

观景公路沿线土地利用变化特征分析

——以大理洱海东环海路为例¹

张磊¹，武友德^{2,4}，李君³

(1. 云南师范大学旅游与地理科学学院，云南昆明 650500；2. 云南师范大学华文学院，云南昆明 650500；3. 云南师范大学经济与管理学院，云南昆明 650500；4. 中国西南地缘环境与边疆发展协同创新中心，云南昆明 650500)

【摘要】以大理洱海东环海路为例，通过构建缓冲区与土地利用动态、程度及结构变化模型，对其沿线地区1997~2015年的土地利用变化特征进行探究。研究表明：(1) 随时间演进，环海东路沿线土地利用变化速度整体加快，不同距离缓冲带间土地利用变化速度差异减小；(2) 森林、裸土及耕地一直为研究区空间变化最为剧烈的用地类型，各地类的空间变化活跃度随着与环海东路间距离的变动发生分化，随时间演进，除裸土外，其余地类的空间变化活跃度在各距离缓冲带内均上升；(3) 土地利用类型整体变动显著，土地利用的活跃度增强，不同时段内，各距离缓冲带间的主要土地利用变动类型一致性较强，而各带内的主要土地利用变动差异随时间演进逐步凸显；(4) 土地利用程度持续上升但增速显著放缓，各距离缓冲带间土地利用程度差异持续减小；(5) 土地利用结构整体优化，土地分布的均衡度与均质性整体提升，各距离缓冲带间土地利用结构差异有所减小；(6) 18a 间，土地利用变化速度、土地利用程度增速、土地利用结构指数及各地类空间变化活跃度差异的高值区均呈远离环海东路的态势。

【关键词】 土地利用 变化特征 观景公路 洱海东环海路

【中图分类号】 F301.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-8227 (2018) 12-2707-10

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201812007

作为自然环境、时空关系及经济技术等结构与行为对土地利用方式与目的改变的重要体现^[1]，土地利用变化已成为探讨人地关系地域系统的重要切入点，并逐步成为全球变化研究的前沿和热点之一^[2]，加强该方面的研究对提高区域土地的持续利用程度及生态、经济与社会效益有重要的指导意义^[3]。

随着我国综合国力的提升及科技水平的进步，公路建设发展迅速，相关研究显示，当前我国受公路影响的国土占总面积的比重已超过 18.37%^[4]。作为承担区域交通运输等多项功能的核心载体，公路的建设对土地资源影响极为深远，并与区域土地利用

¹收稿日期：2018-04-22；修回日期：2018-05-31

基金项目：国家社会科学基金重大项目(16ZDA041)；国家自然科学基金项目(41461037、41261044、41601179、41761031)；云南省哲社创新培育团队项目(2014cxP02)；2017年云南省博士研究生学术新人奖资助项目；云南师范大学研究科研创新基金(yjs2018146)

作者简介：张磊(1990~)，男，博士研究生，主要研究方向城市与区域规划.E-mail:1291009063@qq.com

通讯作者 E-mail: youdewu@sina.com

的演变有着相互促进、相互制约的作用^[5]。一方面,大规模的公路建设在提高区域的可达性及发展区位的同时,改变了原有的地貌和土地利用形式,引起了区域土地利用的分布、强度及结构变动^[6];另一方面,土地利用的演变是区域交通需求产生的根源之一,在一定程度上促进了区域公路网络的建设与完善^[5]。

近年来,受公路与土地利用规划在建设及运营上脱节等现象影响^[5],公路网络沿线的人地矛盾逐步凸显,探究公路沿线土地利用的变化特征,实现公路交通与沿线土地利用的协调发展,已成为当前亟待解决的重要问题^[6],并引起了国内外学者的广泛关注。当前,国内外学者已分别基于土地利用的格局^[7, 8]、效应^[9~11]、景观^[12~15]、模式^[16]、驱动机制^[17~19]、生态环境^[6, 20~22]及优化重构^[23]等视角对公路沿线土地利用的变化做了大量研究。总体看来,当前研究对象侧重于高速公路、国道^[6, 12, 19]等主要客货运输及物流通道沿线,而对随旅游等发展而兴起的同时具有交通运输、旅游观光、商贸文化及生态环保等多项功能的区域性观景公路沿线区域测度不足;研究内容侧重于对土地利用的动态变化、景观格局及生态状况^[19]的分析,而对深层次土地利用程度及结构测度不足;研究区域侧重于我国中、东部经济发达的大都市区^[4, 12]及西部生态环境脆弱区^[14, 24, 25],而对西南少数民族聚居的同时具有高原湖泊生态脆弱区、民族文化多元融合区、旅游经济发展活跃区等多重叠合特征的典型区域涉及较少。

鉴于此,本研究以我国观景公路的典型代表大理洱海东环海路(简称:环海东路)为例,在GIS等技术的支撑下,综合运用土地利用动态、程度及结构变化分析模型,对其沿线土地利用的变化特征进行分析,探析该区土地利用的变化规律及存在问题,以期为其土地资源的合理配置及生态保护提供参考依据。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域

大理市环海东路初步建成通车于1996年10月^[26],南起海东镇下和村与机场路交叉口,北至上关镇东沙坪村附近与214国道交汇处,途径海东、挖色、双廊及上关4镇、41个村委会,全长58.7km,不仅是一条集洱海生态环境保护、环湖旅游观光及交通运输功能于一体的景观旅游公路,更是洱海沿线重要的生态长廊、环保屏障和景观驿站(图1a)。

