

利川市耕地资源地形梯度分布特征及优化策略

罗月露

利川市凉雾乡农业农村服务中心, 湖北 恩施

收稿日期: 2026年4月24日; 录用日期: 2026年5月22日; 发布日期: 2026年5月28日

摘要

为探究山地农业区这一复杂地形约束下耕地资源的空间分布规律及其优化路径, 本文以湖北省利川市为研究对象, 利用GIS空间叠加分析法, 定量测算了高程和坡度梯度下的耕地优势度、地块零散度及分散指数。结果表明: 利川市耕地集中分布在海拔1000~1200 m及坡度0°~6°的核心地带, 优势度极高且连片性好, 而海拔超1600 m或坡度超15°的区域, 地块分散指数显著攀升, 呈现极度破碎化。研究认为, 利川市应针对地形梯度实施差异化利用策略, 重点强化核心坝区的高标准农田建设, 并稳步推进高海拔陡坡破碎区的生态退耕与景观转型。本研究为同类山地城市优化耕地配置、保障区域生态安全及推动特色农业可持续发展提供了科学依据。

关键词

耕地分布, 山地农业区, 利川市

Spatial Distribution Characteristics and Optimization Strategies of Arable Land Resources under Topographic Gradients in Lichuan City

Yuelu Luo

Agricultural and Rural Service Center of Liangwu Township, Lichuan City, Enshi Hubei

Received: April 24, 2026; accepted: May 22, 2026; published: May 28, 2026

Abstract

To explore the spatial distribution patterns and optimization paths of arable land resources under

the complex topographic constraints of mountainous agricultural areas, this paper takes Lichuan City, Hubei Province as the research object. Using GIS spatial overlay analysis, it quantitatively measures the arable land dominance, plot fragmentation, and dispersion index under elevation and slope gradients. The results show that arable land in Lichuan City is concentrated in the core zone at an altitude of 1000~1200 m and a slope of 0°~6°, exhibiting extremely high dominance and good contiguity. However, in areas with an altitude exceeding 1600 m or a slope exceeding 15°, the plot dispersion index increases significantly, showing extreme fragmentation. The study suggests that Lichuan City should implement differentiated utilization strategies based on topographic gradients, focusing on strengthening the construction of high-standard farmland in the core dam area and steadily promoting ecological restoration and landscape transformation in high-altitude, steep, and fragmented areas. This research provides a scientific basis for optimizing arable land allocation, ensuring regional ecological security, and promoting the sustainable development of specialty agriculture in similar mountainous cities.

Keywords

Arable Land Distribution, Mountainous Agricultural Area, Lichuan City

Copyright © 2026 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

耕地资源是人类生存与社会发展的物质基础，其空间格局演变深受自然环境与人类活动的双重驱动，在诸多自然因子中，地形是深刻影响土地利用格局及其时空演变的核心要素[1]，特别是在我国人多地少的宏观背景下，开展耕地资源的地形梯度分布研究，对于优化国土空间布局、保障国家粮食安全具有重要的现实意义[2]。

与平原地区地势平坦、斑块连片且易于机械化作业的特征不同，山地农业区的耕地资源深受复杂地形的刚性约束。由于山地地表起伏剧烈，光、温、水、土等资源随海拔和坡度呈现显著的垂直分异特征，导致耕地空间分布破碎且利用效率受限[3][4]。赵益祯等(2020)[1]认为，黄土高原及典型山区县域的土地利用格局与资源配置深受地形因素制约，这种地形效应使得山地耕地在不同梯度上表现出明显的开发强度差异和空间形态分异，因此，探讨山地耕地与地形因子的耦合关系比平原地区更具复杂性和必要性。

近年来，国内外学者针对地形梯度效应开展了大量实证研究。在研究方法上，学术界普遍依托 ArcGIS 空间分析平台，通过叠加分析[5]、地学信息图谱[6]、地形位指数[7]、分布指数[8]以及分形理论[9][10]等手段，探讨高程、坡度及地形起伏度对土地利用的影响。其中，龚熊波等(2020)[7]利用分布指数系统探究了土地利用的地形梯度效应；而杨斌等(2019)[9]引入分形理论测算斑块稳定性，揭示了山地景观的空间结构特征。学者们在指标选取上也逐渐趋于多元化，从早期的面积占比分析转向更具综合性的景观格局评价[11][12]。为了更精细地刻画耕地的利用强度与景观破碎度，本研究摒弃了单一的面积统计，转而采用耕地优势度来衡量开发强度，利用地块零散度表征斑块破碎状况，并引入分散指数以消除面积基数差异，从而客观反映耕地景观的空间离散格局[13]-[15]。

本文以典型山地农业区湖北省利川市为研究区，基于 30 米精度土地利用数据和 12.5 米 DEM 数据，通过空间叠加分析法，定量探讨耕地资源在高程与坡度梯度上的分布规律，研究旨在识别利川市耕地利用的空间分布特征，分析其景观碎片化的地形诱因，从而为利川市优化耕地空间配置、推动现代山地特色农业可持续发展提供科学参考。

2. 研究区概况与数据来源

2.1. 研究区概况

利川市位于湖北省西南部，地处云贵高原东延部分与巫山余脉、大巴山余脉的交汇地带，是典型的山地农业区。利川市地理位置介于东经 108°21'~109°32'、北纬 29°42'~30°39'之间，地势起伏剧烈，整体呈现出四周高山环绕、中部地层陷落的盆地地貌特征，境内构造地貌发育完整，主要山脉呈东北-西南走向分布，清江贯穿全境，形成了由河谷平原、山间盆地、低山、中山及高山构成的多级垂直景观格局。在气候条件上，利川市属亚热带大陆性季风气候，由于地形切割严重且海拔跨度大，气候垂直分异显著，境内土壤以红壤、黄壤及黄棕壤为主，土层厚度不一，垂直地带性明显，作为武陵山片区重要的农业县市，利川市耕地资源的空间分布状况直接关联着区域生态屏障保护与现代山地特色农业的协调发展。

2.2. 数据来源与预处理

本研究使用的主要数据包括土地利用数据和 DEM 数据。其中，本研究采用的土地利用数据为武汉大学资源与环境科学学院发布的中国 30 米分辨率年度土地覆盖数据集(CLCD) 1985~2024 版(版本 1.0.4)，该 2024 年度数据于 2025 年 8 月正式发布，数据集 DOI 为 <https://doi.org/10.5281/zenodo.15853565>，空间精度达到 30 米；DEM 数据是指通过日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)的先进陆地观测卫星(Advanced Land Observing Satellite, ALOS)获取的，具有 12.5 米分辨率的数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)数据，能够详细展示地球表面的地形起伏和高度变化。

