引文格式：张治韬,马士彬,杨雪萃,等. “玉—马”经济带土地利用变化地形分异规律研究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(6): 48-52. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2024.06.011

“玉—马”经济带土地利用变化地形分异规律研究

张治韬[1]，马士彬[1, 2*]，杨雪萃[1]，徐异龙[1]，周　妍[1]
（1. 六盘水师范学院 经济管理学院，贵州 六盘水 553004；
2. 贵州师范大学 地理与环境科学学院，贵州 贵阳 550001）

摘　要：运用地形分布指数、地形位指数将贵州省六盘水市“玉—马”经济带2012年、2018年的土地利用数据在不同地形位的分析研究。结果表明：耕地、公共管理与服务用地、水域设施用地、园地、工矿仓储用地、住宅用地在低地形位上优势明显，林地、草地、灌木集中分布在中、高地形位上；在研究期间内，耕地、草地在高地形位上面积减少，中高地形位上灌木的优势区增加，工矿仓储用地和其他用地集中到了低地形位和中高地形位，设施农用地由中地形位向低地形位转移，其余土地利用类型的优势区分布变化不明显；人类活动对土地利用变化的影响较大，地形位对土地利用变化的影响不明显。研究可为我国西南喀斯特山区地形地势对小型经济区的发展提供验证解读。

关键词：“玉—马”经济带；土地利用；地形分布指数；地形位指数；地形分异规律
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）06-0048-05

Research on Topographic Differentiation Law of Land-use Change in “Yu-Ma” Economic Belt

ZHANG Zhitao[1], MA Shibin[1,2], YANG Xuecui[1], XU Yilong[1], ZHOU Yan[1]
(1. School of Economics and Management, Liupanshui Normal University, Liupanshui 553004, China;
2. School of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: We used topographic distribution index and topographic position index to analyze and study the land-use data of “Yu-Ma” economic belt in Liupanshui City, Guizhou Province in 2012 and 2018 at different topographic positions. The results show that cultivated land, public management and service land, water facility land, garden land, industrial and mining storage land and residential land have obvious advantages in the low topographic position, while woodland, grassland and shrub concentrate in the middle and high topographic position. During the study period, the area of cultivated land and grassland decreased at the high topographic position, the dominant area of shrub increased at the middle and high topographic position, the industrial and mining storage land and other land concentrated at the low and middle topographic position, the facility agricultural land shifted from the middle topographic position to low topographic position, and the distribution of the dominant area of other land-use types did not change significantly. Human activities have a great influence on land-use change, but topography has no obvious influence on land-use change. The research can provide the verification and interpretation for the development of small economic zone of Karst mountain terrain in southwest China.

Key words: “Yu-Ma” economic belt, land-use, topographic distribution index, topographic position index, topographic differentiation law

土地利用变化可以直接表现人类在对于土地利用与自然地理环境和社会经济环境之间的关系[1]。目前，已有较多学者对地形因子影响土地利用开展了研究。例如：周润芳[2]运用多种地形因子对甘肃省榆中县的土地利用格局进行了研究，探讨了如何高效的进行土地资源的合理利用；火红[3]等基于高程和坡度分级将土地利用类型与地形因子耦合对延安市进行了土地利用格局的研究，为科学合理地评估退耕还林（草）效果提供了参考；刘纯军[4]等以贵州省乌江流域为例，通过土地利用多样性指数、土地利用程度指数，探讨贵州省乌江流域1990—2017年土地利用的地形梯度特征；翟香[5]等运用地形位指数、地形分布指数以及土地利用结构信息熵、均衡度和优势度对毕节市土地利用格局进行了分析；张莹[6]等通过土地利用变化图谱、地形位指

收稿日期：2022-11-11。
项目来源：国家自然科学基金与贵州省喀斯特科学研究中心联合基金资助项目（U1812401）；国家级大学生创新训练项目（202110977004、202110977005）。
第一作者简介：张治韬（2001—），本科，研究方向为土地利用变化，E-mail：zzt0811@126.com。
通信作者：马士彬（1982—），博士研究生，教授，研究方向为环境遥感与信息系统应用，E-mail：msb88.com@163.com。