环海东路沿线区域地质地形条件复杂,社会经济发展差异悬殊,为进一步识别其土地利用变化的区域差异,参照该区自然及社会经济状况,本研究整体以洱海海岸线、鸡足山西部余脉山脊线及大丽线为界,以250m为间隔,在公路左侧0~250m及右侧0~1250m范围内构建缓冲区,并将其作为本文研究区(图1b)。

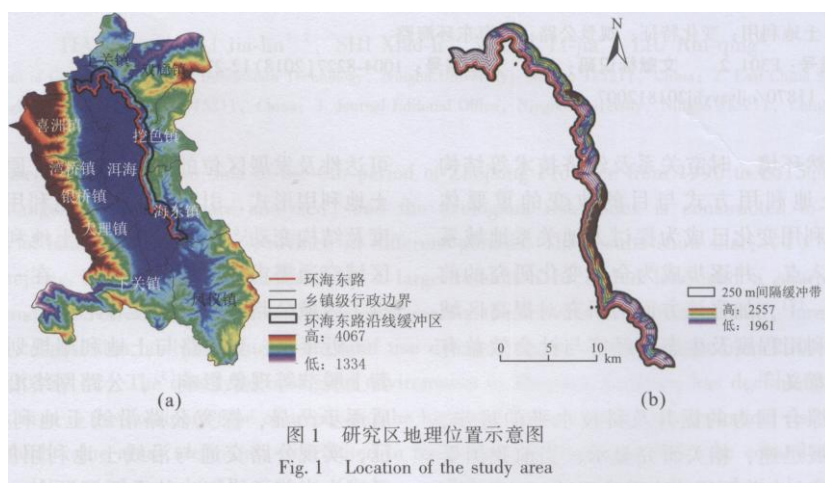
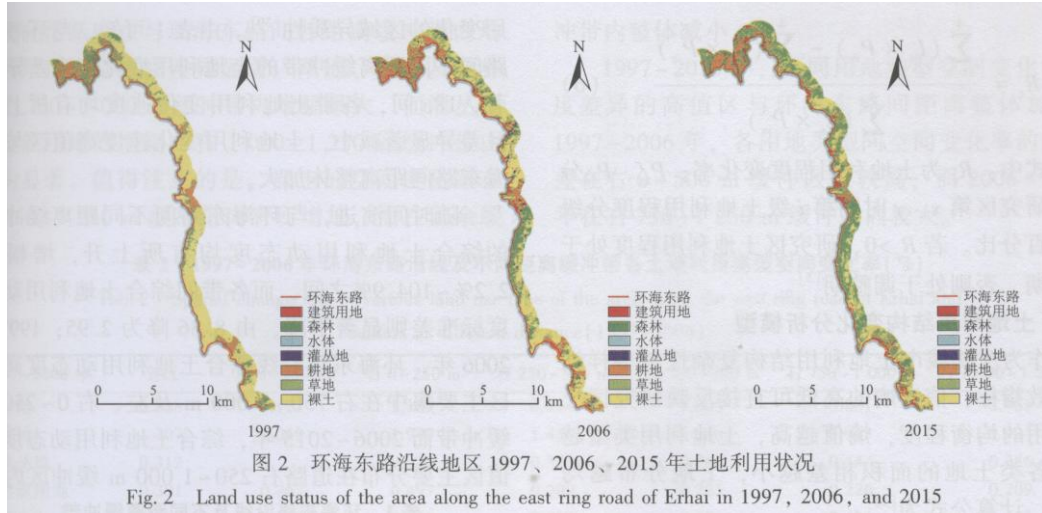


图1 研究区地理位置示意图
Fig. 1 Location of the study area

1.2 数据来源

取环海东路沿线地区 1997、2006 年 LandsatTM、ETM 遥感数据（分辨率 30m）和 2015 年的 SPOT5 卫星影像（分辨率 10m）为数据源，基于 ENVI5.3 对影像进行辐射定标、大气校正及影像拼接等预处理和波段运算，参照中国土地利用现状分类系统，结合研究区土地利用特点，将该区土地利用类型分为耕地、林地、草地、水体、灌丛地、建筑用地及裸土等 7 类（分辨率 30m）（图 2）。对解译数据分别采用该区 1:10000 地形图、1:25000 土地利用图及谷歌地球高清影像图（2015 年）及课题组通过参与式农村评估法（PRA）、GPS 地理定位等方法获取的数据进行精度验证，精度在 85%~89%之间。



2 研究方法 with 指标选取

2.1 土地利用动态变化分析模型

（1）综合土地利用动态度综合土地利用动态度是指在一定时段内研究区整体土地利用类型的变化速度，不仅可从全域分析土地利用的空间变化过程^[27]，更能进一步反映区域内的社会经济活动对其土地利用变化的综合影响^[28]。计算公式为：

$$S = \left[\sum_{i=1}^m \left(\frac{\Delta s_{i-j}}{s_i} \right) \right] \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (1)$$

式中：S 为综合土地利用动态度 s_i 为监测开始时第 i 类土地利用类型面积； Δs_{i-j} 为监测时段内第 i 类土地利用类型转为其它类土地利用类型面积总和；t 为监测时段。

（2）土地利用空间变化率

为识别一定时段内不同土地利用类型变化的剧烈度与活跃度，分析各类型用地转移与新增规模对研究区土地利用变化的影响^[27]，参照李灿等^[27]学者的研究，构建土地利用空间变化率模型。计算公式为：

$$F_i = \frac{\Delta V_i}{TLA} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (2)$$