利川市耕地资源的地形分布研究，核心在于揭示土地利用类型与自然地理要素之间的空间关联性。本研究依托 ArcGIS 10.8 平台，采用空间叠加分析将土地利用数据和 DEM 数据整合至统一的坐标参考系下进行综合解译，将数字高程模型作为基础底图，通过表面分析工具提取出利川市的高程分级数据与坡度矢量数据，构建起描述地形起伏的空间格架，同时在土地利用数据中提取出利川市耕地分布，再将利川市耕地分布图层与地形因子图层进行求交运算，通过几何拓扑关系的重组，实现耕地斑块与其所处海拔、坡度属性的属性挂接。通过这种层间信息的传递与融合，研究能够精确统计出各地形梯度内的耕地规模及分布密度，为后续定量评价利川市耕地分布的优势度与破碎化特征提供了坚实的矢量数据支撑。

2.3. 数据源分辨率不匹配的不确定性分析

本研究采用 30 米分辨率土地利用数据与 12.5 米分辨率 DEM 数据进行空间叠加分析，不同数据源的空间分辨率不匹配不可避免地带来一定的研究不确定性，主要体现在地形因子提取与耕地斑块属性匹配两个方面。在地形因子提取层面，12.5 米 DEM 数据能够精细刻画微地形起伏，而 30 米土地利用数据的栅格单元相对较粗，将高精度地形属性匹配至低精度耕地斑块时，会出现单块耕地斑块内包含多个高程、坡度值的情况，导致耕地斑块的地形属性被平均化，难以精准反映斑块内部的地形异质性，尤其在地形起伏剧烈的高海拔陡坡区域，这种平均化效应会使坡度、高程的测算结果与实际地形存在小幅偏差。然而，本研究聚焦于区域尺度的耕地地形梯度宏观分布规律，分析单元为海拔区间、坡度等级等宏观地形梯度，而非单一栅格或细碎斑块，分辨率不匹配带来的微尺度偏差在宏观尺度的统计分析中会被弱化，不会改变耕地在 1000~1200 m 海拔、0°~6°坡度集中分布的核心特征。

3. 研究方法

3.1. 空间叠加分析法

空间叠加分析法是地理信息系统中一种基于统一空间参照系统，将两个或多个具有不同属性特征的

地理要素图层进行空间位置重叠,并生成新要素集的分析技术。在本研究中,这种方法能够直观地将利川市耕地分布图与地形分级图叠加,每一个耕地斑块都会被赋予其所处的海拔和坡度属性,从而将利川市的自然本底与地块利用情况通过空间关系紧密缝合在一起。

3.2. 定量描述指标

3.2.1. 耕地优势度

耕地优势度主要用于衡量在特定地形单元内(如某一高程段或坡度级)耕地资源的分布密度与开发强度。其计算逻辑为单位土地面积内所承载的耕地面积,反映了农业生产活动对自然空间的占用水平。计算公式如下:

$$D_i = \frac{A_i}{L_i} \times 100 \quad (1)$$

式中, D_i 代表第 i 级地形梯度下的耕地优势度指标,其计量单位为 hm^2/km^2 。该指标的计算涉及两个核心变量:其中, A_i 指代该地形等级内耕地的总面积(单位: km^2), L_i 则代表该等级所对应的土地总面积(单位: km^2)。研究表明, D_i 数值与耕地集聚程度呈正相关关系,即数值越大,意味着该区域内耕地空间分布越集中,土地利用结构的农业化导向也随之愈发显著。

3.2.2. 地块零散度

地块零散度是评价耕地斑块化程度的重要指标,用于反映耕地在地形切割下被分割成碎小块段的情况。该指标通过单位耕地面积内的斑块数量来体现,计算公式为:

$$F_i = \frac{N_i}{A_i} \quad (2)$$

式中, F_i 代表第 i 级地形梯度下的地块零散度指标,计量单位为块/ km^2 。其中, N_i 指代该地形等级内耕地斑块的总数量, A_i 为对应等级的耕地总面积。 F_i 数值越高,表明该区域耕地地块破碎化程度越高,空间连通性越弱,对规模化机械化耕作的制约性越强。

3.2.3. 地块分散指数

地块分散指数是一个综合性指标,旨在消除优势度差异对零散度评价的影响,从而更客观地刻画耕地景观的空间离散格局。它结合了斑块数量与优势度之间的内在联系,计算公式为:

$$S_i = \frac{F_i}{D_i} \times K \quad (3)$$

式中, S_i 代表第 i 级地形梯度下的地块分散指数,其中 F_i 和 D_i 分别对应前文定义的地块零散度与耕地优势度, K 为计算所用的常数系数。该指数可有效区分两类空间格局:一类是“高优势度驱动下的耕地连片分布区”,另一类是“低优势度主导下的耕地孤立散落区”; S_i 数值越大,说明耕地斑块在空间上的离散性与孤立化程度越高。

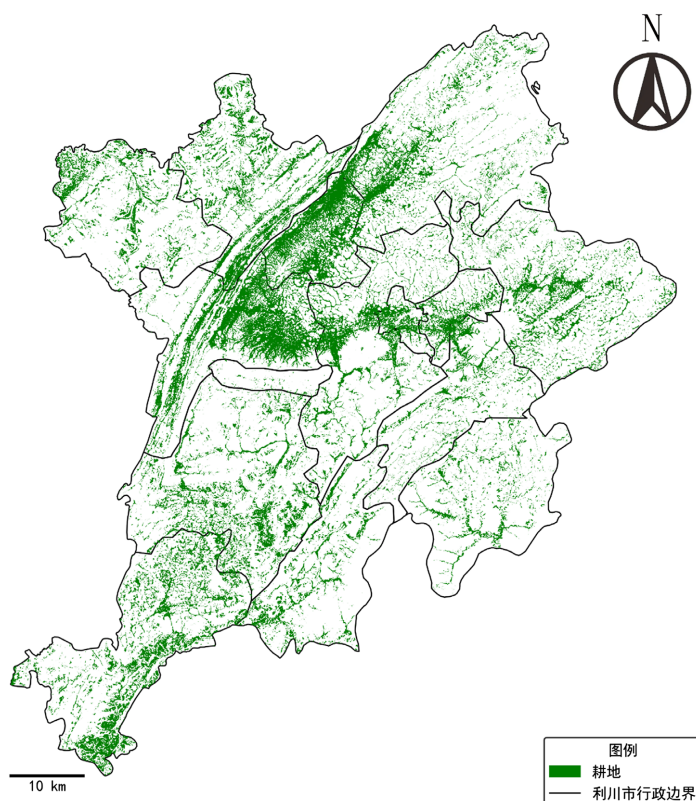
4. 利川市耕地资源空间分布结果分析

4.1. 耕地地形分布特征

4.1.1. 利川市耕地空间分布情况

图 1 为利川市耕地空间分布情况,利川市耕地在空间分布上呈现出显著的带状集聚与山地碎片化分布相互交织的格局。受大巴山和巫山余脉等复杂地形的深度嵌套影响,全市耕地并非均匀平铺,而是表现出

