

2000—2020 年新疆土地利用变化及其对 生态系统服务价值的影响

赵 玉^{1,2}, 张永福^{1,2}, 卜 祥^{1,2}, 李宇飞^{1,2}, 贺忠发^{1,2}

(1. 新疆大学 地理与遥感科学学院, 乌鲁木齐 830017; 2. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830017)

摘 要: 为了解内陆干旱区生态系统在时空上的演变规律, 基于新疆 2000—2020 年 3 期的土地利用数据, 通过当量因子法揭示新疆生态系统服务价值的时空演变规律. 结果表明: ① 未利用地和草地是新疆主要的土地利用类别, 分别约占总面积的 60% 和 30%, 地类分布呈现明显的“三山夹两盆”特征. ② 2000—2020 年, 研究区综合土地利用动态度为 7.635%, 耕地和建设用地的土地利用动态度为正, 面积增加, 其余地类面积都出现不同程度的减少. ③ 2000—2020 年新疆生态系统服务价值总量减少 4 653.229 亿元, 表现最明显的地类是水域和林地. 气候和水文调节是对研究区生态系统服务价值变化贡献最大的服务功能. ④ 水域的生态贡献率最高(51.06%), 是研究区主要的生态贡献因子和敏感因子.

关键词: 土地利用; 时空变化; 生态系统服务价值; 当量因子法; 土地利用动态度

中图分类号: P951; X171.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-1114(2023)06-0053-08

Land use change and its impact on ecosystem service value in Xinjiang from 2000 to 2020

ZHAO Yu^{1,2}, ZHANG Yongfu^{1,2}, BU Xiang^{1,2}, LI Yufei^{1,2}, HE Zhongfa^{1,2}

(1. College of Geography and Remote Sensing Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830017, China; 2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi 830017, China)

Abstract: In order to learn the temporal and spatial evolution of ecosystems in inland arid areas, based on the land use data of Xinjiang from 2000 to 2020, the spatiotemporal dynamic evolution of ecosystem service value in Xinjiang was revealed through equivalent factor method. The results showed that: ① Unused land and grassland were the main land use categories, accounting for about 60% and 30% of the total area, respectively, and the distribution of land types showed obvious characteristics of “three mountains and two basins”. ② From 2000 to 2020, the comprehensive land use dynamic degree was 7.635%, and the dynamic degree of land use of cultivated land and construction land was positive, with an increase in area and the remaining land types decreased to varying degrees. ③ The total value of ecosystem services in Xinjiang decreased by 465 322.9 million yuan, with the most obvious land types being waters and forest land. Climate and hydrological regulation were the main service functions that contribute the most to the changes in ecosystems service value in the studied area. ④ The ecological contribution of water was the highest(51.06%), which was the main ecological contribution factor and sensitive factor in the studied area.

Keywords: land use; space-time change; ecosystem service value; equivalent factor method; land use dynamic degree

土地利用结构在时间序列和空间位置上的变化会引起生态系统面积、类型和分布格局的变化, 从而影响生态系统服务平衡^[1], 是生态系统服务功能变化的主要原因^[2]. 生态系统服务功能是评估区域可持续发展情况的重要视角^[3], 其衰退和丧失会大大影响土

地利用系统的结构和效率, 影响人类可持续发展. 城市化进程的快速发展和人类活动范围的扩大加速了土地利用类型结构的变化, 自然环境和人类之间的矛盾不断加剧. 因此, 科学合理地认识土地利用变化对生态系统服务价值(ecosystem service values, ESV)的影

收稿日期: 2022-03-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41961024).

第一作者: 赵 玉(1997—), 女, 硕士研究生.

通信作者: 张永福(1964—), 副教授, 主要从事国土资源评价与规划和土地管理等方面的研究. E-mail: zyf431@163.com.

响可以为区域的可持续发展提供科学指导. 相关学者在不同尺度、不同流域和不同情景模式下研究了土地利用变化对 ESV 的影响. 例如丘海红等^[4]从时间角度分析探讨 2000—2020 年广西的 ESV, 揭示了土地利用类型与 ESV 变化之间的内在联系; 侯春飞等^[5]研究发现, 城镇化进程的加快使雄安新区城镇用地急剧增加, 原有土地利用类型发生改变, 从而影响 ESV; 张晓瑶等^[6-7]通过模拟 4 种情景(自然发展情景、城市发展情景、耕地保护情景、生态保护情景), 多角度多情景分析了 1995—2015 年深圳市城市土地利用变化对 ESV 的影响. 模型^[8-9]和当量因子法是计算生态系统服务价值最常用的 2 种方法^[10]. 当量因子法在区分不同种类生态系统服务功能的基础上, 基于可量化标准, 构建不同类型生态系统服务功能的价值当量, 结合生态系统的分布面积进行生态系统服务价值评估^[11-13]. 与其他方法相比, 当量因子法数据需求少、直观易用, 适用于大尺度生态系统服务价值的评估^[3, 14-15]. 在研究区尺度大且研究数据易获取的前提下, 本研究采用综合评价性较高和适用性较强的当量因子法计算生态系统服务价值.

新疆与多国接壤, 不仅是古代丝绸之路的必经之地, 还是亚欧大陆桥的重要交通节点, 具有重要的战略地位与军事地位. 自国家实施西部大开发战略以来, 新疆城市化进入前所未有的发展阶段. 近 20 a 的城镇化快速发展使得新疆土地利用结构的分布已经发生改变, 这必定引起生态系统服务功能的变化. 本研究以新疆为研究对象, 基于 2000—2020 年土地利用变化数据, 结合研究区社会经济发展情况, 修正生态系统服务价值当量, 分析新疆生态系统服务价值的变化, 为建立资源节约型和环境友好型社会以及国土资源优化合理配置提供科学依据.