数、分布指数和景观格局指数等方法，探讨土地利用格局的地形梯度效应及其成因。也有部分学者进行了土地利用变化地形分异规律的研究，如廖艳梅[7]等运用地形位指数、地形分布指数、土地利用程度综合指数以及土地利用图谱法，对贵州省土地利用在不同的地形、地貌梯度时的分异特征开展研究。

本文是以西南喀斯特山区小型经济带的形式进行研究区域划分，并且对该研究区土地利用变化地形分异规律进行了进一步讨论，将对西南喀斯特山区小型经济带和城市圈的土地利用变化研究有着重要的借鉴意义。

1　材料及方法

1.1　研究区概况

“玉—马”经济带位于玉舍镇、勺米镇和米箩镇三镇相连处，由玉马公路串联而成，隶属于贵州省六盘水市，国土总面积为272.33 km²[8]。该区域以亚热带湿润季风气候为主，雨量充沛，气候温和，雨热同季；地貌以山地为主，地势西北低东南高，其最高海拔为2 367 m，最低海拔为1 039 m，相差1 328 m，并且平均坡度大约在19.6°，直接导致该区域土地利用的复杂性。因三镇境内煤炭、森林资源蕴藏丰富，玉舍、勺米和米箩三镇以前依靠矿产资源的开发发展为主，后因国家绿色可持续发展战略，三镇结合组成“玉—马”经济带，转变产业发展结构，并且进行土地的利用类型转化，调整区域内土地利用功能，改变了原来依靠传统农耕的发展方式，大力发展经济农业，如猕猴桃、枇杷等经济水果的种植，加之当地退耕还林（草）和封山育林政策的实施，导致该区域2012—2018年的土地利用利用结构发生了较大的改变。

1.2　数据来源与分级

1.2.1　数据来源

本文所用的遥感影像数据来源为谷歌卫星2012年和2018年的影像，通过计算机解译并配以目视解译的方式，土地利用现状数据的分类体系采用第三次全国国土调查技术规程[9]中所制定的土地利用现状分类，并根据研究区特点将土地利用类型划分为耕地、园地、其他用地、草地、灌木、工矿仓储用地、住宅用地、交通用地、设施农用地、林地、公共管理与服务用地、水域设施用地、未识别地类等13种地类，可得玉—马”经济带二期土地利用类型图。所用高程数据来源为ASTER GDEM v3 30 m分辨率的数字高程数据，再进行的坡度分析可得到研究区的坡度数据。

1.2.2　数据分级

因研究区域平均坡度和高程落差较大，本文参照姚勇在研究贵州省土地利用分布的地形特征中的分级标准[10-12]将研究区坡度分为5个梯度，海拔分为6个梯度，海拔、坡度相关梯度及分级标准如表1所示。

表1　海拔、坡度相关梯度及分级标准

梯度编号	海拔/m	坡度/（°）
1	< 1 250	< 15
2	1 250~ < 1 500	15~ < 30
3	1 500~ < 1 750	30~ < 45
4	1750~ < 2000	45~ < 60
5	2 000~ < 2 250	≥60
6	≥2 250	

1.3　研究方法

1.3.1　地形分布指数

该指数通过计算土地利用类型的出现频率，反映不同地形因子等级（梯度）上土地利用类型的分布特征，并且增加了一个缩放系数，即 (S/S_e)，表示总土地面积与某种地形因子等级下土地面积的比，在一定程度上消除面积大小的影响，使分布相对少的土地利用类型特征也能表现出来[13]。

$$P=（S_{ei}/S_i）（S/S_e）$$

式中，P 为地形分布指数；S_{ei} 为某地形 e 在某一土地利用类型 i 上的面积；S_i 为土地利用类型 i 在研究区的总面积；S_e 为地形 e 在研究区的总面积；S 为研究区的总面积。当 $P>1$ 时，说明该土地利用类型在该地形段属于优势区；当 $P<1$ 时，说明该土地利用类型在该地形段属于劣势区；当 $P=1$ 时，说明该土地利用类型在该地形段的分布比例与在整个研究区的分布比例相等[14]。

