2000-2025年黄河流域(兰州段)土地利用格局动态演变规律研究

韦莉

摘要:本研究基于30米CLCD中国年度土地覆盖数据集,对兰州市2000-2025年土地利用变化进行监测与模拟。通过提取耕地、森林、建设用地等7类土地利用类型信息,运用信息熵、均衡度和优势度模型,定量分析全市土地利用格局的动态演变规律。研究结合GIS空间分析与社会经济数据,揭示人类活动影响下土地系统有序性的时空特征与驱动机制,旨在为黄河流域(兰州段)土地利用格局优化和可持续发展提供科学依据。

关键字:土地利用格局、兰州市、CLCD

黄河流域生态保护和高质量发展已上升为国家重大战略,土地资源合理利用与空间优化配置是流域可持续发展的重要基础。兰州作为黄河上游关键节点城市,沿河地区土地利用格局变化剧烈,科学把握土地利用演变规律、提升土地系统有序性与稳定性,具有重要现实需求。开展黄河流域兰州段土地利用结构时空演变及驱动机制研究,能够系统揭示区域人地关系变化特征,丰富土地利用结构研究的理论与方法,具有一定学术价值。研究成果可为兰州市国土空间规划、耕地保护、生态修复、建设用地管控提供科学依据,对推动流域生态保护与经济社会协调发展、实现土地资源集约高效利用具有重要意义,也可为黄河上游同类地区土地利用优化与可持续管理提供实践参考。

本研究以黄河流域兰州段土地利用结构时空演变特征为研究对象,借助CLCD土地利用数据和Landsat遥感技术获取该地区自2000年至2025年的土地利用遥感数据,定量评估其25年间的土地利用类型面积变化,借助土地利用信息熵、均衡度及优势度等相关指标,揭示影响兰州市土地利用结构动态特征及空间格局变化的驱动因素,为土地资源在部门间的均衡配置、在空间上的合理布局以及保持土地利用系统的良性循环,提高土地利用的生态、经济和社会效益,促进社会经济的可持续发展提供理论依据和决策参考。

一、数据来源

本文研究数据主要来源于武汉大学杨杰、黄昕团队生产的、持续更新至2025年CLCD(China Land Cover Dataset)30m中国年度土地覆盖数据集[1],数据下载自Zenodo平台,该数据集基于Google Earth Engine平台,利用Landsat遥感影像生成,包含9类一级土地覆被类型:耕地、林地、灌木、草地、水体、冰川永久积雪、裸地、建设用地、湿地。在ArcGIS软件支持下裁剪得到兰州市2000年、2010年、2015年、2025年的四期30米CLCD土地覆盖数据集。

高程数据来源于地理空间数据云的90 m分辨率的DEM数据,用于综合分析动态演变规律成因。

社会经济指标(人口、地区生产总值等)来源于《兰州统计年鉴》[2]公开统计出版物,整理得到2000—2025年兰州市人口、经济发展时序数据。

二、技术路线

本文以黄河流域兰州段(见图1)土地利用结构为研究对象,利用2000年、2010年、2015年、2025年4期空间分辨率为30米的CLCD土地覆盖数据集,分析其2000-2025年间各土地利用类型的面积变化。首先,利用公式计算兰州市历年土地利用信息熵、均衡度、与优势度等指标,绘制土地利用类型转换矩阵,并在统计软件SPSS的支持下分析信息熵与各土地利用类型之间的关系,并从人口、经济与城镇化驱动等多个角度定性分析该地区土地利用结构变化的动态演变规律及成因,技术流程如图2所示:



图1 兰州市行政区划图。

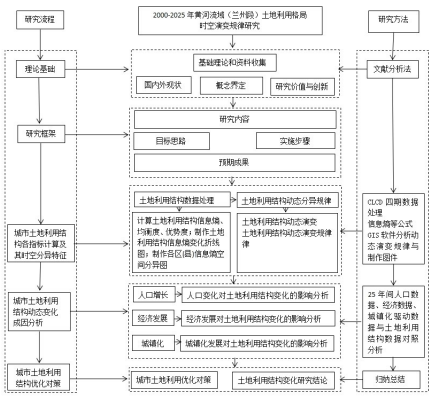


图2 技术路线图。

三、土地利用格局动态演变规律及成因

(一)土地利用结构信息熵、均衡度、优势度

本文采用Shannon熵公式来定义土地利用结构信息熵[3-4]:

$$H = -\sum_{i=1} p_i \ln p_i \quad (1)$$

将实际熵值与最大熵值之比作为城市土地利用构成的均衡度[3-4](J):

$$J = H / H_m = -[\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i] / \ln n \quad (2)$$