式中： F_i 为第 i 类土地利用的空间变化率指数 ΔV_i 为研究时段内第 i 类土地利用的变化规模(包括转入与转出规模)； TIA 为研究区面积。

(3) 土地利用变化主导程度

当前，土地利用变化主导程度已成为衡量区域土地利用变化重要性的主要指标之一，可用于揭示区域土地利用变化的主要类型^[29]。计算公式为：

$$D_i = \frac{A_i}{A} \times 100\% \quad (3)$$

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \quad (4)$$

式中： D_i 为第 i 类土地利用变化类型在研究区所有变化类型中的主导程度； A_i 为第 i 类土地利用变化类型的面积； A 为研究区所有土地利用变化类型面积总和。 D_i 越大，表明第 i 类土地利用变化类型在研究区所有变化类型中的主导程度越大。在具体研究中，为突出主要变化，本文将 D_i 进行降序，并提取累积超过 70%的变化类型作为研究区主要土地利用变化类型^[29]。

2.2 土地利用程度变化分析模型

作为综合反映人类活动对区域土地利用变化影响水平的重要指标，土地利用程度多通过土地利用程度综合指数来刻画^[30]。计算公式为：

$$I = \sum_{i=1}^4 (L_i \times P_i) \times 100 \quad (5)$$

式中 I 为土地利用程度综合指数； L_i 为研究区第 i 级土地利用程度分级指数²； P_i 为研究区第 i 级土地利用程度分级面积百分比。

为进一步测度研究区土地利用程度的变化趋势，本文构建土地利用程度变化率模型。计算公式为：

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^4 (L_i \times P_{iy}) - \sum_{i=1}^4 (L_i \times P_{ix})}{\sum_{i=1}^4 (L_i \times P_{ix})} \quad (6)$$

式中： R_c 为土地利用程度变化率； P_{ix} 、 P_{iy} 分别为研究区第 x 、 y 时间第 i 级土地利用程度分级面积百分比。若 $R_c > 0$ ，研究区土地利用程度处于发展期，否则处于调整期^[5]。

2.3 土地利用结构变化分析模型

² 参照刘纪远等^[31]提出的土地利用程度综合分析方法，结合研究区实际情况进行修正，得到各土地利用类型的程度分级指数：裸土为 1；林地、灌丛地、草地及水体为 2；耕地为 3；建筑用地为 4。

作为反映城市土地利用结构复杂性与多样性

的有效指标，信息熵的高低可直接反映研究区土地利用的均衡程度，熵值越高，土地利用类型越多，各类土地的面积相差越小，土地分布越均衡^[5]。计算公式为^[32]：

$$H = - \sum_{i=1}^n (W_i \times \log W_i) \quad (7)$$

式中：H 为研究区土地利用结构信息熵；W_i 为第 i 类土地利用类型面积占研究区土地利用总面积的比重。

在实际应用中，研究区不同发展阶段的土地利用类型存在差异，为弥补信息熵缺乏可比性的不足，本文引入均衡度指数，以反映区域土地利用的均质性差异^[5]。计算公式为^[32]：

$$J = \frac{H}{\log(n)} \quad (8)$$

式中：J 为研究区土地利用结构均衡度指数，其实质是信息熵与其最大值之比，取值介于 0~1 之间，其值越大表明研究区土地利用的均质性越强。

3 结果与分析

3.1 土地利用动态变化分析

3.1.1 综合土地利用动态分析

① 对环海东路沿线综合土地利用动态度的研究表明随时间演进，研究区土地利用变化速度整体加快，社会经济发展对该区土地利用的影响日趋增强（表 1）。

表 1 环海东路沿线及不同距离缓冲带 综合土地利用动态度(%)

Tab. 1 Comprehensive land use dynamic degree of the area along the east ring road of Erhai and buffers at different distance (%)

综合土地利用动态度	1997 ~ 2006 年	2006 ~ 2015 年
全区	23.77	40.04
左 0~250 m	27.45	45.38
右 0~250 m	31.10	43.74
右 250-500 m	23.04	47.21
右 500 ~ 750 m	27.52	49.48
右 750 ~1 000 m	49.23	50.29
右 1 000-1 250 m	33.06	42.05

1997~2006 年, 研究区综合土地利用动态度为 23.77, 土地利用变化速度相对平缓; 相较于前一时期, 2006~2015 年研究区综合土地利用动态度升至 40.04, 土地利用变化速率增幅超过 65%, 受人类活动的影响显著增强。

② 人类活动的区域差异性直接导致了土地利用变化的区域异质性^[30]。由表 1 可知, 与环海东路间不同距离缓冲带的土地利用变化速度差异显著, 18a 间, 各带土地利用变化速度均有所上升且差异显著减小, 土地利用变化速度高值区与环海东路间距离整体加大。

随时间演进, 与环海东路间不同距离缓冲带的综合土地利用动态度均有所上升, 增幅在 2.2%~104.9%之间, 而各带间综合土地利用动态度标准差则显著下降, 由 8.36 降为 2.95; 1997~2006 年, 环海东路沿线综合土地利用动态度高值区主要集中在右 750~1000m 及左、右 0~250m 缓冲带而 2006~2015 年, 综合土地利用动态度高值区主要分布在道路右 250~1000m 缓冲区内。

3.1.2 土地利用空间变化率分析

① 基于公式(2)对环海东路沿线不同用地类型的空间变化率进行测度(表 2、表 3)。发现, 研究区空间变化剧烈的区域主要集中在森林、裸土及耕地等用地类型上; 随时间演进, 除裸土外, 其余用地类型的空间变化活跃度均上升, 建筑用地、耕地及森林增幅尤为显著; 1997~2015 年, 不同用地类型的空间变化活跃度差异整体扩大, 各用地类型空间变化率的标准差由 0.97 升至 1.18。