极强的趋向性，即高度依附于地势相对平缓的盆地、山谷及清江及其支流的河谷地带。从分布形态上看，最引人注目的是贯穿市域中西部的一条大规模绿色耕作带，该带呈东北-西南走向，地势低平且连片性极佳，构成了利川市农业生产的命脉。相比之下，随着地形向东西两侧高海拔山地过渡，耕地逐渐被起伏的山峦所切割，分布模式也由中心地带的团块状聚居演变为山间坡地或沟谷中“见缝插针”式的碎散斑块。这种由肥沃平地向破碎山地递减的分布特征，不仅直观地反映了利川市山地自然地理基底对土地资源的物理限制，也揭示了农业生产活动在复杂地形制约下优先选择优质地理单元的空间演化逻辑。



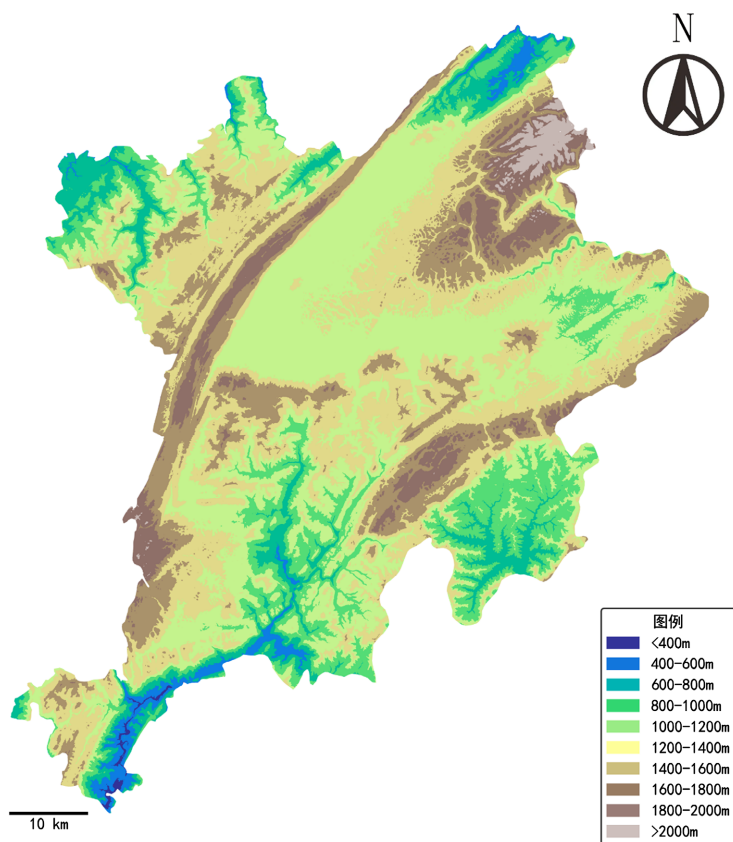
图片来源：根据武汉大学资源与环境科学学院发布的中国 30 米分辨率年度土地覆盖数据集(CLCD) 1985~2024 版(版本 1.0.4) (<https://doi.org/10.5281/zenodo.15853565>)。

Figure 1. Spatial distribution of arable land in Lichuan City

图 1. 利川市耕地空间分布情况

4.1.2. 耕地高程分级分布情况

高程是决定全市耕地空间格局的因子之一，利川市耕地在垂直空间上主要集中在 800~1400 m 的高程区间，1000~1200 m 高程区间耕地占比最高。从图 2 利川市高程分级分布情况与表 1 利川市耕地高程分布表来看，耕地重心表现出向特定海拔区间高度聚拢的态势：位于海拔 1000~1200 m 之间的耕地面积高达 391.71 km²，以接近全市半数(48.38%)的占比成为利川市最主要的农业生产垂直地带。若将视野扩大至 800~1400 m 这一高程区间，集中分布的特征更为显著，该层级汇聚了全市约 73% 的耕地资源，构成了利川市农业景观的宏观主体。相比之下，高程两极区域的耕地分布则极为稀疏，海拔低于 400 m 的河谷低地受限于地形窄缝，耕地占比仅为 0.08%，而高于 1800 m 的区域则因气候寒冷及岩溶地貌发育，耕地基本绝迹，占比不足 0.3%。这种两头极少、中间极大的垂直分布格局，不仅直观反映了利川市山地农业对气候和坡度条件的择优选择，也深刻揭示了 1000~1200 m 海拔范围内的洼地与平坝区作为全市农业根基的绝对地位。