1.3.2　地形位指数

地形要素对土地利用变化的影响往往表现为高程和坡度的综合作用，而单一的高程或坡度梯度上的空间分析无法体现地形要素对土地利用的综合影响。为综合反映地形条件的空间分异对土地利用变化的综合影响，本文将高程和坡度综合构建成一个地形位指数，以达到探明研究区土地利用变化地形分异规律特征[15-16]。

$$T=\lg[(E/\bar{E}+1)\times(S/\bar{S}+1)]$$

式中，T 为地形位指数；E 和 $\bar{E}$ 分别为区域中任一点的高程值及该点所在区域的平均高程值；S 和 $\bar{S}$ 分别为区域中任一点的坡度值及该点所在区域的平均坡度值。高程越高、坡度越大的点，其地形位指数越

大，反之则越小；高程较高但坡度较小或高程较小坡度较高的点，其地形位指数位于居中[17]。

2 土地利用变化的地形分异特征

海拔和坡度是地形地势中影响土地利用的一个重要影响因子，在一定程度上制约着土地的生产力，一般来说，土地的生产力随着高程的增高和坡度的增加而减少[18]。本文从海拔、坡度以及地形位指数来对该区域的2012—2018年的土地利用变化进行分析，分析其土地利用变化的地形分异特征。

2.1 土地利用变化的高程分异特征

2012—2018年间，该区域耕地的优势区上移了一个梯度，从梯度1、2、3到梯度2、3、4，而在梯度1变为小于0.4，成为耕地的劣势区，林地优势区也上移了一个梯度，从梯度3、4、5上移到了梯度4、5、6，但交通用地2018年减少了一个优势区，从梯度1、2、4变为1、4，公共管理与服务用地也减少了一个优势区，从梯度2、4减少为梯度4。园地、水域设施用地、设施农用地、住宅用地、工矿仓储用地、草地的优势区都没有变化，分别为梯度1、2，梯度1、2，梯度1，梯度1、2、4，梯度2、3、4，梯度5、6，虽然园地优势区没有改变，但在优势区内其地形分布指数有趋均衡的表现，草地在梯度6的地形分布指数也高达4.5以上。灌木优势区从梯度2、3、5、6减少为梯度3、4、5，但在梯度1、2的地形分布指数都大于0.8，接近1的优势区范畴，呈现一个普适性。

综上所述，该区域林地，灌木的覆盖面积较大；园地在低海拔地区种植占比变大，大多数耕地在低海拔地区转变为了园地，使得耕地优势区上移了一个梯度，园地在梯度1优势更加明显；在高海拔地区，草地还是占据着很大的优势；近年来封山育林政策的实施，林地的优势区扩大到了梯度5；交通用地虽然减少了一个优势区，但在梯度1、2、3、4的地形分布指数都高于0.8，优势条件大致保持不变；其他用地的在所有梯度上变化明显，但呈现不规律的变化趋势；其他土地利用类型在研究期间变化不明显。