② 由表 2、3 可知, 各用地类型的空间变化活跃度随着与环海东路间距离的变动发生分化, 草地、耕地、建筑用地及森林空间变化率的最高值均在右 0~250m 缓冲带, 灌丛地最高值在右 750~1000m 内, 水体在左 0~250m 内; 18a 间, 森林、裸土及耕地一直是与环海东路间各距离缓冲带内空间变化最为剧烈的用地类型, 与研究区整体的一致性较强。

随时间演进, 除裸土外, 其余用地类型的空间变化活跃度在与环海东路间各距离缓冲带内均有所增加, 且增幅差异显著。草地、耕地及森林在右 750~1000m 缓冲带内增幅最大, 而灌丛地和建筑用地的增幅在右 1000~1250m 缓冲带内最为显著, 值得注意的是, 裸土的空间变化率在右 750~1250m 缓冲带内有所增加, 而在其余缓冲带内整体减小。

1997~2015 年, 不同用地类型空间变化活跃度差异的高值区与环海东路间距离整体加大。1997~2006 年, 各用地类型间空间变化率的标准差在右 0~500m 缓冲区内较高, 而 2006~2015 年在右 750~1250m 缓冲区内较大。

表 2 1997~2006 年环海东路沿线及不同距离缓冲带各土地利用类型空间变化率(%)

Tab. 2 Spatial change rate of various land use type of the area along the east ring road of Erhai and buffers at different distance (1997~2006)

1997~2006 年	全区	左 0~250m	右 0~250m	右 250~500m	右 500~750m	右 750~1000m	右 1000~1250m
草地	0.818	0.123	1.169	0.924	1.005	0.831	0.761
耕地	1.307	1.069	1.949	1.45	1.136	0.943	0.924
灌丛地	0.312	0	0.33	0.329	0.286	0.44	0.356
建筑用地	0.301	0.262	0.497	0.299	0.225	0.226	0.209
裸土	2.386	0.765	2.838	2.818	2.671	2.43	2.423
森林	2.731	1.592	3.629	3.119	2.596	2.318	2.534
水体	0.132	0.51	0.098	0.018	0.011	0.009	0.008

表 3 2006-2015 年环海东路沿线及不同距离缓冲带各土地利用类型空间变化率(%)

Tab. 3 Spatial change rate of various land use type of the area along the east ring road of Erhai and buffers at different distance (2006-2015)

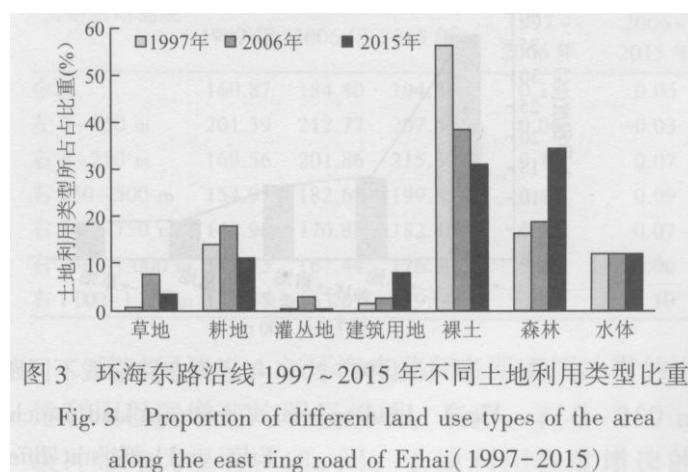
2006~2015 年	全区	左 0~250m	右 0~250m	右 250~500m	右 500~750m	右 750~1000m	右 1000~1250m
草地	0.931	0.121	1.227	1.085	1.142	1.016	0.898
耕地	1.787	1.455	2.257	1.868	1.784	1.56	1.344
灌丛地	0.316	0.084	0.335	0.333	0.288	0.447	0.364
建筑用地	0.701	0.377	1.196	0.76	0.605	0.46	0.626
裸土	2.319	0.481	2.305	2.677	2.566	2.79	2.907
森林	3.72	1.981	4.068	3.861	3.739	3.944	3.827
水体	0.174	0.627	0.118	0.072	0.029	0.028	0.026

3.1.3 土地利用变化方向与主导度分析

基于 ArcGIS 平台可获取环海东路沿线不同时段土地利用状况及转移矩阵, 由公式 (3) (4) 可对其土地利用组合及变化的方向与主导度进行测度。

①由图 3 可知, 环海东路沿线土地利用整体以裸土与森林为主, 随时间演进, 不同用地类型变动幅度差异显著。18a 间, 研究区裸土面积持续缩减, 在土地利用组合中的比重由 56.12%降至 31.03%, 而森林与建筑用地面积显著增加, 在 2006~2015 年增幅尤为显著; 耕地面积呈先增后减, 整体减少的态势而水体面积较为稳定, 变动幅度不足 0.1%。

1997~2015 年, 环海东路沿线土地利用变动显著, 变动面积达 39568332.3m², 占研究区总面积的 50.02%, 其中, 前 9a 土地利用变动相对较小, 变动面积占研究区的 35.94%, 而后 9a 土地利用变动显著提升, 变动比升至 44.76%, 表明研究区土地组合的稳定性整体下降。18a 间, 研究区的土地利用变动整体经历了由以裸土、森林转为森林、耕地及草地为王向以裸土、耕地、草地转为森林及建筑用地为主的演进 (表 4)。