图片来源：根据 DEM 数据绘制(<https://search.asf.alaska.edu/#/>)。

Figure 2. Distribution of elevation classes in Lichuan City

图 2. 利川市高程分级分布情况

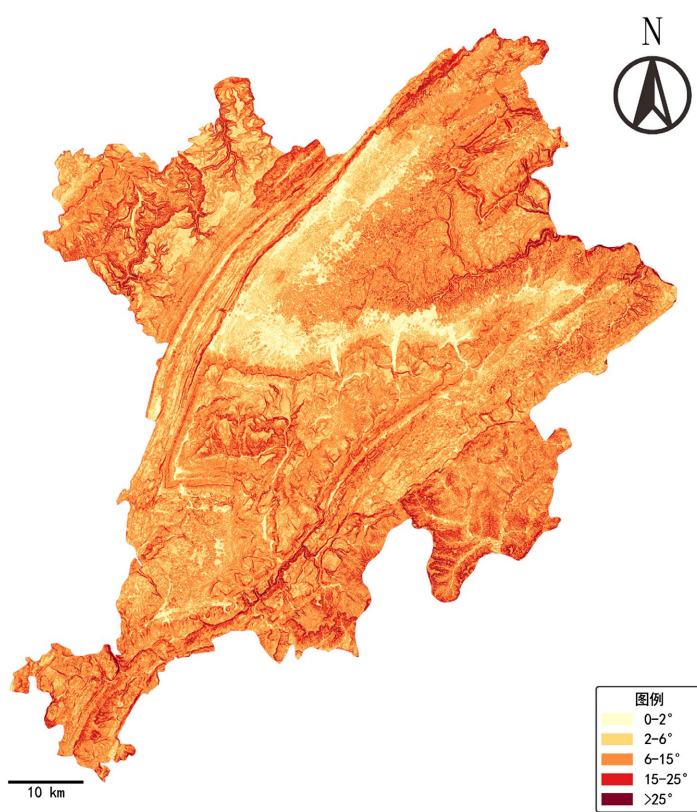
Table 1. Elevation distribution table of arable land in Lichuan City

表 1. 利川市耕地高程分布表

高程区间(m)	面积(km ²)	占比
<400	0.664218	0.08%
400~600	47.98577	5.93%
600~800	69.86213	8.63%
800~1000	90.51988	11.18%
1000~1200	391.7123	48.38%
1200~1400	109.9673	13.58%
1400~1600	80.4478	9.94%
1600~1800	16.01819	1.98%
1800~2000	2.418183	0.30%
>2000	0	0.00%
总计	809.5957	100.00%

4.1.3. 耕地坡度分级分布情况

坡度是制约全市耕地资源空间配置的因子之一，利川市耕地在坡度空间上呈现出极度显著的低坡度趋向性。通过对比图 3 利川市坡度分级分布情况与表 2 利川市耕地坡度分布表可以发现，耕地的分布重心表现出随坡度增加而急剧萎缩的态势：全市 71.62%的耕地高度集聚在 6°以下的平缓坡度带内，其中 0°~2°区间以 302.00 km²的面积占据了 37.30%的份额，是平坝区优质地块的主要集中地，而 2°~6°区间则以 34.32%的占比紧随其后。这种“趋平分布”的特征在地理空间上直接对应了图中颜色最浅、地势最开阔的岩溶盆地中心。相比之下，随着地形坡度向 6°以上攀升，耕地规模开始显著缩减，尤其是 15°~25°的陡坡耕地占比已降至 1.67%，而大于 25°的区域受限于国家退耕还林政策及水土保持红线，耕地面积仅剩 2.32 km²，占比微乎其微。综上所述，利川市耕地布局表现出明显的“择平而居”逻辑，0°~6°的缓坡地带是全市农业命脉的承载空间。



图片来源：根据 DEM 数据绘制(<https://search.asf.alaska.edu/#/>)。

Figure 3. Distribution of slope classes in Lichuan City

图 3. 利川市坡度分级分布情况

Table 2. Slope distribution table of arable land in Lichuan City

表 2. 利川市耕地坡度分布表

坡度等级(°)	耕地面积(km ²)	占比
0~2	302.0015	37.30%
2~6	277.8159	34.32%
6~15	213.9829	26.43%

续表

15~25	13.4803	1.67%
>25	2.3152	0.29%
总计	809.5958	100.00%

4.2. 耕地优势度分析

4.2.1. 各高程等级耕地优势度

高程变化直接决定了区域土地利用强度的空间配置，利川市耕地优势度在垂直空间上呈现出显著的低海拔集约、高海拔衰减的垂直分异特征。从表 3 各高程等级耕地优势度来看，全市耕地平均优势度为 3.05 hm²/km²，但不同海拔区间的表现差异悬殊，其开发重心表现出明显的向低海拔带倾斜的态势，海拔 400~600 m 区间以 9.80 hm²/km² 的优势度位居全市之首，远超平均水平，反映出该海拔段内的平坝与谷地是利川市农业生产条件最优越、开垦强度最大的核心区域。随着海拔的升高，耕地优势度呈现出波浪式下降的趋势，虽然 1000~1200 m 区间因其巨大的基数仍保持了 4.70 hm²/km² 的较高强度，但一旦海拔突破 1600 m，优势度便迅速滑落至 1.11 hm²/km² 以下，尤其是 1800~2000 m 区域仅为 0.82 hm²/km²，暴露出海拔较高山区土地利用效能的极度缩减。综上所述，利川市耕地优势度表现出随海拔上升而整体走低的逻辑特征，低海拔带的极强吸引力与高海拔区的环境约束共同构成了全市耕地分布强度的空间框架。

Table 3. Arable land dominance by elevation class

表 3. 各高程等级耕地优势度

高程等级(m)	耕地面积(km ²)	土地面积(km ²)	优势度(hm ² /km ²)
<400	0.6642	45.8541	1.448507
400~600	47.9858	489.546	9.802102
600~800	69.8621	1642.356	4.253773
800~1000	90.5199	3330.113	2.718223
1000~1200	391.7123	8340.438	4.696544
1200~1400	109.9673	7017.579	1.567026
1400~1600	80.4478	3900.989	2.062241
1600~1800	16.0182	1441.321	1.111355
1800~2000	2.4182	294.138	0.822131
>2000	0	0	0
总计	809.5958	26502.45	3.054796

4.2.2. 各坡度等级耕地优势度

利川市耕地优势度在坡度分级上主要向低坡度平缓地带高度集聚，不同坡度等级间的优势度分布呈现出剧烈的两极分化态势。从表 4 各坡度等级耕地优势度来看，0°~2°的平缓坡度带是全市耕地分布的绝对重心，其优势度高达 17.147 hm²/km²，不仅远超全市平均水平，更是其他坡度等级的数倍甚至数十倍，集中体现了利川市坝区土地的高度开发与集约利用。随着坡度的增加，耕地分布强度开始显著跨越平均

优势度节点并迅速衰减, 2°~6°区间的优势度虽仍保持在 4.143 hm²/km² 的较高水平, 但已表现出明显的下行趋势, 一旦坡度超过 6°, 耕地优势度便跌破平均线并一路下滑, 至 15°~25°区间仅剩 0.407 hm²/km², 显示出陡坡地形对农业生产活动的刚性排斥。综上所述, 利川市耕地优势度表现出随坡度上升而急剧下降的逻辑关系, 这种以 6°为临界点的分布格局, 深刻揭示了山地农业“趋平避陡”的选择机制以及优质耕地资源对平缓地形的绝对依赖。