1 研究区概况

新疆(34°25′N~48°10′N, 73°40′E~96°18′E)位于中国西北内陆, 属典型的温带大陆性气候, 早晚温差大, 日照时间充足, 降水量少, 气候干燥. 新疆境内盆地与高山相间分布, 高山呈东西走向, 环抱盆地, 土质疏松, 地形开阔, 植被覆盖率极低且分布有三大山脉. 境内多河流和湖泊, 有中国最大的内流河(塔里木河)和最大的沙漠(塔克拉玛干沙漠). 截至 2020 年, 研究区总人口为 2 523.22 万, 城市人口 1 308.79 万, 城市化率 51.87%. 新疆由 4 个地级市、5 个地区、5 个自治州和 11 个自治区直辖县级市组成, 研究区面积为 1 631 785.41 km².

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

研究区 2000 年、2010 年和 2020 年 3 期土地利用基础数据和高程数据(1 km)来源于中国科学院资源环境科学数据中心, 数据分辨率统一为 30 m × 30 m, 根据研究需要将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地 6 大类. 社会经济数据来源于 2000—2020 年《新疆统计年鉴》和《全国农产品成本收益资料汇编》, 主要包括人口数据、城镇化率、粮食价格和产量等.

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用变化

(1) 土地净变化量

土地净变化量是研究期内某一类土地的变化面积, 是土地利用面积变化幅度的指标. 公式为

$$C_i = U_{ib} - U_{ic} \quad (1)$$

式中: i 为土地利用类型; C_i 是研究期间第 i 类土地的净变化量, km²; U_{ic} 和 U_{ib} 分别是研究初期和末期第 i 类土地的面积, km².

(2) 土地利用动态度

土地利用动态度是研究期内某一类土地的变化速率, 与土地利用变化程度成正比. 公式为

$$D_i = \frac{C_i}{U_{ic}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: D_i 为第 i 类土地的土地利用动态度, %; T 为研究时段, a; 综合土地利用动态度为各地类 D_i 之和.

(3) 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵表示研究期内各种土地利用类型之间相互转换的情况, 表明土地利用类型转移的方向和面积. 表示为

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: A_{in} 为研究初期第 1 类土地在研究期末变化成第 n 类土地的面积, km²; n 代表土地利用类型总数, 为 6.

2.2.2 生态系统服务价值

本研究在 Costanza 等^[12-13]和谢高地等^[16-17]研究的基础之上, 结合新疆实际社会发展情况, 修正研究区单位面积粮食生产的经济价值, 计算生态系统服务价值, 公式为

$$ESV = \sum_{i=1}^n VC_i \times A_i \quad (4)$$

$$ESV_f = \sum_{i=1}^n VC_{fi} \times A_i \quad (5)$$

$$VC_i = \sum_{f=1}^k VC_{fi} \times E_n \quad (6)$$

式中:ESV 为研究区土地生态系统服务价值,元/a;VC_i 是第*i*类土地的单位面积生态系统服务价值系数,元/(hm²·a);A_i是第*i*类土地面积,hm²;f为生态系统服务价值的项数;ESV_f是第*f*项生态系统服务价值;VC_{fi}是第*i*类土地利用类型的第*f*项生态系统服务价值当量;E_n为研究区单位面积农田生态系统提供食物生产服务的经济价值,元/hm²,即当量因子,计算公式为

$$E_n = 1/7 \sum_{i=1}^n \frac{q_i P_i}{M} \quad (7)$$

式中:*n*为研究区主要粮食作物类别总数;*q_i*为农作物*i*的价格,元/kg;*p_i*为农作物*i*的总产量,kg;*M*为粮食作物总面积,hm².

考虑到不同年份农作物价格波动的影响,本研究选取 2000—2019 年新疆玉米、大麦、小麦和水稻 4 种主要农作物的种植面积、产量和平均价格作为基础数据,计算得到 2000—2019 年新疆平均粮食产量为 8 988.54 kg/hm². 参考文献[4],2019 年全国粮食平均价格为 2.7 元/kg,结合公式(7),计算出新疆生态系统服务当量因子为 3 467.01 元/hm²,在此基础上利用第*f*项生态系统服务价值系数(VC_{fi})计算研究区单位面积生态系统服务价值系数(VC_i),结果如表 1 所示.

表 1 新疆单位面积生态系统服务价值系数

Tab. 1 Ecosystem service value coefficient per unit area in Xinjiang

元/(hm²·a)

生态系统服务类型		耕地	林地	草地	建设用地	未利用地	水域
供给服务	食物生产	7 662.09	3 501.68	2 426.91	0	34.67	2 773.61
	原料生产	1 698.83	8 043.46	3 571.02	0	104.01	797.41
	水资源供给	9 187.57	4 160.41	1 976.19	0	69.34	36 230.24
调节服务	气体调节	6 171.27	26 453.27	12 550.57	0	450.71	3 293.66
	气候调节	3 224.32	79 151.80	33 179.27	0	346.70	9 811.63
	净化环境	936.09	23 298.30	10 955.75	0	1 421.47	19 796.62
	水文调节	10 366.35	51 797.10	24 303.73	0	832.08	379 186.70
支持服务	土壤保持	3 605.69	32 208.51	15 289.51	0	520.05	3 224.32
	维持养分循环	1 074.77	2 461.58	1 178.78	0	34.67	277.36
	生物多样性	1 178.78	29 330.89	13 902.70	0	485.38	8 875.54
文化服务	美学景观	520.05	12 862.60	6 136.60	0	208.02	6 864.68

2.2.3 生态贡献率

生态贡献率是指研究期内不同土地利用类型的生态系统服务价值变化量占总生态系统服务价值变化量的百分比,可以用来探究研究区生态系统服务价值量变化的主要贡献因子和敏感因子.生态贡献率计算公式为

$$S_i = \frac{|\Delta ESV_i|}{\sum_{i=1}^6 |\Delta ESV_i|} \times 100\% \quad (8)$$

式中:*i*为土地利用类型;S_i为第*i*种土地利用类型在研究期内的生态贡献率;ΔESV_i为第*i*种土地利用类型在研究期内的生态系统服务价值变化量.