相应地,优势度的表达式为[3-4]:

$$I=1-J \quad (3)$$

(二)土地利用格局动态演变规律及成因

首先从时序性的角度对兰州市土地利用格局变化进行分析,根据公式(1)~(3)得出兰州市2000—2025年土地利用格局变化的信息熵、均衡度和优势度,2000-2025年研究区土地利用信息熵、均衡度呈现先降低后升高的变化特征,优势度则为先升高后降低。2000-2010年,信息熵由0.6952降至0.6433,均衡度由0.3573降至0.3306,优势度上升至0.6694,说明该阶段土地利用结构趋于单一,草地的主导地位进一步强化;2010-2025年,信息熵、均衡度持续上升,优势度逐年下降,至2025年均衡度达到整个研究时段最高值0.3679,土地利用类型之间的面积差异逐步缩小,土地利用结构向更加均衡的方向演变。但从数值上看,研究期内均衡度始终低于0.4,表明草地在区域内长期占据绝对优势,土地利用不均衡的基本格局没有发生根本性改变。

表1 兰州市2000-2025年土地利用类型(km²)及其信息熵、均衡度、优势度

年份	耕地	森林	灌木	草地	水域	裸地	建设用地	信息熵(H)	均衡度(J)	优势度(I)
2000	2279.3697	485.9721	11.7837	10250.6112	28.4472	24.5178	120.1167	0.6952	0.3573	0.6427
2010	1719.7146	499.8762	6.3396	10752.6942	30.6369	41.3388	150.2181	0.6433	0.3306	0.6694
2015	1856.8278	511.6059	16.4997	10559.763	31.5189	66.4848	158.1183	0.6829	0.3509	0.6491
2025	1771.1343	536.5809	19.4823	10508.2164	31.581	158.2101	175.6143	0.7158	0.3679	0.6321

阶段一:2000—2010年(信息熵下降,土地结构趋于单一)。2000—2010年,研究区土地利用信息熵H由0.6952降至0.6433,均衡度J降至0.3306,优势度I升至0.6694,土地利用结构呈现明显的单一化、集中化特征。从地类变化来看,草地面积由10250km²增至10752km²,草地主导地位持续强化,而草地与信息熵呈负相关,草地占比越高,土地结构越不均衡。同时,与信息熵呈强正相关的灌木面积由11.78km²锐减至6.33km²,灌木资源大幅消退直接造成土地类型多样性下降。此外,耕地面积减少约560km²,进一步弱化了地类结构的均衡性。从人文驱动来看,该阶段兰州市城镇化发展速度较慢,人口与建设用地扩张幅度有限,区域发展以农牧业和基础生态保育为主,大面积草地恢复、植被结构单一,叠加早期土地开发方式粗放、农业用地持续缩减,最终共同导致土地利用格局集中度升高、信息熵与均衡度持续下降。

阶段二:2010—2025年(信息熵回升,土地结构趋于均衡)。2010—2025年,研究区信息熵触底回升至0.7158,均衡度J上升至0.3679,优势度I回落至0.6321,土地利用结构逐步向多元化、均衡化转变。驱动因素方面,与信息熵强正相关的灌木面积由6.33km²恢复至19.48km²,植被类型不断丰富,成为熵值回升的核心动力。裸地面积由41.33km²激增至158.21km²(R^2=0.4028),打破了草地单一主导的旧格局,有效提升土地利用均衡度。同时草地面积回落至10508km²,优势主导性持续减弱;建设用地由150km²扩张至175km²,叠加林地稳步增长,进一步丰富地类构成。从社会经济成因分析,2010年后兰州市城镇化进程加快、人口持续集聚、城市建设与产业发展提速,建设用地扩张明显,土地开发利用更加多元。同时区域生态治理政策不断完善,林灌植被修复力度加大,有效改善植被结构。但受城市扩张扰动、局部地表植被退化及干旱区自然条件影响,区域裸地大幅增加,使土地结构在数值上趋于均衡,却存在一定生态退化风险。总体来看,城镇化推进、人口增长、生态修复与局部土地退化的叠加作用,推动研究区土地利用结构实现由单一主导向多元均衡的转变。