Table 4. Arable land dominance by slope class

表 4. 各坡度等级耕地优势度

坡度等级(°)	耕地面积(km ²)	土地面积(km ²)	优势度(hm ² /km ²)
0~2	302.0015	1761.25	17.147
2~6	277.8159	6705.129	4.143334
6~15	213.9829	14264.27	1.500133
15~25	13.4803	3310.223	0.407232
>25	2.3152	429.1371	0.539501
总计	809.5958	26470	3.05854

4.3. 地块零散度分析

4.3.1. 各高程地块零散度

利川市耕地地块零散度在垂直空间上呈现出中间低、两头高的特征, 且在各高程区间的分布表现出明显的梯度差异。全市平均地块零散度为 41.664 块/km², 从表 5 各高程地块零散度的数据来看, 位于海拔 1000~1200 m 之间的核心耕作区, 地块零散度仅为 24.748 块/km², 远低于全市平均水平, 反映出该海拔段内的坝区地块规模较大且分布集中, 是利川市连片性最好的农业地带。与此同时, 400~600 m 区间的零散度也处于 18.068 块/km² 的较低水平, 同样表现出较强的景观完整性。然而, 一旦海拔向两极跨越, 零散度便迅速突破平均值节点, 在低于 400 m 的低海拔谷地, 零散度骤增至 156.579 块/km², 而高于 1600 m 的高寒山区更是达到了 128.479 块/km², 甚至在 1800~2000 m 区间飙升至 244.810 块/km²。综上所述, 利川市耕地零散度与海拔高度呈现出复杂的非线性关系, 1000 m 左右的适宜海拔带是地块规模化经营的黄金区间, 而海拔极端区域则因地形剧烈切割导致耕地呈现极度破碎的点状分布态势。

Table 5. Plot fragmentation by elevation class

表 5. 各高程地块零散度

高程等级(m)	耕地面积(km ²)	斑块数量(块)	地块零散度(块/km ²)
<400	0.6642	104	156.5793
400~600	47.9858	867	18.06785
600~800	69.8621	2600	37.21617
800~1000	90.5199	4533	50.07739
1000~1200	391.7123	9694	24.74775
1200~1400	109.9673	8614	78.33238

续表

1400~1600	80.4478	4669	58.03763
1600~1800	16.0182	2058	128.4789
1800~2000	2.4182	592	244.8102
>2000	0	0	0
总计	809.5958	33731	41.664

4.3.2. 各坡度地块零散度

利川市耕地地块零散度在不同坡度等级间随坡度增加而加剧破碎化, 耕地地块零散度在各坡度区间内的分布表现出明显的跨节点跳跃特征。从表 6 各坡度地块零散度的数据来看, 全市耕地平均零散度为 41.21 块/km², 地势最为平坦的 0°~2°坝区是全市景观完整性最好的区域, 其零散度仅为 9.34 块/km², 远低于全市平均水平, 反映出该坡度带内的地块规模大且易于机械化作业。然而, 一旦坡度跨越 2°这一临界点, 地块零散度便迅速突破平均值节点并一路攀升, 2°~6°区间的零散度骤增至 53.76 块/km², 而到了 15°~25°的陡坡地带, 零散度更是高达 81.89 块/km², 显示出地形坡度对耕作空间的剧烈切割。值得注意的是, 在大于 25°的极高坡度区, 零散度反而回落至 30.67 块/km², 可能是因为受退耕还林等生态政策影响, 该区域残存的耕地总量极少, 呈极稀疏的孤立斑块分布。综上所述, 利川市耕地零散度与坡度之间存在极强的正相关关系, 低坡度带的规模化优势与高坡度区的极度破碎形成了鲜明对比, 深刻揭示了山地农业在复杂地形约束下的景观格局特征。

Table 6. Plot fragmentation by slope class

表 6. 各坡度地块零散度

坡度等级(°)	耕地面积(km ²)	斑块数量(块)	地块零散度(块/km ²)
0~2	301.0015	2810	9.3355
2~6	276.8159	14,881	53.7577
6~15	212.9829	14,582	68.4656
15~25	12.4803	1022	81.8892
>25	2.3152	71	30.6669
总计	809.5958	33366	41.21316

4.4. 地块分散指数分析

4.4.1. 各高程地块分散指数

利川市耕地地块分散指数在平均值节点两侧的不同高程区间表现差异巨大。根据表 7 各高程地块分散指数的数据, 全市耕地平均分散指数为 40.3912, 在海拔 1000~1200 m 这一全市耕地最集中的核心地带, 分散指数仅为 23.5855, 远低于全市平均水平, 反映出该区域内耕地分布最为紧凑、空间连续性最强, 400~600 m 海拔段也以 16.2969 的极低数值表现出极佳的集聚态势。然而, 一旦海拔向极端区间延伸, 分散指数便迅速跨越平均值并成倍增长, 在低于 400 m 的低海拔区域, 该指数跳升至 154.3071, 而在 1600 m 以上的高海拔地区, 分散指数也均在 127 以上, 甚至在 1800~2000 m 区间达到 242.7992 的峰值。综上

所述, 利川市耕地的空间离散程度与海拔高度呈现出典型的非线性关系, 1200 m 以下的适宜海拔带是耕地空间连片分布的黄金区间, 而海拔的两极则因地形支离破碎导致耕地表现出极度孤立与分散的格局。

Table 7. Plot dispersion index by elevation class

表 7. 各高程地块分散指数

高程等级(m)	优势度(hm ² /km ²)	地块零散度(块/km ²)	地块分散指数
<400	1.448507	156.5751	154.3071
400~600	9.802102	18.0679	16.29687
600~800	4.253773	37.2162	35.63311
800~1000	2.718223	50.0774	48.71618
1000~1200	4.696544	24.7478	23.58551
1200~1400	1.567026	78.3324	77.10491
1400~1600	2.062241	58.0376	56.84072
1600~1800	1.111355	128.4789	127.051
1800~2000	0.822131	244.8119	242.7992
>2000	0	0	0
总计	3.054796	41.664	40.39125

