2.3. 生态系统服务价值系数

生态系统服务价值系数是指用于量化单位面积生态系统所提供的各类服务功能的经济价值。本文选取了 2020 年昆明市玉米、水稻、大豆三大粮食主产物计算其标准当量，计算公式如下：

$$En = \frac{1}{7}\sum \frac{N_i P_i Q_i}{M} \tag{2}$$

式中，En 为昆明市 1 个标准单位 ESV 当量因子的经济价值，单位为元/hm^2；i 为农作物种类；N_i 为 i 种农作物种植面积(hm^2)；P_i 为 i 种农作物某年的全国平均价格(元/kg)；Q_i 为 i 种农作物单位面积产量(kg/hm^2)；M 所有农作物的种植面积(hm^2)。

依据谢高地等人发表的《基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化的方法改进》[10]，根据昆明市的实际情况，进行当量因子表的二级分类求和并且取平均值，分析出适合昆明市的当量因子表，根据《2020 年全国农作物成本收益资料汇编》计算出 2020 年昆明市平均单位面积稻谷、小麦和玉米的产量分别为 7222.31 kg/hm^2、2583.79 kg/hm^2 和 6246.04 kg/hm^2，平均价格分别为 2.75 元/kg、2.28 元/kg 和 2.31 元/kg，基于此，计算得出昆明市农作物的经济价值为 1920.49 元/hm^2，据此建立适用于昆明市的生态服务价值因子表(表 2)。

3.2.4. 生态系统服务价值测算

生态系统服务价值是指各类生态系统为人类提供的各类服务的总和，其公式[18]为：

$$ESV = \sum L_i W_i \tag{3}$$

$$ESV_n = \sum L_i W_{ni} \tag{4}$$

式中，ESV 为生态系统服务总价值(元)；i 表示土地利用类型；L_i 表示第 i 种土地利用类型的面积(单位为 hm^2)；W_i 表示第 i 种土地利用类型单位面积的价值当量(单位为元/hm²)；ESV_n 为生态系统单项服务功能价值(元)；W_{ni} 为单项服务功能单位面积生态系统服务价值(元/hm²)。

Table 2. Table of service value coefficient of ecosystem per unit area in Kunming city
表 2. 昆明市单位面积生态系统服务价值系数表

一级分类	二级分类	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
供给服务	食物生产	2122.14	484.92	448.11	1536.39	0.00	9.60
	原料生产	470.52	1113.88	659.37	441.71	0.00	28.81
	水资源供给	−2506.24	576.15	364.89	15920.85	0.00	19.20
调节服务	气体调节	1709.23	3663.33	2317.39	1478.78	0.00	124.83
	气候调节	893.03	10961.19	6126.36	4397.92	0.00	96.02
	净化环境	259.27	3212.02	2022.91	10658.71	0.00	393.70
	水文调节	2871.13	7173.02	4487.54	196350.73	0.00	230.46
支持服务	土壤保持	998.65	4460.33	2823.12	1786.05	0.00	144.04
	维持养分循环	297.68	340.89	217.66	134.43	0.00	9.60
	生物多样性	326.48	4061.83	2567.05	4897.25	0.00	134.43
文化服务	美学景观	144.04	1781.25	1133.09	3629.72	0.00	57.61

4. 昆明市土地利用时空分析

4.1. 土地利用时间变化分析

2000~2020 年，各类用地面积从高到低依次排序为林地、耕地、草地、水域、建设用地、未利用地(表 3)。从昆明市土地利用结构的整体趋势来看，土地利用主要是以林地为主，其面积从 1033008.21 hm^2 增长到 1102908.42 hm^2，增长 3.33%，林地比例逐年上升；建设用地、未利用地和水域的增长率分别为 0.93%、0.02%和 0.02%，其中，林地和建设用地比例逐年上升；未利用地面积比重呈现先减后增的趋势；水域面积在 2000~2010 年比重维持不变，2010~2020 年比重增加；土地利用面积以草地减少为主，其面积由 304035.84 hm^2 减少至 219084.30 hm^2，减少 4.04%，草地比例逐年下降；耕地减少 0.26%，2000~2010 年间耕地面积占比基本未发生变化，2010~2020 年间占比有所下降。研究区的土地利用主要集中在林地、耕地和草地，三者的土地总面积占据昆明市总面积的 95%以上。