2.2 土地利用变化的坡度分异特征

将该区域的DEM高程数据进行坡度分析后再与土地利用数据进行叠加分析，可得“玉—马”经济带2012—2018年不同坡度梯度时的地形分布指数。2012年随着坡度的上升地形分布指数下降的土地利用类型有园地、耕地、住宅用地、工矿仓储用地、公共管理与服务用地、水域用地、交通用地、设施农用地，而在2018年设施农用地变为倒U型曲线结构。在研究期间该区域其他用地、草地与2018年的灌木也是属于一个倒U型曲线结构，但在2012年灌木的地形分布数据变为随着坡度的上升而上升，最特殊的是林地，是随着土地分布指数的上升而曲线变化的一个波浪形结构。从优势区的移动来看，设施农用地上移了一个优势区，从梯度1上移到了梯度2，从优势区的增减来看，林地和其他用地增加了一个优势区，分别从梯度2和梯度3增加为梯度2、5和梯度3、4，而交通用地的优势区从梯度1减少为全梯度无优势区。2012—2018年间优势区无变化的土地利用类型有耕地、公共管理与服务用地、水域设施用地、园地、草地、灌木、工矿仓储用地、住宅用地，而优势区集中在梯度1并且只一个优势区的土地利用类型的有公共管理与服务用地、水域设施用地、园地、工矿仓储用地、住宅用地，而耕地、草地、灌木的优势区分别为梯度1、2，梯度3、4，梯度3、4、5。

综上所述，园地的优势区虽然没有发生改变，但由于园地面积的扩大，园地2018年在梯度1的地形位指数很高，达到了2.62，相比较2012年提升了将近1个单位的地形位指数；变化最大的土地利用类型是交通用地和设施农用地；交通条件的改善，该区域许多曾经交通比较闭塞的人类聚落相互间都修建了硬化路，导致交通用地在全坡度梯度优势不明显；因为园地面积的扩大，导致设施农用地不得不向坡度更高的地区修建，并且为了更好地为园地和耕地服务，设施农用地的优势区从梯度1上移到梯度2；灌木的优势区没有减少和增加，从2018年在原有优势区梯度3、4、5中地形分布指数相对于2012年都有所减少，特别是在梯度5，地形分布指数下降了2个单位，并且在不是优势区的梯度1、2，地形分布指数也接近于1，表明灌木在全坡度段具有普适性；相对于灌木在梯度3、4、5的地形分布指数的下降，林地在梯度3、4、5均有提高，特别是在梯度5，从0.19的劣势区上升为1.6的优势区，变化十分明显，表明了该区域封山育林政策实施的比较好；其他的土地利用类型在研究期间变化不明显。

2.3 土地利用变化的地形位分异特征

由于研究区的面积较小，为了更好地分析讨论该研究区2012—2018年的土地利用变化的地形分异特征，可计算出该研究区的地形位指数为0.287~0.953，像元边界大小为20×20。按照相等间隔划分法将地形位指数重新划分为20个区段，同时分别把区段1~8划为低地形

位，区段9~16划为中地形位，区段17~20划为高地形位可得各地形位指数分级标准（表2）。

将划分好的地形位数据与土地利用数据进行叠加分析可得出各土地利用类型在各地形位上的优势发布区（表3），各土地利用类型2012—2018年间的变化规律如下：

耕地：研究期间内，耕地的优势区从2~8、16、17、19、20变为1~8、16~18。2012年与2018年耕地在低地形位上优势一直很明显，但在高地形位上，耕地多转化为了灌木和草地，导致从2012年的优势区变为劣势区，并且优势区变得连续。表明研究区封山育林和退耕还林（草）政策的有效实施以及耕地的分布得到了有效规划。在中地形位上，2012—2018年地形分布指数都在0.85以上，证明了耕地在该研究区的全地形位上具有普适性，是该研究区主要的土地利用类型。

表2　各地形位指数分级标准

地形位	低地形位								中地形位								高地形位			
梯度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
百分比/%	28.44								71.27								0.29			

表3　各土地利用类型在各地形位上的优势发布区

土地利用类型	耕地	林地	公共管理与服务用地	水域设施用地	园地	其他用地
2012年	2~8、16、17、19、20	9~12	2~7	1~7	1~8	4~7、14~17
2018年	1~8、16~18	9~12	2~8、15	1~6	1~8、19、20	12~20
土地利用类型	草地	灌木	工矿仓储用地	住宅用地	交通用地	设施农用地
2012年	11~19	2~17	1~8、14、15	2~8	1~7、18	13~15
2018年	1、11~18	1~20	1~8	1~8	1~8、18	1~8