4.4.2. 各坡度地块分散指数

利川市耕地地块分散指数随坡度增加而加剧空间离散化, 不同坡度区间的数值分布表现出明显的梯度跃迁。根据表 8 各坡度地块分散指数的数据, 全市耕地平均分散指数为 39.9526, 其在 0°~2°的平缓坝区, 地块分散指数仅为 7.7091, 远低于全市平均水平, 显示出该坡度带内的耕地具有极高的空间集聚度和景观完整性, 是规模化农业生产的最佳载体。随着坡度的上升, 空间离散程度迅速跨越平均值节点, 2°~6°区间的分散指数骤增至 51.3449, 已显著高于全市平均值, 当坡度进入 15°~25°范围时, 该指数进一步攀升至 75.5056, 反映出陡坡地形对耕地的严重切割导致斑块分布极度孤立, 在大于 25°的极高坡度区, 分散指数回落至 30.5015, 这主要是由于该区域耕地基数极小且分布稀疏, 并未形成连片分布的物理基础。综上所述, 利川市耕地的离散程度与坡度变化存在高度正相关性, 低坡度带的紧凑集聚与中高坡度区的支离破碎形成了鲜明对比, 深刻揭示了山地农业景观随地形起伏而趋于零散的演变规律。

Table 8. Plot dispersion index by slope class

表 8. 各坡度地块分散指数

坡度等级(°)	优势度(hm ² /km ²)	地块零散度	地块分散指数
0~2	17.147	9.30459	7.709131
2~6	4.143334	53.56425	51.3449
6~15	1.500133	68.14563	67.12336
15~25	0.407232	75.81434	75.5056
>25	0.539501	30.6669	30.50145
总计	3.05854	41.21316	39.95264

5. 利川市耕地优化利用建议

5.1. 聚焦坝区与缓坡带，构建规模化特色产业示范区

将 1000~1200 m 海拔、0°~6°坡度的凉雾乡、都亭街道、东城街道、柏杨坝镇中北部、汪营镇中部等核心坝区列为高标准农田建设一级优先区，该区域集中了全市近 50%的耕地，人口密度超 300 人/平方公里，农业劳动力充足、交通便利、经济基础较好，是利川市粮食生产与特色农业的核心载体。重点实施土地平整、“小田变大田”、田间机耕道硬化、灌溉排水管网铺设等工程，优先完成凉雾乡官屋基村、汪营镇石坝村、柏杨坝镇龙兴村等核心耕作村的高标准农田改造，将坝区耕地连片率提升至 85%以上，配套建设农机服务站、粮食烘干仓储中心，满足机械化、规模化耕作需求，保障水稻、玉米、马铃薯等粮食作物稳定生产。依托坝区耕地连片优势，通过土地流转培育家庭农场、农民专业合作社、农业龙头企业等经营主体，打造山地蔬菜、优质粮油、道地中药材规模化种植基地，其中凉雾乡、东城街道重点发展白萝卜、白菜、西兰花等高山反季节蔬菜，对接武汉、重庆等周边城市生鲜市场，汪营镇、柏杨坝镇重点打造优质水稻、富硒玉米种植示范区，结合利川富硒土壤优势开发富硒粮油产品，都亭街道依托城郊优势发展果蔬采摘、休闲农业，实现农旅融合。在坝区核心乡镇布局农产品加工产业园，建设蔬菜预冷、粮油加工、中药材初加工生产线，解决特色农产品保鲜、加工难题，延长产业链，同时搭建农产品电商物流平台，利用利川高铁、高速交通优势，实现特色农产品“产地直供、冷链配送”，提升产业附加值。

5.2. 高海拔陡坡区推进生态退耕与文旅、特色产业融合，实现生态与经济双赢

针对海拔 1600 m 以上、坡度 >25°的谋道镇、建南镇南部、毛坝镇东部、团堡镇南部等山地乡镇，该区域耕地破碎化程度极高、机械化作业困难，且属于利川市生态屏障核心区，同时拥有齐岳山、苏马荡、毛坝茶山等文旅资源，人口密度低(<100 人/平方公里)，农业劳动力外流明显，严格执行退耕还林、还草政策，精准划定生态退耕区域，对谋道镇苏马荡周边、齐岳山沿线、建南镇云雾山等生态脆弱区的破碎耕地实施全面退耕，优先种植马尾松、枫香、杜鹃等乡土树种与多年生草本植物，构建生态防护林体系，对毛坝镇东部、团堡镇南部等坡度 25°以上但土壤条件较好的耕地，实施生态退耕与茶产业融合，改种利川红、恩施玉露等茶树品种，打造生态茶园，既减少陡坡耕作的水土流失，又契合当地茶产业发展基础。将退耕区域全面纳入利川市高山康养旅游、山地生态旅游规划体系，打造“生态退耕景观带 + 康养旅游体验区”，谋道镇苏马荡周边退耕区打造高山森林康养步道、花海景观带，结合当地避暑康养旅游资源发展森林露营、田园观光等体验式旅游，齐岳山沿线退耕区结合草原风光，打造“退耕还林 + 草原观光 + 户外运动”融合的文旅产品，推动破碎耕地的景观转型与文旅产业发展深度结合，实现生态效益向经济效益转化。建立完善的生态补偿与利益联结机制，对参与生态退耕的农户，除国家退耕还林补贴外，由市级财政配套生态补偿资金，同时引导文旅企业、茶企与退耕农户建立利益联结，优先吸纳退耕农户参与生态茶园管理、文旅景区服务等工作，解决农户退耕后的就业与收入问题，保障生态退耕政策长效落地。

5.3. 中梯度过渡区实施耕地整治与特色种植结合，盘活耕地生产潜力

针对 6°~15°坡度、800~1000 m/1200~1600 m 海拔的毛坝镇西部、团堡镇中部、忠路镇北部、沙溪乡等中梯度过渡区，该区域耕地占比约 35%，零散度与分散指数高于平均值，人口密度适中(100~300 人/平方公里)，兼具农业生产潜力与山地特色，是利川市耕地资源盘活的重点区域，针对性开展耕地整治工程，实施坡改梯、地块归并、田间生产路修建等简易改造，无需投入高标准农田建设的巨额资金，重点解决耕地“碎片化、难耕作”问题，将地块连片率提升至 60%以上，配套建设小型蓄水池、灌溉水渠，满足旱地作物种植的水利需求，对沙溪乡、忠路镇等偏远村组的细碎耕地，引导农户进行土地流转或互换，实现耕地集中经营。依托中梯度过渡区的地形与气候特征，坚持“宜茶则茶、宜药则药、宜烟则烟”原则，布局利