Table 3. Land use structure of Kunming City from 2000 to 2020
表 3. 昆明市 2000~2020 年土地利用结构

地类名称	面积(hm^2)			比例%		
	2000 年	2010 年	2020 年	2000 年	2010 年	2020 年
耕地	710950.77	711059.85	705571.11	33.84	33.84	33.58
林地	1033008.21	1049077.98	1102908.42	49.16	49.93	52.49
草地	304035.84	278208.54	219084.30	14.47	13.24	10.43
水域	40185.45	40152.69	40595.76	1.91	1.91	1.93
未利用地	644.94	293.40	1052.37	0.03	0.01	0.05
建设用地	12299.94	22332.69	31913.19	0.59	1.06	1.52
总计	2101125.15	2101125.15	2101125.15	100.00	100.00	100.00

4.2. 土地利用空间变化分析

由表 4 分析可得，在 2000 年至 2010 年的十年间，土地利用转移较多且复杂，因此，本研究着重分析转移最明显的土地利用类型。草地转出总面积为 85193.43 hm^2，转入总面积为 59366.97 hm^2。草地转化为耕地的面积最大，为 43854.03 hm^2，主要是因为城市化进程的加速，人口数量增加，对粮食需求增加，耕地需求随之增加。转化为未利用地面积最小，为 137.52 hm^2，主要是由于过度放牧、不合理利用等原因，草地出现退化现象，导致土地质量下降，无法继续作为草地使用，从而转化为未利用地。耕地转入草地面积最大，为 53413.20 hm^2，随着城市化进程的加速和生态保护意识的提高，政府出台相关政策，鼓励将部分耕地转化为草地，以改善生态环境，保护生物多样性。建设用地向草地转入面积最小，为 0.63 hm^2，随着城市化进程的推进和环境保护意识的提高，政府出台相关政策，鼓励将部分低效或闲置的建设用地复垦为草地，以改善生态环境，提升城市绿化水平。

Table 4. Land use transfer matrix of Kunming City in 2000~2010 (unit: hm^2)
表 4. 昆明市 2000~2010 年土地利用转移矩阵(单位：hm^2)

土地利用类型	草地	耕地	林地	建设用地	未利用地	水域	2000 年
草地	218841.57	43854.03	37715.85	3158.82	137.52	328.05	304035.84
耕地	53413.20	611367.84	37986.57	6503.67	42.84	1636.65	710950.77
林地	5076.09	54690.84	973137.60	85.68	0.09	17.91	1033008.21
建设用地	0.63	2.88	0.36	12248.37	0.09	47.61	12299.94
未利用地	293.40	34.38	0.45	205.56	108.63	2.52	644.94
水域	583.65	1109.88	237.15	130.59	4.23	38119.95	40185.45
2010 年	278208.54	711059.85	1049077.98	22332.69	293.4	40152.69	2101125.15

如表 5，2010~2020 年间，林地转出总面积为 47194.65 hm^2，转入总面积为 101025.09 hm^2。林地转化为耕地的面积最大，为 43251.30 hm^2，主要是因为随着昆明市经济的持续发展和人口的不断增长，对土地资源的需求旺盛，林地拥有肥沃的土壤，因此很容易成为农业开发的重点。转化为未利用地面积最小，为 1.71 hm^2，主要是由于随着对生态环境保护意识的提高，昆明市实施了更为严格的生态保护政策。耕地向林地转入面积最大，为 62109.45 hm^2，随着生态环境保护意识的提高，政府和社会各界对生态环境和生物多样性的保护越来越重视。退耕还林政策的实施也是导致耕地转入林地的重要原因。

Table 5. Land Use transfer matrix of Kunming City in 2010~2020 (unit: hm^2)
表 5. 昆明市 2010~2020 年土地利用转移矩阵(单位：hm^2)