3 结果与分析

3.1 研究区土地利用时空变化

3.1.1 土地利用结构变化

2000—2020 年新疆各种土地利用类型的面积及占比如表 2 所示.

表 2 2000—2020 年新疆各种土地利用类型面积及占比

Tab. 2 Area and proportion of various land use types in Xinjiang from 2000 to 2020

年份		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000	面积/(10 ³ km ²)	59.27	38.05	478.34	51.73	4.36	1 000.03
	占比/%	3.63	2.33	29.31	3.17	0.27	61.28
2010	面积/(10 ³ km ²)	80.51	28.22	485.77	33.47	8.01	995.81
	占比/%	4.93	1.73	29.77	2.05	0.49	61.03
2020	面积/(10 ³ km ²)	90.13	27.44	483.39	40.60	8.64	981.59
	占比/%	5.52	1.68	29.62	2.50	0.53	60.15

由表 2 可以看出,未利用地和草地是新疆最主要的土地利用类型,分别约占研究区面积的 60%和 30%。从时间角度看,2000—2020 年耕地面积持续增加,总增加 $30.86 \times 10^3 \text{ km}^2$,是增加面积最大的地类;建设用地面积也持续增加;林地、水域和未利用地面积持续性减少,未利用地减少面积最大($18.44 \times 10^3 \text{ km}^2$)。结合新疆发展历

程来看,社会发展阶段和政策性引领对地类变化影响巨大。人类活动导致建设用地面积在 2000—2010 年剧烈增长,并造成水域面积减少和自然环境的破坏,2000—2010 年期间是新疆土地利用类型发生质变的过程。

2000—2020 年研究区 3 期土地利用类型分布图如图 1 所示。

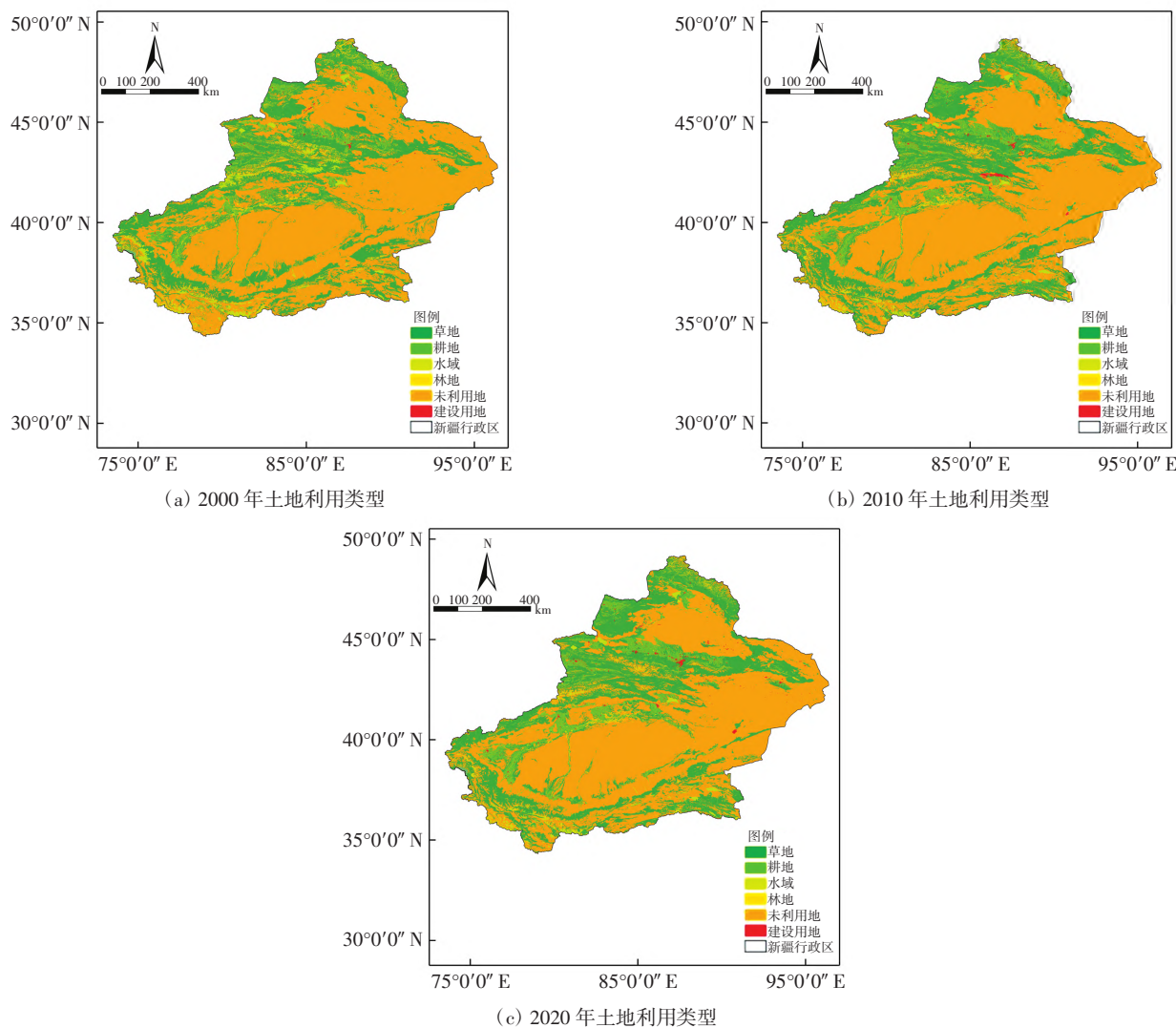


图 1 2000—2020 年新疆土地利用类型分布

Fig. 1 Distribution of land use types in Xinjiang from 2000 to 2020

由图 1 可以看出,研究区呈现明显的“三山夹两盆”特征,三大山脉主要地类为林地、草地、耕地和水域,两盆主要为未利用地。2000—2020 年,阿尔泰山西南部草地和耕地面积增加明显,主要由未利用地转化而来;天山北坡建设用地和耕地面积增加明显,主要由草地转化而来;天山南坡水域面积减少明显,草地面积增加;塔里木盆地边缘耕地增加明显,草地面积减少,尤其塔里木盆地南部边缘,耕地由集中连片变为碎片化;昆仑山脉水域面积减少明显,最南端未利用地转为草地,且集中连片。研究期间准格尔盆地内零星