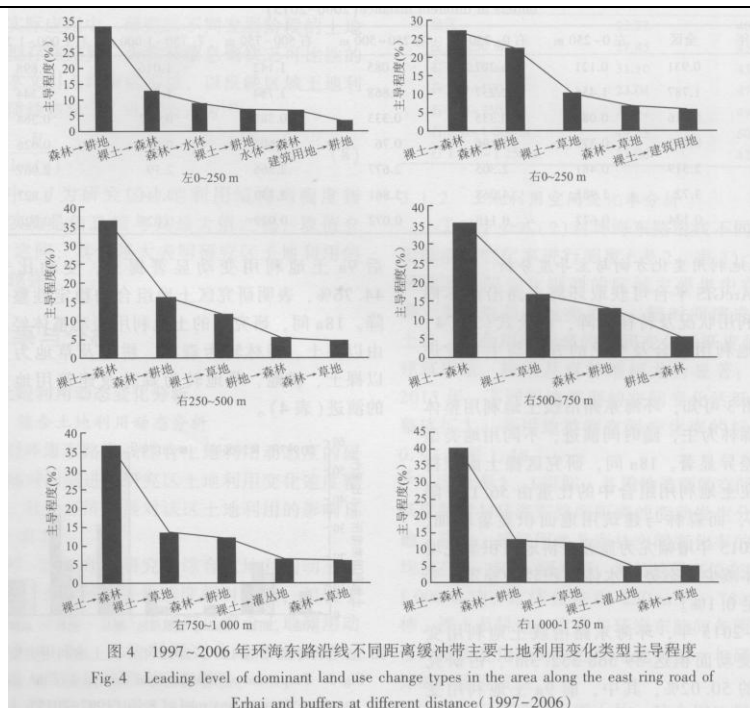
②由图 4、5 可知, 不同时段内, 与环海东路间各距离缓冲带间的主要土地利用变动类型一致性较强。1997~2006 年, 在左

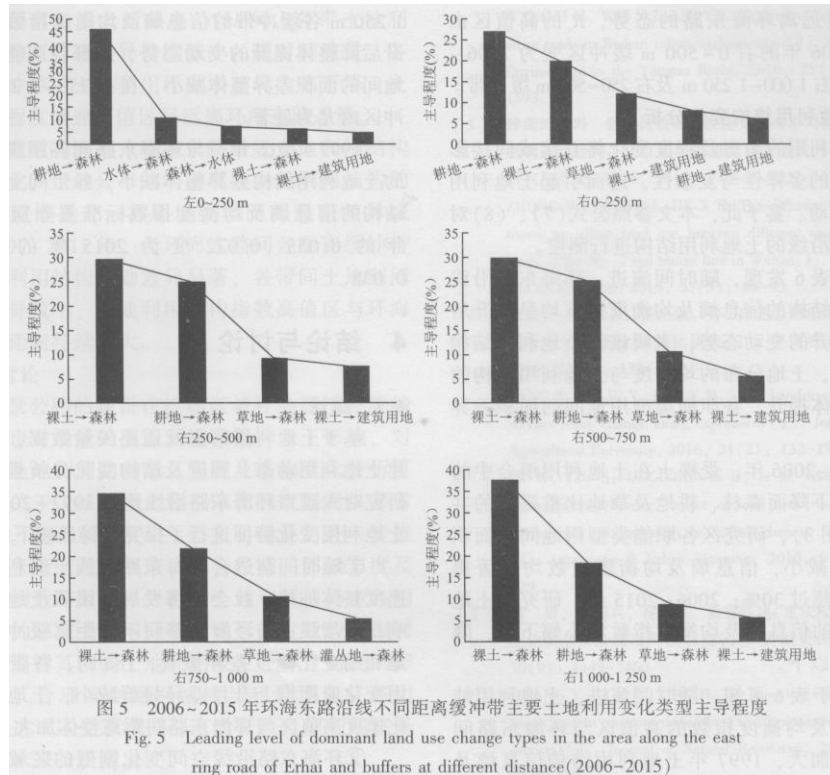
0~250m 及右 0~500m 缓冲带内的土地利用变动类型以裸土、森林转变为森林、耕地为主,而在右 500~1250m 缓冲范围内以裸土、森林转为森林、草地为主;2006~2015 年,在左 0~250m 缓冲带内以耕地、裸土转变为森林及建筑用地为主,而在右 0~1250m 缓冲范围内整体以裸土、耕地、草地转为森林及建筑用地为主。

表 4 环海东路沿线 1997-2015 年土地利用变化的主要类型

Tab.4 Main types of land use the changes in the area along the east ring road of Erhai(1997-2015)

时段	变化类型	变化面积 (m ²)	P _i (%)
1997-2006 年	裸土→森林	9113331.925	32.05
	森林→耕地	5075299.815	17.85
	裸土→草地	3225080.014	11.34
	森林→草地	1426404.985	5.02
	耕地→森林	1143708.186	4.02
	以上累计	19983824.93	70.28
	其他变化	8450448.175	29.72
	合计 (36 类变化)	28434273.1	100
2006-2015 年	裸土→森林	10703320.05	30.22
	耕地→森林	7783975.937	21.98
	草地→森林	3366459.246	9.51
	裸土→建筑用地	2434816.831	6.88
	灌丛地→森林	1434275.166	4.05
	以上累计	25722847.23	72.64
	其他变化	9689422.443	27.36
	合计 (37 类变化)	35412269.68	100





随时间演进，与环海东路间各距离缓冲带内的主要土地利用变动类型差异逐步凸显。其中，在左 0~250m 及右 0~500m 缓冲带内由以裸土、森林转为森林、耕地为主变为以裸土、耕地转为森林、建筑用地为主，不仅表明生态保护与质量提升一直是该区土地利用的重点也体现出其土地利用与开发程度不断加深；在右 500~1250m 缓冲带内由以裸土、森林转为森林、草地为主变为以裸土、耕地、草地转为森林、建筑用地为主，表明，1997~2006 年该区土地利用以生态的恢复与保护为主，2006~2015 年生态保护与质量提升仍为该区土地利用的重点，与此同时，受该区社会经济与基础设施的发展及大理市“海东开发”等政策日趋完善的共同驱动，该区土地利用与开发的程度显著加深。