园地：园地在研究区内2012年时的优势区全部集中在低地形位上，研究期间，园地的优势区扩大了2个地形位，且都是在高地形位，并且园地在低地形上的优势增长明显，呈现地形位越低增长幅度越强的趋势，在低地形位上的地形分布指数仅次于水域设施用地，结果表明园地因人为因子的影响，对地形的适应性加强，但优势区主要还是集中在低地形位上，且优势在逐年加强。

住宅用地：2012—2018年住宅用地的优势区扩大了一个地形位，从2~8扩大到1~8，优势区还是集中在低地形位上，但是在高地形位上，地形分布指数有着明显增加，表明在研究期间该研究区住宅用地面积的增加，城镇化进程加快。

交通用地：研究期间内该研究区交通用地增加了一个地形位，从1~7、18变为1~8、18，优势区主要集中在低地形位上，但在高地形位上交通用地地形分布指数有着明显增加，表明当地政府为了脱贫攻坚，在地势较陡峭的地区加大了交通基础实施的投入，更加完善了“玉–马”经济带以玉马公路为依托的发展思路。

工矿仓储用地：研究期间内该研究区工矿仓储用地减少了2个地形位，从1~8、14、15减少为1~8，优势区主要集中在低地形位，产生这一现象的主要原因是研究区产业结构的调整使得工矿仓储用地的面积减少，导致工矿仓储用地在中地形位上优势减少，多转化了为农业用地。

公共管理与服务用地：研究期间内公共管理与服务用地优势区分布变化不大，由2~7增加为2~8、15，优势主要集中在低地形位上，在中、高地形位上优势不明显。表明由于研究期间当地经济条件的改善，使得公共管理与服务用地的面积得以增加。

设施农用地：设施农用地在研究期间地形位优势区分布变化十分明显，从地形位13~15变为1~8，优势区从中地形位变为低地形位，其原因是农业产业结构的转变，为了更好地为耕地和园地服务，设施农用地主要都靠近大面积的园地和耕地进行土地利用。

水域设施用地：水域设施用地的地形分布指数呈现一个随着地形位上升而递减的趋势，优势区减少了一个地形位，从1~7变为1~6，2个时间段水域设施用地分布指数曲线基本重合，但到2018年下降曲线相较于2012年变得更平缓，表明人为干预因素较大，主要以修建小型池塘和蓄水池为主，其目的是更好地为耕地和园地服务。

其他用地：其他用地在研究期间优势区变化较为明显，优势区从4~7、14~17变为12~20，并且优势在地形位梯度17上十分明显，低地形位上受人为干预因素较大，优势下降。

草地：草地的优势区梯度数量没有发生变化，

但草地在中、高地形位上地形分布指数下降明显，由于一系列环境保护政策的实施，高地形位上草地多转化为了灌木，导致草地在中、高地形位上的优势大幅下降。在中、高地形位上，草地的地形分布指数均在1左右，表明草地在该研究区的中高地形位具有普适性。

灌木：灌木的优势区数量在研究期间上升了4个地形位，由12~17变为11~20，特别是在高地形位上，变化最为明显，表明在高地形位上草地、耕地转化为灌木，使得灌木在研究区高地形位上分布面积大幅增加，产生这一现象的原因是由于当地封山育林以及退耕还林（草）政策的有效实施。在2018年，该研究区中、高地形位上，灌木的地形分布指数均大于0.9，说明灌木在中、高地形位上受地形的限制较小。

林地：林地的分布曲线呈现一个倒“U”型，优势区主要集中在中地形位上，并且在研究期间没有发生变化，优势区为9~12，但是在13~16区间内，林地2018年的地形分布指数相较于2012年有着明显升高，表明当地封山育林，退耕还林（草）政策的有效实施，大量耕地转化为了林地，林地在高地形位上的面积得到了恢复。