分布的草地转化为未利用地,塔里木盆地内水域转化为未利用地,内流河出现断裂,水域面积减少,除了内流河减少明显,其他区域无明显变化。

3.1.2 土地利用动态度

2000—2020 年新疆单一土地利用动态度如表 3 所示。由表 3 可知,2000—2020 年,新疆耕地和建设用地动态度为正且较大,分别为 1.712%、2.474%;草地动态度接近于 0,其余地类动态度均为负,人们通过对林地、草地和未利用地的干预来增加耕地面积和扩大建设用地活动范围。2000—2020 年新疆土地利用综合动

态度较高,为 7.635%。从时间序列看,2000—2010 年新疆土地利用变化比 2010—2020 年变化更加明显。2000—2010 年耕地和建设用地的动态度分别为 3.584%和 8.364%,后期动态度减小。与前一阶段相比,2010—2020 年水域得到保护,面积出现增加。由此可以看出,随着人们对生态环境重要性认知的加深,人为干预手段开始出现,一定程度上遏制了生态系统的退化。

表 3 2000—2020 年新疆单一土地利用动态度变化
Tab. 3 Changes of single land use dynamics in Xinjiang from 2000 to 2020 %

年份	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
2000—2010	3.584	-2.585	0.155	-3.530	8.364	-0.042
2010—2020	1.194	-0.275	-0.049	2.132	0.777	-0.143
2000—2020	1.712	-1.933	0.052	-1.370	2.474	-0.094

3.1.3 土地利用转移矩阵

2000—2020 年新疆土地利用转移矩阵如表 4 所示。由表 4 可以看出,草地和未利用地相互转化面积最大,这与过度放牧行为、草原保护政策等密切相关;水域转出面积最大的部分为未利用地,可能受气候和人类活动的影响;建设用地面积转移变化较小,转入面积比转出面积大 4 272.52 km²,主要是人类活动干预造成的;社会经济因素可能导致耕地面积减少,但政策性文件(基本农田保护制度、高标准农田建设以及土地复垦和整合优化等)使耕地面积得到保护和增加;林地主要转化为草地。草地和水域转化为未利用地以及耕地转化为建设用地是高级生态系统向低级生态系统退化的过程,建设用地转化为林地以及未利用地转化为草地是生态系统提质的过程。

表 4 2000—2020 年新疆土地利用转移矩阵
Tab. 4 Land use transfer matrix in Xinjiang from 2000 to 2020 km²

土地利用类型	2020 年						总计
	草地	建设用地	耕地	林地	水域	未利用地	
2000 年 草地	—	1 409.90	23 564.22	10 117.18	4 273.03	109 965.11	149 329.44
建设用地	245.44	—	1 460.14	93.31	22.59	238.40	2 059.88
耕地	3 855.13	2 599.05	—	1 246.66	354.00	654.85	8 709.69
林地	17 625.64	178.08	3 231.67	—	482.01	2 516.65	24 034.05
水域	8 386.34	102.09	659.92	335.49	—	13 635.44	23 119.28
未利用地	124 266.66	2 043.28	10 650.02	1 630.89	6 860.30	—	145 451.15
总计	154 379.21	6 332.40	39 565.97	13 423.53	11 991.93	127 010.45	352 703.49

2000—2020 年新疆各种土地利用类型转移情况分布如图 2 所示。

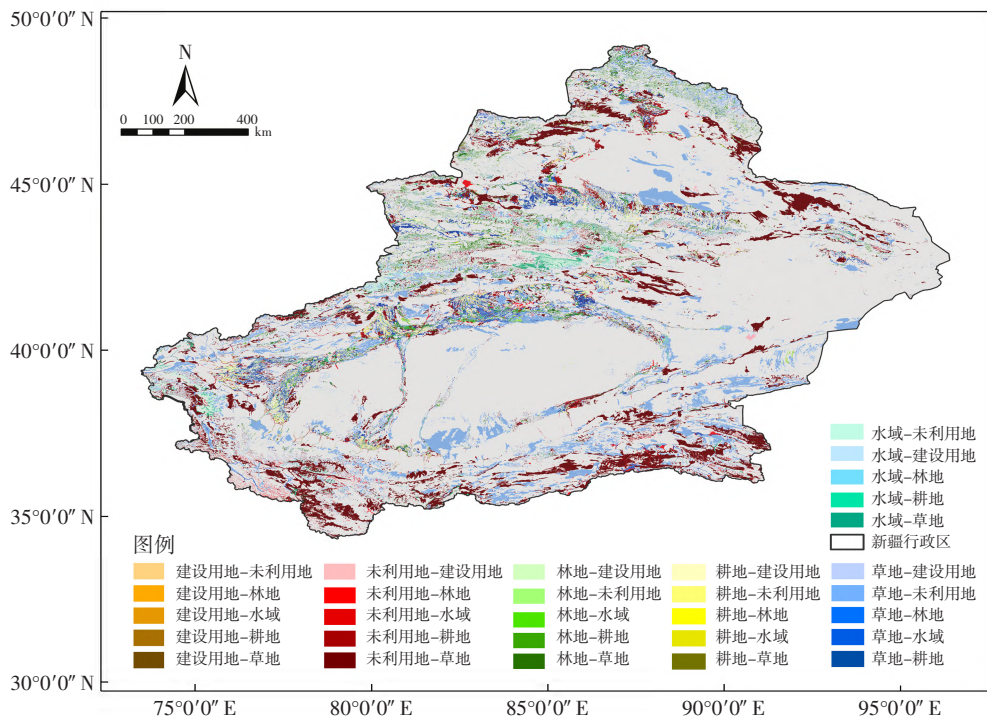


图 2 2000—2020 年新疆土地利用转移分布
Fig. 2 Distribution of land use transfer in Xinjiang from 2000 to 2020