川红、藤茶、魔芋、烟叶等适宜山地种植的特色经济作物,毛坝镇西部、团堡镇中部重点打造利川红核心种植区,利用山地微气候提升茶叶品质,忠路镇北部、沙溪乡重点发展魔芋、烟叶种植,结合当地传统种植习惯打造特色经济作物专业村,同时在耕地间隙种植油茶、核桃等经济林木,发展林下经济,提高土地综合利用效益。在毛坝镇、团堡镇等特色产业核心乡镇,建设茶叶加工、魔芋初加工等村级加工点,配备小型加工设备,降低农户生产运输成本,组织农业技术人员开展特色作物种植技术培训,针对坡耕地种植特点,推广轻简化、机械化耕作技术(如小型采茶机、魔芋播种机),提升农业生产效率。

6. 讨论

6.1. 与同类山区耕地地形梯度研究的共性特征

本研究发现的耕地分布规律与国内黄土高原、湘西州、鄂西北等山地农业区的耕地地形梯度研究结论高度契合,体现了山地耕地分布对地形因子的共性响应规律。赵益祯等(2020) [1]对黄土高原宝塔区的研究指出,山地耕地高度集聚于低海拔、低坡度的平缓地带,地形起伏度的增加会直接导致耕地开发强度降低、斑块破碎化加剧,这与本研究中利川市耕地在 1000~1200 m 低海拔缓坡带优势度极高、破碎化程度极低,而高海拔陡坡区则相反的结论一致,反映出低海拔、低坡度的地形条件是山地农业区耕地开发的核心自然基础,也是山地耕地分布的共性规律。龚熊波等(2020) [7]对湘西州山区的研究发现,6°坡度是山地耕地开发的重要临界点,坡度超过该阈值后,耕地分布规模与集约度会急剧下降,这与本研究中利川市 6°坡度带集聚 71.62%耕地、6°以上坡度耕地占比骤减的特征高度吻合,证实了 6°坡度为南方山地农业区耕地开发的普遍梯度拐点,超过该拐点后,地形对农业生产的刚性约束会显著增强。

6.2. 利川市耕地地形梯度分布的地域差异性

与国内同类山地农业区相比,利川市耕地地形梯度分布呈现出鲜明的地域差异性,核心体现在耕地核心海拔区间的独特性与破碎化拐点的海拔阈值特征上。黄土高原、鄂西北部分山区的耕地核心海拔区间多集中在 800 m 以下的河谷低地,而本研究中利川市耕地核心分布区为 1000~1200 m 海拔区间,该区间耕地占比达 48.38%,800 m 以下低海拔区域耕地占比仅 14.69%,与同类研究形成显著差异;同时,利川市耕地破碎化的海拔拐点为 1600 m,远高于湘西州、桑植县等南方山地 800~1000 m 的海拔阈值,这一差异是利川市独特的自然地理背景所决定的。利川市地处云贵高原东延部分与巫山、大巴山余脉交汇地带,整体地势偏高,境内无大面积低海拔河谷平原,而 1000~1200 m 海拔区间为境内规模最大的岩溶盆地与山间平坝,地势平缓、水热条件适中,成为耕地开发的最优区域;同时,利川市属于亚热带大陆性季风气候,海拔 1600 m 以下区域水热条件仍能满足农作物生长需求,而 1600 m 以上区域因海拔升高导致气温降低、岩溶地貌发育,耕地开发的自然条件急剧恶化,形成独特的高海拔破碎化拐点。

此外,利川市大于 25°坡度区耕地占比仅 0.29%,远低于部分西南山地农业区,这一差异则与人文政策的实施密切相关。利川市作为武陵山片区生态屏障的重要组成部分,严格执行国家退耕还林政策与水土保持红线管控,对 25°以上陡坡耕地实施全面退耕,人为降低了陡坡耕地的开发比例,这也是利川市耕地分布与部分政策执行力度较弱的山地区域的重要差异。

6.3. 利川市耕地分布格局的形成机制

6.3.1. 自然地理本底的刚性约束

自然地理因子是利川市耕地分布格局形成的基础驱动力,高程、坡度、气候、土壤等自然要素共同构成了耕地开发的刚性约束,决定了耕地分布的宏观格局。一是地形地貌的空间约束,利川市四周高山环绕、中部盆地陷落的地貌特征,使得耕地开发只能高度依附于中部 1000~1200 m 的岩溶盆地与清江支

流河谷地带,而东西两侧高海拔山地因地形起伏剧烈,难以形成规模化耕地,成为耕地分布的自然边界;二是气候的垂直分异约束,利川市气候随海拔呈现显著垂直分异,1000~1200 m 海拔区间水热搭配适中,光照、降水能满足水稻、玉米、蔬菜等农作物生长需求,而1600 m 以上区域气温偏低、无霜期短,仅能种植少量耐寒作物,耕地开发的经济价值低,自然形成耕地分布的海拔阈值;三是土壤条件的质量约束,利川市1000~1200 m 核心区以黄壤、黄棕壤为主,土层厚度大、土壤肥力高,而高海拔陡坡区因水土流失严重,土层浅薄、土壤贫瘠,难以支撑规模化耕地开发,进一步强化了耕地的核心分布格局。

6.3.2. 人类农业活动的适应性选择

人类农业活动是利川市耕地分布格局形成的重要驱动因子,在自然地理本底的约束下,人类农业生产活动通过适应性选择与主动改造,进一步塑造了耕地的梯度分布特征与破碎化格局。一是农业生产的择优开发选择,在长期的农业生产实践中,人类优先选择地形平缓、土壤肥沃、水利条件好的1000~1200 m 海拔、0°~6°坡度带进行规模化耕地开发,通过修建农田水利设施、平整土地等方式,提升核心区耕地的利用效率,形成优势度高、连片性好的核心耕作区;而对于高海拔陡坡区,仅在地形相对平缓的沟谷、坡麓地带进行“见缝插针”式的零散开发,形成破碎化的耕地斑块,体现了人类农业活动对自然条件的适应性选择。二是土地利用的政策导向调控,国家退耕还林、高标准农田建设、生态保护红线等政策,对利川市耕地分布格局产生了重要调控作用:高标准农田建设政策推动核心坝区耕地的规模化、集约化利用,进一步强化了核心区的耕地集聚特征;退耕还林政策则对1600 m 以上高海拔、25°以上陡坡的生态脆弱区耕地实施全面退出,降低了高海拔陡坡区的耕地占比,同时也减少了该区域的耕地破碎化程度;生态保护红线的划定,则严格限制了生态敏感区的耕地开发,从政策层面固定了耕地的空间分布格局。三是传统耕作方式的传承与影响,利川市作为土家族、苗族聚居区,传统的小农经营模式与山地耕作方式在一定程度上影响了耕地的斑块格局,农户分散经营导致部分中坡度区域耕地难以实现规模化整合,形成一定程度的细碎化分布,但随着土地流转政策的实施,核心坝区的耕地细碎化程度正逐步降低,体现了人文耕作方式对耕地格局的动态影响。