3 讨论及结论

“玉—马”经济带在2012—2018年间，土地利用结构主要以耕地、林地、灌木、草地、园地为主。在6 a间，耕地、草地的面积大幅减少，而林地、园地的面积大幅增加，主要是由于退耕还林（草）、封山育林政策的实施和农业产业结构的转变有关，而其他土地利用类型除水域设施用地外均有小幅增加。

在不同的地形因子和人为因子的影响下，各土地利用类型都拥有自己的优势发布区。在低地形位上，耕地、园地、住宅用地、交通用地、水域设施用地、公共管理与服务用地、工矿仓储用地的优势十分明显，因喀斯特地貌的特殊性，林地的优势区主要集中在中地形位，草地、灌木、其他用地的优势区大多数集中在中、高地形位上。在研究期间，为了更好地服务于农业产业结构的调整，设施农用地的优势区从中地形位变为低地形位，高地形位上的草地、耕地也受到了灌木的挤压导致分布优势降低。

因“玉—马”经济带的地区特殊性，再结合本文的研究成果，可以映射出我国西部喀斯特山区小城镇经济带的土地利用规律，从而为其经济发展和基础设施建设，生态环境保护提供科学化分析以及可行性预测，也为西部喀斯特山区小城镇经济带乡村振兴战略的实施提供了理论支撑。

参考文献

[1] 白少云,马晨燕,刘斌,等. 基于RS与GIS的杞麓湖流域土地利用变化分析[J]. 长江科学院院报,2021,38(4):36-42

[2] 周润芳,孙建国,张卓. 甘肃省榆中县地形对耕地分布影响[J]. 遥感信息,2020,35(4):148-154

[3] 火红,韩磊,奥勇,等. 基于高程和坡度分级的延安市土地利用格局研究[J]. 人民黄河,2021,43(6):112-117

[4] 刘纯军,周国富,黄启芬,等. 基于地形梯度的贵州乌江流域土地利用时空演变分析[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2020,38(6):45-54

[5] 翟香,安军,廖艳梅,等. 地形梯度对土地利用格局时空特征的影响[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2022(5):1-12

[6] 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

[7] 廖艳梅,兰安军,尹林江,等. 贵州省不同地形与地貌的土地利用变化分异特征[J]. 济南大学学报(自然科学版),2021,35(6):552-565

[8] 宋迪. 玉马公路:梦想在这里腾飞[N]. 六盘水日报,2010-05-11(4)

[9] 第三次全国国土调查技术规程:TD/T 1055-2019[S].

[10] 姚勇. 贵州省土地利用分布的地形特征[J]. 价值工程,2020,39(20):209-211

[11] 蒋姣,孙哲,赵思远,等. 淮安市耕地时空变化特征及其驱动因素[J]. 农业工程,2020,10(12):63-69

[12] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学,2010,32(8):1 544-1 550

[13] 孙丽,陈焕伟,潘家文. 运用DEM剖析土地利用类型的分布及时空变化:以北京延庆县为例[J]. 山地学报,2004(6):762-766

[14] 武爱彬,刘欣,赵艳霞. 地形因子对浅山丘陵区土地利用类型分布与转换的影响:以燕山浅山丘陵区为例[J]. 农业现代化研究,2014,35(1):103-107

[15] 喻红,曾辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学,2001(1):64-69

[16] 李益敏,王东驰,袁静,等. 基于地形梯度的高山峡谷区土地利用时空格局及功能分区[J]. 水土保持通报,2020,40(6):303-311

[17] 郭洪峰,许月卿,吴艳芳. 基于地形梯度的土地利用格局与时空变化分析:以北京市平谷区为例[J]. 经济地理,2013,33(1):160-166

[18] 罗云云,李瑞雪,屈明. 重庆石碗溪小流域坡度和高程对土地利用及经济发展的影响[J]. 山地学报,2004(2):254-258