3.2 土地利用程度变化分析

土地利用的动态变化必然引起其利用程度的转变，基于公式（5）、（6），本研究对环海东路沿线的土地利用程度进行测度。

① 由表 5 发现，随时间演进，环海东路沿线土地利用程度持续上升，人类活动对土地利用的影响持续增强；相较于 1997~2006 年，2006~2015 年研究区土地利用程度变化率大幅降低，土地利用程度的增速显著放缓。

② 基于表 5 可知，与环海东路间各距离缓冲带的土地利用程度存在差异，整体随与环海东路间距离的增大而减小；随时间演进，各距离缓冲带的土地利用程度均有所上升，在右 0~500m 缓冲区内尤为突出；1997~2015 年，各距离缓冲带间的土地利用程度差异持续减小，土地利用程度综合指数标准差由 20.77 降至 14.9。

随时间演进，与环海东路间各距离缓冲带的土地利用程度增速均明显放缓，在左、右 0~250m 缓冲带尤为显著；18a 间，土地利用程度增速的高值区呈远离环海东路的态势，尺的高值区由 1997~2006 年的右 0~500m 缓冲区变为 2006~2015 年的右 1000~1250m 及右 250~500m 缓冲带。

表 5 环海东路沿线及不同距离缓冲带土地 利用程度及变化指数

Tab. 5 Land use degree and change index in the area along the east ring road of Erhai and buffers at different distance

土地利用程度	综合指数 I			变化率 R _c	
	1997 年	2006 年	2015 年	1997 ~ 2006 年	2006 ~ 2015 年
全区	160.87	184.40	194.51	0.15	0.05
左 0~250 m	201.39	212.77	207.44	0.06	-0.03
右 0~250 m	169.56	201.86	215.59	0.19	0.07
右 250 ~ 500 m	154.97	182.60	199.85	0.18	0.09
右 500 ~ 750 m	147.96	170.86	182.40	0.15	0.07
右 750~1 000 m	143.73	167.44	176.80	0.16	0.06
右 1 000~1 250m	141.35	163.07	179.09	0.15	0.10

3.3 土地利用结构变化分析

土地利用的动态及程度变化将直接或间接影响其利用的多样性与复杂性,进而引起土地利用结构的变动。鉴于此,本文参照公式(7)、(8)对环海东路沿线的土地利用结构进行测度。

① 由表 6 发现,随时间演进,环海东路沿线土地利用结构的信息熵及均衡度指数均呈先升后降整体提升的变动态势,表明该区土地利用结构变动显著,土地分布的均衡度与土地利用结构的均质性整体提升,各职能类型用地间的面积差异整体减小。

1997~2006 年,受裸土在土地利用组合中的比重大幅下降而森林、耕地及草地比重提升的共同驱动(图 3),研究区各职能类型用地间的面积差异有所减小,信息熵及均衡度指数均显著提升,增幅超过 30%;2006~2015 年,研究区土地利用结构的信息熵及均衡度指数均小幅下降,降幅在 15%以下。

表 6 环海东路沿线及不同距离缓冲带 土地利用结构指数

Tab. 6 Land use structure index in the area along the east ring road of Erhai and buffers at different distance

土地利用结构	1997 年		2006 年		2015 年	
	信息熵	均衡度	信息熵	均衡度	信息熵	均衡度
全区	0.533	0.630	0.708	0.838	0.606	0.717
左 0~250 m	0.446	0.574	0.459	0.543	0.410	0.527
右 0~250 m	0.505	0.598	0.684	0.809	0.543	0.643
右 250 ~ 500 m	0.426	0.504	0.637	0.753	0.529	0.626
右 500 ~ 750 m	0.380	0.450	0.593	0.702	0.510	0.604
右 750~1 000 m	0.353	0.418	0.585	0.692	0.489	0.578
右 1 000~1 250 m	0.353	0.417	0.565	0.668	0.488	0.577

② 基于表 6 可知,随时间演进,土地利用结构信息熵及均衡度指数的高值区与环海东路间距离整体加大,1997 年土地利

用结构信息熵及均衡度指数的高值区在左、右 0~250m 缓冲带, 2006 年在右 0~500m 缓冲带而 2015 年在右 0~500m 缓冲带的基础上进一步向右 500~750m 缓冲带扩展。

18a 间, 与环海东路间各距离缓冲带的土地利用结构变动差异显著, 受森林、水体在土地利用组合中的比重显著提升驱动, 左 0~250m 缓冲带的信息熵及均衡度指数整体下降, 而右 0~1250m 各缓冲带的信息熵及均衡度指数均呈先升后降整体提升的变动态势, 内部各职能类型用地间的面积差异整体减小, 在右 750~1250m 缓冲区内尤为显著。

1997~2015 年, 与环海东路间各距离缓冲带的土地利用结构差异整体减小, 各带间土地利用结构的信息熵及均衡度指数标准差分别由 1997 年的 0.055、0.072 变为 2015 年的 0.043、0.038。

4 结论与讨论

4.1 结论

基于土地利用信息及道路矢量数据, 通过构建土地利用动态、程度及结构变化分析模型, 本研究对大理市环海东路沿线地区 1997-2015 年的土地利用变化特征进行了探究, 得出以下结论:

① 随时间演进, 环海东路沿线土地利用变化速度整体加快, 社会经济发展对该区土地利用影响日趋增强; 与环海东路间不同距离缓冲带的土地利用变化速度差异显著, 18a 间, 各带土地利用变化速度均上升且差异显著减小, 土地利用变化速度高值区与环海东路间距离整体加大。

② 环海东路沿线空间变化剧烈的区域主要集中在森林、裸土及耕地等用地类型上, 随时间演进, 除裸土外, 其余用地类型的空间变化活跃度均上升, 不同地类空间变化活跃度的差距整体扩大; 各用地类型的空间变化活跃度随着与环海东路间距离的变动发生分化, 18a 间, 森林、裸土及耕地一直是各距离缓冲带内变动最为活跃的用地类型; 随时间演进, 除裸土外, 其余用地类型的空间变化活跃度在各距离缓冲带内均上升, 不同地类空间变化活跃度差异的高值区与环海东路间距离整体加大。

③ 18a 间, 环海东路沿线土地利用变动显著, 整体经历了由以裸土、森林转为森林、耕地及草地为主向以裸土、耕地、草地转为森林及建筑用地为主的演进; 不同时段内, 与环海东路间各距离缓冲带的主要土地利用变动类型一致性较强, 随时间演进, 各带内的主要土地利用变动差异逐步凸显。

④ 1997-2015 年, 环海东路沿线土地利用程度持续上升, 但增速显著放缓; 与环海东路间各距离缓冲带的土地利用程度存在差异, 整体随与道路间距离的增大而减小, 18a 间, 各带土地利用程度均上升且差异持续减小; 随时间演进, 各距离缓冲带的土地利用程度增速均大幅下降, 土地利用程度增速高值区呈远离环海东路态势。

⑤ 随时间演进, 环海东路沿线土地利用结构整体优化, 土地分布的均衡度与土地利用结构的均质性整体提升, 各用地类型间的面积差异减小; 1997-2015 年, 与环海东路间各距离缓冲带的土地利用结构变动差异显著, 各带间土地利用结构差异减小, 土地利用结构指数高值区与环海东路间距离持续加大。

4.2 讨论

观景公路的建设在推动区域社会经济发展的同时, 也对沿线的土地利用变化产生了影响, 对其沿线土地利用的动态、程度及结构变化分析可为后续关于区域交通土地一体化的规划提供参考与依据。随海东开发和生态文明建设的进一步推进, 综合考虑政府政策、社会经济、邻域丰度及地形位指数等因子, 分析在土地利用格局中各用地类型的邻域关系与分布的地形梯度效应,

探讨环海东路对其沿线土地利用及生态综合功能的影响过程，合理规划路网结构与建设用地扩张边界，促进该区生态维护与土地资源合理利用将是本研究未来分析重点。

参考文献:

[1] 吕晓, 史洋洋, 黄贤金, 等. 江苏省土地利用变化的图 谱特征[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1077-1084.

LVX, SHI YY, HUANG X J, et al. Geo-spectrum characteristics of land use change in Jiangsu province, China [J]
• Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(4) : 1077-1084.

[2] 罗开盛, 李仁东. 长沙市近 10 年土地利用变化过程与未 来趋势分析[J]. 中国科学院大学学报, 2014, 31(5): 632-639.

LUO K S, LI R D. Land-use change process in recent ten years and trend analysis in Changsha in future[J]. Journal
of University of Chinese Academy of Sciences, 2014, 31(5) : 632-639.

[3] 张静, 任志远. 秦巴山区土地利用时空格局及地形梯度 效应[J]. 农业工程学报, 2016, 32(14): 250-257. ZHANG J, REN Z
Y. Spatiotemporal pattern and terrain gradient effect of land use change in Qinling-bashan mountains [J].
Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(14) : 250-257.

[4] 王慧敏, 危小建, 刘耀林. 武汉城市圈公路沿线土地利用 变化规律分析[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(10):
1585-1593.

WANG H M, WEI X J, LIU Y L. Analysis of land use change along roads in Wuhan urban agglomeration [J]. Resources
and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(10): 1585 - 1593.

[5] 钟奕纯, 冯健, 何晓蓉. 轨道交通对不同区段土地利用 影响差异研究——以武汉轨道交通 2 号线为例[J]. 地域 研究与开发,
2016, 35(5): 86-93.

ZHONG Y C, FENG J, HE X R. The different impacts of rail transit on urban land use between different sections: A
case study of the No. 2 rail transit line in Wuhan[J]. Areal research and development, 2016, 35(5) : 86-93.

[6] 唐秀美, 刘玉, 任艳敏, 等. 高速公路沿线土地利用及 生态系统服务价值变化研究[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(2) :
132-139.

TANG X M, LIU Y, REN Y M, et al. Land use and ecosystem service value change along expressway [J] • Journal of
China Agricultural University, 2016, 21(2) : 132-139.

[7] FU W, LIU S, DEGLORIA S D, et al. Characterizing the “fragmentation-barrier” effect of road networks on landscape
connectivity: A case study in Xishuangbanna, southwest China [J]. Landscape & Urban Planning, 2010, 95(3): 122 -
129.

[8] 黄勇, 李阳兵, 应弘. 渝宜高速(重庆段)对土地利用 变化驱动及景观格局的响应[J]. 自然资源学报, 2015, 30(9) :
1449-1460.

HUANG Y, LI Y B, YING H. The land use change and land-scape pattern response driven by YU-YI expressway (Chongqing section) [J] • Journal of Natural Resources, 2015, 30 (9): 1449-1460.