土地利用类型	草地	耕地	林地	建设用地	未利用地	水域	2010 年
草地	172738.71	60368.31	38770.02	5075.10	632.16	624.24	278208.54
耕地	42229.62	601053.84	62109.45	4378.32	296.73	991.89	711059.85
林地	3852.00	43251.30	1001883.33	48.51	1.71	41.13	1049077.98
建设用地	1.44	4.14	0.00	22288.50	0.00	38.61	22332.69
未利用地	103.86	9.81	0.09	55.08	118.62	5.94	293.40
水域	158.67	883.71	145.53	67.68	3.15	38893.95	40152.69
2020 年	219084.3	705571.11	1102908.42	31913.19	1052.37	40595.76	2101125.15

如表 6，2000~2020 年间，林地转出总面积为 82614.87 hm^2，转入总面积为 152515.08 hm^2。林地转化为耕地的面积最大，为 74292.12 hm^2，主要是因为随着人口的增长和经济的发展，对粮食和其他农产品的需求也在不断增加，为了保障粮食安全和满足市场需求，需要增加耕地面积转化为未利用地面积最小，为 689.49 hm^2，主要是由于过度伐木、过度放牧、过度开垦、过度采矿等人类活动破坏林地，导致林地退化或死亡，从而转变为未利用地。耕地向林地转入面积最大，为 80610.21 hm^2，原因为政府实施退耕还林政策，将一部分耕地转变为林地，以增加植被覆盖，改善生态环境。随着社会的快速发展，生态环境问题日益突出，为了保护和恢复生态环境，需要将一部分耕地转变为林地。未利用地向林地转入面积最小，为 0.81 hm^2，原因是昆明市实施了一系列与生态环境保护相关的政策，鼓励将未利用地转变为林地，以增加植被覆盖，改善生态环境。耕地转为建设用地面积最大，为 13449.42 hm^2，林地转为建设用地面积最小，为 158.49 hm^2，原因是城市化进程加快，经济发展，对建设用地需求量增加。

Table 6. Land use transfer matrix of Kunming City in 2000~2020 (unit: hm^2)
表 6. 昆明市 2000~2020 年土地利用转移矩阵(单位：hm^2)

土地利用类型	草地	耕地	林地	建设用地	未利用地	水域	2000 年
草地	150981.84	75075.21	71600.49	5545.17	301.86	531.27	304035.84
耕地	59513.94	554571.72	80610.21	13449.42	689.49	2115.99	710950.77
林地	8022.60	74292.12	950393.34	158.49	13.77	127.89	1033008.21
建设用地	1.26	14.58	1.17	12221.19	0.09	61.65	12299.94
未利用地	216.99	53.91	0.81	326.61	42.30	4.32	644.94
水域	347.67	1563.57	302.40	212.31	4.86	37754.64	40185.45
2020 年	219084.30	705571.11	1102908.42	31913.19	1052.37	40595.76	2101125.15

5. 昆明市生态系统服务价值评估

5.1. 昆明市生态系统服务价值变化

从 2000 年到 2020 年，昆明市生态系统服务总价值呈现稳步增长态势，由 612.093 亿元提升至 619.441 亿元，累计增长 7.348 亿元(表 7)。这一增长反映了昆明市在生态环境保护方面的持续努力与成效。在各类土地利用类型中，林地的生态系统服务价值增长最为显著，增加了 26.422 亿元。这一增长主要得益于昆明市在森林保护和植树造林方面的投入，有效提升了林地生态系统的服务功能。相对而言，草地的生态服务价值出现了下降，降低了 19.681 亿元。这与草地退化、过度放牧等因素有关，警示需加强对草地生态系统的保护和管理。耕地的生态系统服务价值则呈现出“先增后减”的趋势，总体上减少 0.408 亿元。这与农业生产方式的转变、农田面积的变化等因素有关，需要进一步关注农田生态系统的健康与稳定。水域和未利用地的生态系统服务价值展现出先下滑后回升的态势。特别是，水域的生态系统服务价值在整体趋势中表现突出，实现了 0.990 亿元的增长。这一显著增长得益于水域生态环境的持续改善以及水资源保护力度的增强。从总体来看，昆明市在此期间生态系统服务总价值实现了显著增长，但各土地利用类型的生态服务价值变动却各有千秋。未来，昆明市应继续深化生态环境保护与修复工作，推动各类生态系统服务价值持续、稳定地提升，确保生态与经济双重繁荣。