表2 7种土地利用类型与信息熵(H)的关联度

土地利用类型	相关系数(r)	决定系数(r^2)	关联程度
耕地	0.3228	0.1042	极弱相关
林地	0.5036	0.2536	弱相关
灌木	0.8734	0.7628	强相关(极强正向)
草地	-0.6812	0.464	中等相关(负向)
水域	0.0448	0.002	几乎无相关
裸地	0.6347	0.4028	中等相关(正向)
建设用地	0.2174	0.0473	极弱相关

在统计软件SPSS的支持下,应用相关系数[5]分析研究区7种土地利用类型与信息熵之间的关联程度。结果显示出(见表2),耕地、林地、灌木、草地、水体、裸地、建设用地与信息熵之间的相关系数r^2分别为:0.1042、0.2536、0.7628、0.4640、0.0020、0.4028、0.0473。结果表明灌木(r^2=0.7628)与信息熵关联度最高。2000-2010年灌木急剧减少,信息熵也降至最低;之后灌木面积增加,信息熵也随之回升。说明灌木的剧烈变化对区域土地结构的均衡度(信息熵)影响最显著。草地(r^2 = 0.4640)与信息熵关联度呈负相关(r=-0.68)。草地面积在2010年达到峰值时,信息熵处于最低谷,说明此时土地利用格局最不均衡。裸地(r^2 = 0.4028)与信息熵关联度呈正相关。裸地面积的持续增加与信息熵后期的回升有一定的同步性。森林、耕地、建设用地与信息熵关联度关联度较弱(r^2均小于0.26)。虽然森林和建设用地呈持续增长趋势,但并未与信息熵的"U型"走势(降后升)形成强耦合。水域(r^2=0.0020)面积变化极小(28.4~31.5之间),几乎不影响信息熵的变化。

黄河流域(兰州段)兰州市土地格局信息熵呈现"先降后升"的V型演变,具体可分为两个阶段来看:

四、结论与讨论

本研究以2000—2025年黄河流域(兰州段)为研究区,探究区域土地利用格局时空演变规律及其驱动成因,得到如下结论:研究区土地利用结构信息熵呈先下降后上升的变化趋势,表明土地利用系统有序度整体趋于降低。土地利用格局由2000—2010年以草地为主导的稳定结构,逐步转变为2010—2025年草地占比缩减、林地、灌木与裸地同步扩张的格局。2025年裸地面积大幅增长至158.2 km²,该现象需要重点关注。从数值上看,裸地增加提升了土地利用信息熵与均衡度,但从生态内涵分析,兰州地处西北干旱半干旱区,裸地面积激增,大概率反映局部区域存在土地退化、沙化风险。由此可见,土地利用结构均衡性提升,不等同于区域生态质量的优良。未来的国土空间治理中,在兼顾土地利用结构均衡的同时,应当重点强化裸地等未利用地的生态管控与修复治理,持续推进林草植被培育,充分发挥森林、灌木的生态服务功能,发挥土地利用的生态正效应,实现区域生态保护与经济社会的协调可持续发展。

本研究存在一定局限:研究仅采用4期土地利用数据开展相关分析,样本数量偏少,得到的是各地类面积与信息熵之间的协同变化关联,不能直接等同于因果关系。例如灌木与信息熵表现出较强的相关性,更可能是二者在2010年同步出现变化拐点,不能判定灌木面积变化是信息熵改变的决定性因素。后续可增加时序样本,结合气候、人类活动等多源数据,进一步识别土地利用格局演变的规律籍驱动机制。

参考文献:

[1]Yang J,Huang X.The 30m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019[J].Earth System Science Data,2021,13(2):3907- 3925.DOI:10.5194/essd-13-3907-2021.

[2]兰州市统计局.兰州统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2000,2010,2015,,2025.

[3]于雪丽,郭欢欢,李灿,等. 基于信息熵的重庆市土地利用结构时空演变及其驱动因素分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):261-265.

[4]蒲荣,王宝春,辛瑞超. 基于GM模型的天水市麦积区土地利用结构演变分析及预测[J]. 甘肃农业科技,2022,53(2):73-78.

[5]姬桂珍,吴承祯,洪伟,等. 武夷山市土地利用结构信息熵动态研究[J]. 安全与环境学报,2004,4(4):41-44.

基金项目:甘肃省科技厅2026年度省级科技计划项目软科学专项"2020-2025年黄河流域(兰州段)土地利用格局时空演变规律研究"(26JRZA038)。

作者单位:甘肃建筑职业技术学院