由图 2 可以看出,土地利用转出面积最大的是草地,转出区域分布于环塔里木盆地周边、阿尔泰山和天山北坡以及伊犁河谷;未利用地转出面积较大,转出区域主要分布于新疆南部昆仑山脉和阿尔金山山脉附近,新疆北部转出区域分布在北天山和准格尔盆地西北部与阿尔泰山之间;林地面积转出区域主要分布于环塔里木盆地北部、天山山脉和阿尔泰山区域;水域转出区域主要分布在天山山脉中间、巴音郭勒蒙古自

治州西北地区;耕地转出区域主要分布在环塔里木盆地边缘的阿克苏河流域、叶尔羌河流域、喀拉喀什河流域、渭干河流域等以及天山北路的昌吉回族自治州等;建设用地面积小且零星分布,转移分布不明显。

3.2 生态系统服务价值时空变化

3.2.1 生态系统服务价值总体变化

2000 年、2010 年和 2020 年新疆各种土地利用类型的生态系统服务价值如表 5 所示。

表 5 2000—2020 年新疆各地类生态系统服务价值

Tab. 5 Service value of various types of ecosystems in Xinjiang from 2000 to 2020

年份	项目	耕地	林地	草地	未利用地	水域	总计
2000	价值量/亿元	2 704.25	10 397.84	60 018.25	4 507.24	24 371.09	101 998.67
	占比/%	2.65	10.20	58.84	4.42	23.89	100.00
2010	价值量/亿元	3 673.32	7 710.43	60 950.43	4 488.21	15 767.11	92 589.50
	占比/%	3.97	8.33	65.82	4.85	17.03	100.00
2020	价值量/亿元	4 112.09	7 498.31	60 651.85	4 424.13	19 128.63	95 815.01
	占比/%	4.29	7.83	63.30	4.62	19.96	100.00

由表 5 可知,研究期间新疆 ESV 呈现波动下降的趋势,总体下降 6 183.66 亿元,下降率为 6%。2000—2020 年,耕地 ESV 处于稳定上升的阶段,增长率最大,为 52%;林地 ESV 逐步下降,下降率最大,为-28%;草地 ESV 较稳定,变化不明显,水域 ESV 波动下降,变化量最大。草地为研究区生态系统服务价值主要提供者,占比都在 58%以上。2000—2020 年,水域和林地的负向变化引起生态系统服务价值下降。

3.2.2 单项生态系统服务价值变化

2000—2020 年新疆土地生态系统单项服务价值如表 6 所示。由表 6 可知,对研究区 ESV 变化贡献最大的服务功能是气候调节和水文调节;土壤保持、生

物多样性和净化环境功能对研究区 ESV 变化的贡献次之;食物生产 ESV 增加量最大,为 180.02 亿元,变化率为 9.34%,与同期耕地 ESV 持续性增加相呼应;维持养分循环的 ESV 也为正向变化;其余生态系统服务功能价值都是负向变化。虽水域的水文调节功能好,但水域面积波动减少,所以总体水文调节呈负向变化,且负向变化量最大(4 341.69 亿元),负向变化率为 12.53%,因此,水域面积的减少是导致新疆 ESV 下降的主要原因。水文调节、水资源供给、土壤保持和生物多样性等功能的生态系统服务价值较高,因此应注意保护水资源和动植物的多样性。

表 6 2000—2020 年新疆土地生态系统单项服务价值

Tab. 6 The value of individual services of Xinjiang's land ecosystem from 2000 to 2020

一级服务功能	二级服务功能	ESV/亿元			ESV 变化量/亿元	ESV 变化率/%
		2000 年	2010 年	2020 年		
供给服务	食物生产	1 926.41	2 021.95	2 106.43	180.02	9.34
	原料生产	2 260.18	2 228.69	2 234.49	-25.69	-1.14
	水资源供给	3 591.64	3 098.60	3 436.54	-155.10	-4.32
调节服务	气体调节	7 996.90	7 899.01	7 925.05	-71.85	-0.90
	气候调节	19 928.16	19 284.09	19 239.78	-688.38	-3.45
	净化环境	8 628.16	8 132.78	8 218.66	-409.50	-4.75
	水文调节	34 657.80	27 620.79	30 316.11	-4 341.69	-12.53
支持服务	土壤保持	9 439.73	9 252.08	9 240.98	-198.75	-2.11
	维持养分循环	770.25	772.41	779.52	9.27	1.20
	生物多样性	8 780.68	8 456.42	8 468.33	-312.35	-3.56
文化服务	美学景观	4 018.78	3 822.67	3 849.11	-169.67	-4.22

3.2.3 生态系统服务价值空间变化

将 ESV 取值划分为高 (18 401~60 651 亿元)、较高 (7 801~18 400 亿元)、中 (3 401~7 800 亿元)、较低

(2 705~3 400 亿元)、低 (1~2 704 亿元) 5 个等级. 利用 ArcGIS 软件将研究区土地利用类型的 ESV 进行空间可视化, 结果如图 3 所示.