Table 7. Value of ecosystem services in Kunming city from 2000 to 2020 (RMB 100 million yuan)
表 7. 2000~2020 年昆明市各地类生态系统服务价值(亿元)

土地利用类型	2000 年	2010 年	2020 年	变化值		
				2000~2010 年	2010~2020 年	2000~2020 年
耕地	53.932	53.940	53.524	0.008	−0.416	−0.408
林地	390.775	396.854	417.217	6.079	20.363	26.442
草地	70.437	64.454	50.756	−5.984	−13.698	−19.681
水域	96.940	96.861	97.930	−0.079	1.069	0.990
未利用地	0.008	0.004	0.013	−0.004	0.009	0.005
总 EVS	612.093	612.113	619.441	0.020	7.328	7.348

5.2. 昆明市生态系统单项服务价值变化

从 2000 年到 2020 年这二十年间，各单项生态系统服务价值具有独特且显著的变化和排序(表 8)。这不仅是自然界生态系统在时间和人为因素作用下的自然反应，也揭示了城市发展与生态保护之间微妙的平衡关系。从价值的高低来看，水文调节占据了首要地位，紧随其后的是气候调节和土壤保持，显示出这三者在昆明市生态系统服务中的核心作用。气体调节、生物多样性、净化环境、美学景观等也分别占据了重要的位置，食物生产、原料生产、维持养分循环以及水资源供给则位于价值序列的较低位置。进一步分析，可以发现调节服务和支持服务在昆明市生态系统中占据了举足轻重的地位，其总价值超过了 90%。其中，水文调节和土壤保持不仅在调节服务和支持服务中占据了领先地位，而且在所有单项服务价值中也处于前列，这充分说明了它们在维护昆明市生态系统稳定中的关键作用。相比之下，净化环境和水资源供给的价值则相对较低。纵观昆明市 2000 年至 2020 年间的生态系统服务价值变迁，分析得到多数服务类型的价值呈增长态势，但食物生产的价值却出现了下滑。这一趋势与农业生产方式的革新、市场需求的波动及多重外部因素交织相关。与此同时，维持养分循环、原料生产、水资源供给、美学景观、气体调节、环境净化、生物多样性保护、土壤保持、水文调节以及气候调节服务类型均在这一阶段

Table 8. Kunming from 2000 to 2020 (RMB 100 million Yuan)
表 8. 2000~2020 年昆明市单项生态系统服务价值(亿元)

一级分类	二级分类	2000 年	2010 年	2020 年	2000~2020 年
供给服务 5.67%	食物生产	22.08	22.04	21.93	−0.15
	原料生产	17.03	17.04	17.23	0.20
	水资源供给	−4.36	−4.37	−4.07	0.29
调节服务 70.29%	气体调节	57.64	57.63	58.14	0.51
	气候调节	139.97	140.15	142.40	2.43
	净化环境	45.46	45.45	46.02	0.56
	水文调节	187.06	186.99	188.91	1.85
支持服务 20.07%	土壤保持	62.48	62.47	63.15	0.67
	维持养分循环	6.35	6.35	6.39	0.04
	生物多样性	54.05	54.04	54.72	0.66
文化服务 3.97%	美学景观	24.33	24.32	24.62	0.29

实现了显著的价值增长。这些增长不仅体现了昆明市在生态环境保护与修复上的坚定立场与不懈努力，更是人与自然和谐共生理念的生动实践。特别值得一提的是，气候调节服务的价值增长尤为突出，高达2.43 亿元，这充分彰显了昆明市在应对气候变化、保护生态环境方面取得的显著成效。综上所述，昆明市在维护生态系统服务价值方面已取得积极进展，但仍需持续关注并改善部分服务类型价值下滑的问题，以确保生态与经济的和谐共进。