6.3.3. 自然与人文因子的耦合作用

利川市耕地分布格局的形成,是自然地理本底与人类农业活动长期耦合、相互适应的结果:自然地理因子决定了耕地开发的可能性与宏观格局,划定了耕地分布的海拔、坡度阈值,为耕地开发提供了自然基础;而人类农业活动则在自然约束的范围内,通过择优开发、政策调控、方式改造等方式,对耕地分布进行优化与调整,塑造了耕地的微观斑块格局与利用强度。二者的耦合作用体现在:自然条件越优越的区域(1000~1200 m 海拔、0°~6°坡度),人类农业开发的强度越高,耕地的优势度越高、破碎化程度越低;而自然条件越恶劣的区域(1600 m 以上海拔、15°以上坡度),人类农业开发的强度越低,耕地的优势度越低、破碎化程度越高。这种耦合关系,最终形成了利川市耕地“核心区集聚、边缘区破碎”的地形梯度分布格局。

7. 结论

本文依托利川市现状耕地数据,利用GIS空间叠加分析法,定量测算了利川市耕地在不同高程分级与坡度分级下的优势度、零散度及分散指数,系统剖析了山地环境下耕地资源的垂直分布特征与景观破碎化格局。

通过对多项指标的综合评价,本研究发现:(1)海拔1000~1200 m 区间是全市耕地分布的绝对核心,承载了近半数(48.38%)的耕地面积,且在该区间内优势度达到4.70 hm²/km²,空间连续性最强。与此同时,坡度0°~6°的平缓地带(坝区)集聚了全市71.62%的耕地,优势度远超全市平均水平,构成了利川市农业生

产的宏观主体；(2) 地块破碎化程度与地形起伏呈高度正相关，随着海拔跨越 1600 m 或坡度超过 15°，地块零散度与分散指数均表现出翻倍增长的态势，尤其是 1800~2000 m 区间的分散指数高达 242.7992，反映出高海拔与陡坡区域的耕地呈极度孤立、碎小的散落状态。

基于研究发现，本文结合利川市现状和相关政策提出以下建议：(1) 针对 1000~1200 m 海拔的凉雾乡、都亭街道、柏杨坝镇等优质缓坡坝区，将其列为高标准农田建设一级优先区，通过土地整治、设施配套推进耕地规模化经营，重点布局高山反季节蔬菜、富硒粮油等特色产业，打造利川特色农业核心示范区；(2) 针对海拔 1600 m 以上或坡度大于 25°的谋道镇、建南镇南部等极度破碎区，严格落实生态退耕政策，对生态脆弱区实施还林还草构建生态屏障，对土壤条件适宜区域融合茶产业发展打造生态茶园，同时将退耕区域与高山康养、山地生态旅游规划深度衔接，推动耕地向景观化、生态化转型，实现生态与经济双赢；(3) 针对 6°~15°坡度的毛坝镇西部、忠路镇北部等中梯度过渡区，实施坡改梯、地块归并等简易耕地整治工程，降低空间离散度，结合地域特征布局利川红、魔芋、烟叶等特色经济作物，配套建设村级加工点并推广轻简化机械化耕作技术，盘活区域耕地生产潜力，提升山地农业适配性。

本文通过量化的空间指标，为利川市精准识别优质耕地保护区与生态退耕敏感区提供了科学依据，这不仅有助于优化全市耕地资源的空间配置，提升农业生产效率，更为武陵山片区同类山地城市的耕地可持续利用与生态文明建设提供了可借鉴的实证参考。

参考文献

- [1] 赵益祯, 曹建农, 张晓栋, 等. 宝塔区土地利用的地形梯度效应与空间格局[J]. 干旱地理, 2020, 43(5): 1307-1315.
- [2] 安彬, 肖薇薇, 崔晓明. 汉江生态经济带土地利用格局的地形梯度效应特征[J]. 水土保持研究, 2024, 31(4): 288-297+307.
- [3] Veldkamp, A. and Lambin, E.F. (2001) Editorial: Predicting Land-Use Change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85, 1-6. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00199-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00199-2)
- [4] 陈百明. 中国土地资源生产能力及人口承载力研究[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1991.
- [5] 张莹, 叶宝鉴, 朱志鹏, 等. 福建省土地利用格局的地形梯度效应分析[J]. 中国农学通报, 2022, 38(11): 96-105.
- [6] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱研究及其应用[J]. 地理研究, 2000, 19(4): 337-343.
- [7] 龚熊波, 杨波, 刘雨先, 等. 湘西州山区土地利用类型的地形梯度效应与景观格局分析[J]. 生态科学, 2020, 39(4): 137-144.
- [8] 张永健, 洒江涛, 巴音达拉. 乌鲁木齐市土地利用格局的地形梯度效应[J]. 林业调查规划, 2024, 49(6): 34-42.
- [9] 杨斌, 王占岐, 姚小微, 等. 鄂西北山区土地利用的地形梯度效应与空间结构特征[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(2): 313-321.
- [10] Mandelbrot, B.B. (1982) *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman and Company.
- [11] 张金屯, 邱扬. 景观格局的数量研究方法[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 346-352.
- [12] 臧玉珠, 刘彦随, 杨园园. 山区县域土地利用格局变化及其地形梯度效应——以井冈山市为例[J]. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1391-1404.
- [13] 郭砾, 夏北成. 地形因子对森林景观格局多尺度效应分析[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 900-904.
- [14] 李硕, 沈占锋, 刘克俭, 等. 大河流域土地利用变化的地形梯度效应分析[J]. 农业工程学报, 2021, 37(5): 275-284.
- [15] 牟洋, 郭建坤. 山地农业区耕地资源空间分布状况及优化利用——以湖南桑植县为例[J]. 地球科学前沿(汉斯), 2019, 9(10): 837-883.