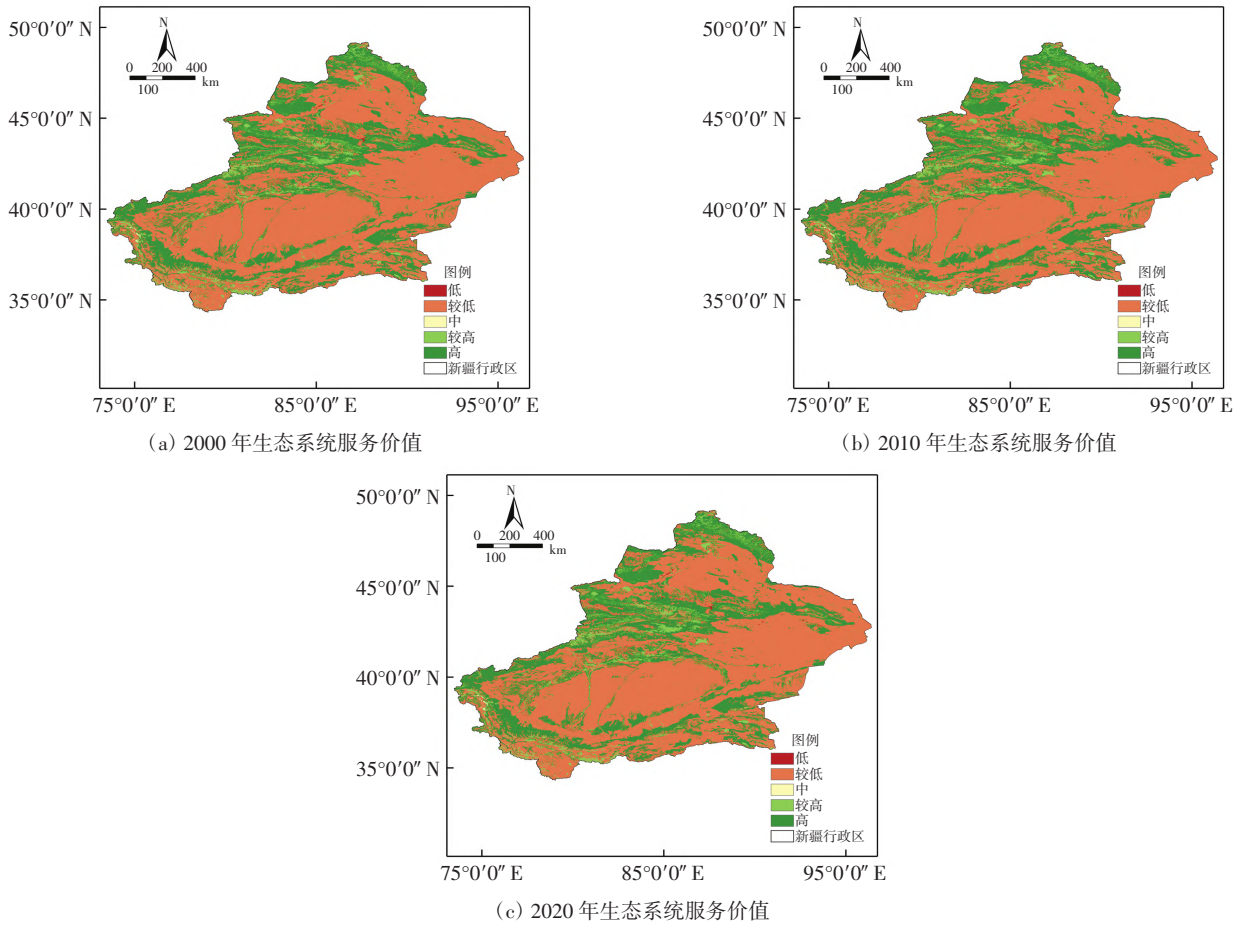


图 3 2000—2020 年新疆生态系统服务价值空间分布

Tab. 3 Spatial distribution of ecosystem service value in Xinjiang from 2000 to 2020

由图 3 看出, 空间布局上, 研究区生态系统服务价值高、较高、中等级的区域主要分布在三大山脉、河流和环盆地周边. 三大山脉海拔高, 冰山积雪丰富, 也是境内众多河流的发源地, 由于山地气候垂直变化显著, 因此动植物分布明显且丰富, 草地和林地面积分布广. 山麓地带降水多和河流冲积扇等水源充足的地区气候环境好, 比较适宜农作物的种植. 低等级生态系统服务价值的面积较小, 主要分布在天山北坡和天山南坡以及塔里木河下游. 较低等级生态系统服务价值的面积占比最大, 主要分布在塔里木盆地和准格尔盆地, 以沙漠和戈壁为主, 不适宜动植物存活. 从时间来看, 低等级区域虽然零星分布且面积较小, 但天山北坡和环塔里木边缘的低等级面积不断增加. 阿尔泰山和塔里木盆地南部高和较高等级退化到中等级较明显.

3.3 各地类对生态系统服务价值变化的生态贡献率

新疆各土地利用类型对生态系统服务价值变化的贡献率如表 7 所示.

表 7 新疆各土地利用类型对生态系统服务价值变化的贡献率

Tab. 7 Contribution rate of various land use types in Xinjiang to changes in ecosystem service value %

年份	耕地	林地	草地	未利用地	水域
2000—2010	7.33	20.34	7.06	0.14	65.13
2010—2020	10.03	4.85	6.82	1.47	76.83
2000—2020	13.71	28.24	6.17	0.82	51.06

由表 7 可知, 2000—2020 年对 ESV 变化贡献率最高的土地利用类型是水域 (51.06%), 其次是林地、耕地、草地和未利用地. 2000—2010 年是城市快速发展阶段, 水域面积减少明显, 而 2010—2020 年水域得到保护, 面积增加, 因此水域贡献率前期比后期低. 2000—2020 年耕地和未利用地的贡献率呈增加趋势, 草地和林地贡献率下降. 水域贡献率最大, 原因可能是水域生态系统服务功能强. 因此, 新疆 ESV 的变动主要与水域的转变相关.