6. 结论

1) 昆明市土地利用的动态演变中，几种主要土地类型的面积变化尤为突出。林地和建设用地呈现出稳步上升的趋势，这反映了昆明市在城市化进程和生态建设中的双向努力。草地的面积却逐年缩减，受到城市发展、农业活动等多重因素的影响。耕地和未利用地，其面积变化则显得较为波动，呈现出一种不稳定的变化模式。这是政策调整、经济发展等宏观因素的结果，也是气候变化、自然灾害等自然因素的影响。

2) 研究期间，昆明市土地使用情况经历了显著转变。草地和耕地成为转变的主要方向，草地和耕地被大量开发利用，以满足城市化和工业化的需求。林地和建设用地的转入逐渐增加。还有一部分耕地和草地转变为水域或是未利用地，这种土地利用类型的多样化变化，反映了昆明市在追求经济增长的同时，对于生态平衡和可持续发展战略的重视。

3) 研究期间，昆明市生态系统服务价值得到显著提升，林地和水域对生态系统的贡献最为关键，从时间维度来看，研究期间，研究区域的生态系统服务价值经历了一个由慢转快的转变过程。

4) 在昆明市单项生态系统服务价值中调节服务和支持服务所占比例较大，分别为 70.29%和 20.07%。单项价值中，除食物生产的变化值下降之外，其余 10 项因子变化值均增加。

基金项目

大学生创新创业训练计划项目“滇中地区生态系统服务价值时空演变及权衡协同研究”(2022A022)；云南省地方本科高校(部分)基础研究联合专项项目“滇中地区山－坝生态系统服务价值权衡/协同研究”(202101BA070001-275)；云南省地方本科高校(部分)基础研究联合专项项目“国土空间规划视角下西南山区生态屏障区划定与评价——以玉溪市为例”(202101BA070001-078)。

参考文献

[1] Costanza, R., Darge, R., De Groot, R., *et al*. (1998) The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Ecological Economics*, **25**, 3-15. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00020-2

[2] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 等. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.

[3] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008(5): 911-919.

[4] 刘畅, 刘耕源, 杨青. 水坝建设对河流生态系统服务价值影响评估[J]. 人民黄河, 2019, 41(8): 88-94.

[5] Luo, Q., Zhou, J., Li, Z., *et al*. (2020) Spatial Differences of Ecosystem Services and Their Driving Factors: A Comparation Analysis among Three Urban Agglomerations in China's Yangtze River Economic Belt. *Science of the Total Environment*, **725**, Article ID: 138452. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138452

[6] Constanza (2018) Impact of Land Use Change on Ecosystem Service Value. *Study on Soil and Water Conservation*, **25**, 304-308.

[7] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估[J]. 生态学报, 2001(11): 1918-1926.

[8] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999(5): 19-25.

[9] 赵同谦. 生态屏障区土地利用规划生态效应评估[J]. 地理学, 2015, 34(12): 1504-1510.

[10] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.

[11] 李建蓉, 乔庆华, 桑会勇, 等. 土地利用与生态系统服务价值演变及其关联性[J]. 测绘科学, 2021, 46(12): 179-185.

[12] 张学斌, 罗君, 石培基, 等. 格网尺度下张掖生态系统服务价值时空演变及地形梯度分异特征[J]. 应用生态学报, 2020, 31(2): 543-553.

[13] 柳敏, 赵少华, 王亚婷, 等. 中原城市群生态系统服务价值时空变化研究[J]. 人民黄河, 2021, 43(11): 17-22, 28.

[14] 黄晋宇, 王思, 邓超, 等. 平武县生态系统服务价值时空动态分析[J]. 西南农业学报, 2021, 34(5): 1113-1120.

[15] 傅伯杰, 张立伟. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441-446.

[16] 王航, 秦奋, 朱筠, 等. 土地利用及景观格局演变对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(4): 1286-1296.

[17] 陈睿, 杨灿, 杨艳, 等. 洞庭湖生态经济区生态系统服务价值的时空演绎及其驱动因素[J]. 应用生态学报, 2022, 33(1): 169-179.

[18] 陈万旭, 李江风, 朱丽君. 长江中游地区生态系统服务价值空间分异及敏感性分析[J]. 自然资源学报, 2019, 34(2): 325-337.