4 讨论与结论

本研究基于 2000—2020 年新疆土地利用变化数据,结合研究区社会经济发展情况,修正生态系统服务价值当量,分析新疆土地利用变化情况及其对生态系统服务价值的影响.主要结论如下:

(1) 2000—2020 年,未利用地和草地是研究区主要土地利用类型,分别占研究区总面积的 60%和 30%.未利用地分布于准格尔盆地和塔里木盆地,草地、林地和耕地主要分布于三大山脉的高原、平原、丘陵和山麓地带.研究期间,建设用地、耕地和草地面积增加,林地、水域和未利用地面积减少且未利用地减少面积最大.

(2) 2000—2020 年,研究区综合土地利用动态度为 7.635%. 建设用地(2.474%)和耕地(1.712%)的土地利用动态度为正,面积增加.2000—2010 年各地类动态度绝对值高于 2010—2020 的数值,说明研究期间土地利用变化出现减缓趋势.

(3) 2000—2020 年新疆 ESV 波动下降,下降率为 6%. 2000—2020 年,耕地 ESV 一直稳定上升,正向变化率最高(52%).林地 ESV 逐步下降,负向变化率最大(28%).气候调节和水文调节是研究区主要的土地生态系统服务功能,水文调节功能的 ESV 下降率最大,为 12.53%.

(4) 2000—2020 年各地类对生态系统服务价值变化的贡献率由大到小排序为水域、林地、耕地、草地、未利用地.表明水域是新疆 ESV 变化的主要敏感因子和贡献因子.

每种土地利用类型的生态系统服务价值不同,土地利用类型之间的相互转化就是生态系统服务价值的高低转变,耕地和建设用地、草地和未利用地、水域和未利用地之间的相互转化,都是高 ESV 与低 ESV 之间的转化,这将打破原有生态系统的平衡.从研究结果来看,2000—2020 年,新疆 ESV 下降,水域和林地面积明显减少,耕地和建设用地面积急剧增加,土地利用变化显著,生态系统服务出现退化.因此,在干旱区环境保护过程中,应根据国土空间规划工作,加强三线的划定,注意国土资源的整合优化和配置,严格落实生态保护红线管理,规划好城市与工业用地布局与生态保护区关系,严格管理人类活动范围,严格限制与生态保护理念不一致的开发活动,进一步促进人地关系协调发展.

ESV 的时空分布及其演变规律是一个整体系统,因此,在日后研究中要重视 ESV 影响因素的确定及衡量,构建一个整体性高、科学合理的指标体系;在空间

尺度上要结合大、中、小尺度,实现大区域内小格局的变化研究;应注重生态系统服务价值的协同发展、空间流动以及影响因素探究.

参考文献:

- [1] 谢高地,肖玉,鲁春霞.生态系统服务研究:进展、局限和基本范式[J].植物生态学报,2006,30(2):191-199.
XIE G D, XIAO Y, LU C X. Study on ecosystem services: Progress, limitation and basic paradigm[J]. Journal of Plant Ecology, 2006, 30(2): 191-199(in Chinese).
- [2] 房学宁,赵文武.生态系统服务研究进展—2013 年第 11 届国际生态大会(INTECOL Congress)会议述评[J].生态学报,2013,33(20):6736-6740.
FANG X N, ZHAO W W. Research progress of ecosystem services—Review of the 11th international ecological congress in 2013[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6736-6740(in Chinese).
- [3] 张天海,田野,徐舒,等.滨海城市土地利用格局演变及对对生态系统服务价值的影响[J].生态学报,2018,38(21):7572-7581.
ZHANG T H, TIAN Y, XU S, et al. The evolvement of land use patterns in coastal cities and its influence on ecosystem service values[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(21): 7572-7581(in Chinese).
- [4] 丘海红,胡宝清,张泽.基于土地利用变化的广西近 20 年生态系统服务价值研究[J].环境工程技术学报,2022,12(5):1455-1465.
QIU H H, HU B Q, ZHANG Z. Study on ecosystem service value of Guangxi in the past 20 years based on land use change[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(5): 1455-1465(in Chinese).
- [5] 侯春飞,韩永伟,孟晓杰,等.雄安新区 1995—2019 年土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].环境工程技术学报,2021,11(1):65-73.
HOU C F, HAN Y W, MENG X J, et al. Effects of land-use change on ecosystem service values in Xiongan New Area from 1995 to 2019[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2021, 11(1): 65-73(in Chinese).
- [6] 张晓瑶,张潇,李冬花,等.城市土地利用变化对生态系统服务价值影响的多情景模拟:以深圳市为例[J].生态学报,2022,42(6):2086-2097.
ZHANG X Y, ZHANG X, LI D H, et al. Multi-scenario simulation of the impact of urban land use change on ecosystem service value in Shenzhen[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(6): 2086-2097(in Chinese).
- [7] 张晓瑶,陆林,虞虎,等.青藏高原土地利用变化对生态系统服务价值影响的多情景模拟[J].生态学杂志,2021,40(3):887-898.
ZHANG X Y, LU L, YU H, et al. Multi-scenario simulation of the impacts of landuse change on ecosystem service value on the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Chinese Journal of Ecology, 2021, 40(3): 887-898(in Chinese).
- [8] 戴尔阜,王晓莉,朱建佳,等.生态系统服务权衡:方法、模型与研究框架[J].地理研究,2016,35(6):1005-1016.
DAI E F, WANG X L, ZHU J J, et al. Methods, tools and research framework of ecosystem service trade-offs[J]. Geographical Research, 2016, 35(6): 1005-1016.

- [15] 张实. 中国体质人类学学科体系及其实践[J]. 云南师范大学学报(哲学社会科学版), 2012, 44(3): 88-94.
ZHANG S. The disciplinary system and practice of physical anthropology in China[J]. Journal of Yunnan Normal University (Humanities and Social Sciences), 2012, 44(3): 88-94(in Chinese).
- [16] 包金萍, 郑连斌, 宇克莉, 等. 基诺族体质特征及 35 年来体质的变化[J]. 人类学学报, 2021, 40(2): 261-271.
BAO J P, ZHENG L B, YU K L, et al. The physical characteristics and its changes of Jino in 35 years[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2021, 40(2): 261-271(in Chinese).
- [17] 吕艳丽, 陈兵建. 丝绸之路甘肃段旅游业发展与农民收入互动关系研究[J]. 兰州文理学院学报(社会科学版), 2020, 36(2): 64-72.
LYU Y L, CHEN B J. A study on the interaction between tourism development and farmers' income of The Silk Road in Gansu[J]. Journal of Lanzhou University of Arts and Science(Social Science Edition), 2020, 36(2): 64-72(in Chinese).
- [18] 金昭响, 金文俊, 李硕. 甘肃居民收入差距简析[J]. 甘肃理论学刊, 2001(2): 44-49.
JIN Z X, JIN W J, LI S. The analyses of income gaps of resident of Gansu Province[J]. Gansu Theory Research, 2001(2): 44-49(in Chinese).
- [19] 杨文娟. 甘肃省农村居民消费性支出分析[J]. 天水师范学院学报, 2021, 41(2): 76-82.
YANG W J. Analysis on the consumption expenditure of rural residents in Gansu Province[J]. Journal of Tianshui Normal University, 2021, 41(2): 76-82(in Chinese).
- [20] 王亦龙, 何爱红. 民族地区城乡居民医疗保险制度整合治理的现代化: 基于甘肃民族地区的考察[J]. 医学与法学, 2021, 13(4): 86-91.
WANG Y L, HE A H. Modernization of integrated management of medical insurance system for urban and rural residents in ethnic areas: Based on the investigation in Gansu ethnic areas[J]. Medicine & Jurisprudence, 2021, 13(4): 86-91(in Chinese).
- [21] 谢小冬, 王勋陵, 安黎哲. 从群体遗传的 DNA 线索看东乡族族源问题[J]. 民族研究, 2002(1): 35-39.
XIE X D, WANG X L, AN L Z. The origin of the Dongxiang, a study from the perspective of DNA in population genetics[J]. Ethno-National Studies, 2002(1): 35-39(in Chinese).
- [22] 陈文祥. 东乡族族源“撒尔塔”说商榷: 兼论东乡族的形成[J]. 西北第二民族学院学报(哲学社会科学版), 2007(2): 44-50.
CHEN W X. On the origin of the Dongxiang ethnic group, a discussion on “Saerta”: On the formation of Dongxiang ethnic group[J]. Journal of the Second Northwest University for Nationalities (Philosophy and Social Science), 2007(2): 44-50(in Chinese).
- [23] 贾毅. 临夏回族自治州民族关系研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
JIA Y. Study on Ethnic Relations in Linxia Hui Autonomous Prefecture [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2013(in Chinese).
- [24] WANG W, WISE C, BARIC T, et al. The origins and genetic structure of three co-resident Chinese Muslim populations: The Salar, Bo'an and Dongxiang[J]. Human Genetics, 2003, 113(3): 244-252.
- [25] 田庆花. 甘肃临夏地区回族、东乡族 27 个 Y-STR 单倍型调查及遗传关系分析[D]. 北京: 中国政法大学, 2017.
TIAN Q H. Investigation and Genetic Relationship Analysis of 27 Y-STR Haplotypes of Hui and Dongxiang Ethnic Groups in Linxia, Gansu Province[D]. Beijing: China University of Political Science and Law, 2017(in Chinese).

(责任编辑 马新光)

(上接第 60 页)

- 2016, 35(6): 1005-1016(in Chinese).
- [9] 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.
FU B J, ZHANG L W. Land-use change and ecosystem services: Concepts, methods and progress[J]. Progress in Geography, 2014, 33(4): 441-446(in Chinese).
- [10] 石龙宇, 崔胜辉, 尹锴, 等. 厦门市土地利用/覆被变化对生态系统服务的影响[J]. 地理学报, 2010, 65(6): 708-714.
SHI L Y, CUI S H, YIN K, et al. The impact of land use/cover change on ecosystem service in Xiamen[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(6): 708-714(in Chinese).
- [11] 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.
XIE G D, LU C X, LENG Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196(in Chinese).
- [12] COSTANZA R, ARGE, GROOT R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(15): 253-260.
- [13] COSTANZA R, DE GROOT R, SUTTON P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. Global Environmental Change, 2014, 26: 152-158.
- [14] 黄艳霞, 梁志鑫, 王玉杰, 等. 生态服务价值当量法的适用性研究: 以广西典型岩溶区小流域为例[J]. 中国水土保持, 2020(1): 43-47.
HUANG Y X, LIANG Z X, WANG Y J, et al. Study on the applicability of ecological service value equivalent method—A case study of small watershed in Guangxi typical Karst area[J]. Soil and Water Conservation in China, 2020(1): 43-47(in Chinese).
- [15] 黄凤, 吴世新, 唐宏. 基于遥感与 GIS 的新疆近 18a 来 LUCC 的生态环境效应分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(5): 1486-1493.
HUANG F, WU S X, TANG H. Response of ecological environment to land use/cover change in Xinjiang during 1990: 2008 based on remote sensing and GIS[J]. Journal of Desert Research, 2012, 32(5): 1486-1493(in Chinese).
- [16] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.
XIE G D, ZHANG C X, ZHANG C S, et al. The value of ecosystem services in China[J]. Resources Science, 2015, 37(9): 1740-1746(in Chinese).
- [17] 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, 23(5): 911-919.
XIE G D, ZHEN L, LU C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 911-919(in Chinese).

(责任编辑 刘 育)