[9] 吕晓芳, 王仰麟, 彭建, 等. 深圳快速城市化地区公路 沿线土地利用空间集聚 U]. 地理学报, 2008, 63(8): 845-855.

LV X F, WANG Y L, PENG J, et al. Spatial concentration characteristics of urban land use along highways in rapidly urbanized region of Shenzhen [J] • Acta Geographica Sinica, 2008, 63(8) : 845-855.

[10] 朱建军, 崔保山, 姚华荣, 等. 纵向岭谷区公路沿线土地 利用变化与扩展效应[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 507-515.

ZHU J J, CUI B S, YAO H R, et al. Landuse changes and expansion effects caused by road construction in longitudinal range-gorge region [J]. Journal of Natural Resources, 2006, 21(4) : 507-515.

[11] CERVERO R, KANG C D. Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea [J]. Transport Policy, 2011, 18(1) : 102-116.

[12] 张映雪, 莫文波, 王勇, 等. 北京市高速公路周边土地 利用变化对景观格局的影响[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(1) : 28-38.

ZHANG Y X, MO W B, WANG Y, et al. Impacts of land use changes on landscape patterns around expressways in Beijing [J]. Journal of Geo-information Science, 2017, 19(1) : 28-38.

[13] WU C F, LIN Y P, CHIANG L C, et al. Assessing highway' s impacts on landscape patterns and ecosystem services: A case study in Puli Township, Taiwan [J]. Landscape&Urban Planning, 2014, (128) : 60-71.

[14] 林勇明, 葛永刚, 王道杰, 等. 山区县乡公路建设对沿线 景观格局的影响研究——以昆明市东川区蒋家沟小流域为 例[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(10): 1566- 1575.

LIN Y M, GE Y G, WANG D J, et al. Impacts of county road construction on landscape pattern along the roads in mountainous area — A case study in Jiangjia watershed, Dongchuan district, Kunming city [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(10) : 1566-1575.

[15] RAMON R, EVELYN U, TONUO, et al. Urbanisation-related landscape change in space and time along spatial gradients near roads: A case study from Estonia [J]. Landscape Research, 2015, 40(2): 192-207.

[16] 徐磊. 交通引导下的武汉城市圈土地利用模式研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.

XU L. Research on the pattern of land-use in Wuhan urban agglomeration under the guidance of transprotation [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2012.

[17] CHRIS M, ANDREW H, KURT S. The impact of interstate highways on land use conversion [J] • The Annals of Regional Science, 2013, 51: 833-870.

[18] 刘世梁.道路景观生态学研究[M].北京:北京师范大学出版社,2011:136-141.

LIU S L. Road landscape ecology research [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2011: 136-141.

[19] 胡金晓,朱明,濮励杰,等.交通道路对区域土地利用变化的影响研究进展[J].长江流域资源与环境,2018,27(1):205-214.

HU J X, ZHU M, PU L J, et al. Progress of the research on the influence of traffic road on regional land use change [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(1): 205-214.

[20] YANG Y, YANG J Y, ZHAO T Z, et al. Ecological restoration of highway slope by covering with straw-mat and seeding with grass-legume mixture[J]. Ecological Engineering, 2016, 90: 68-76.

[21] RICHARD T, T FORMAN. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States [J]. Conservation Biology, 2001, 14(1): 31-35.

[22] EKER M, COBAN H O. Impact of road network on the structure of a multifunctional forest landscape unit in southern Turkey [J]• The Journal of Environmental Biology, 2010, 31(1-2): 157-168.

[23] 闫恒.高速公路建设中土地资源集约利用对策研究——以河南省为例[J].中州学刊,2007,(2):36-40.

YAN H. Intensive utilization of land resources in the construction of highway countermeasure research [J]. Academic Journal of Zhongzhou, 2007, (2): 36-40.

[24] 张镜铨,阎建忠,刘林山,等.青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响——以格尔木至唐古拉山段为例[J].地理学报,2002,57(3):253-266.

ZHANG Y L, YAN J Z, LIU L S, et al. Impact of Qinghaixizang highway on land use and landscape pattern change: from Golmud to Tanggulasan pass [J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(3): 253-266.

[25] 张景华,封志明,姜鲁光,等.道路干扰对澜沧江流域景观格局的影响[J].自然资源学报,2013,28(6):969-980.

ZHANG J H, FENG Z M, JIANG L G, et al. Effect of road disturbance on landscape pattern in the Lancang river valley [J]. Journal of Natural Resources, 2013, 28(6): 969-980.

[26] 大理白族自治州地方志编纂委员会.州人民政府决定修建洱海东环海路[Z].大理州年鉴,1996:155.

LOCAL DISTINCTIVE COMMITTEE OF DALI BAI AUTONOMOUS PREFECTURE. State People's Government decides to build east ring road of Erhai[Z] • Dali State Yearbook, 1996: 155.

[27] 李灿,吴顺辉,孙传淳,等.经济开发区土地利用格局演变的微尺度分析——以广东清远开发区为例[J].西南师范大学学报(自然科学版),2016,41(8):87-94.

LI C, WU S H, SUN C Z, et al. On micro-scale analysis of economic development zone land use pattern change—A case study of Qingyuan development zone in Guangdong[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition) ,2016, 41(8) : 87-94.

[28] 韩会然, 杨成凤, 宋金平. 北京市土地利用变化特征及驱动机制[J]. 经济地理, 2015, 35(5): 148-154.

HAN H R, YANG C F, SONG J P. The spatial-temporal characteristic of land use change in Beijing and its driving mechanism[J]. Economic Geography, 2015 , 35(5): 148 - 154.

[29] 赵敏, 程维明, 黄坤, 等. 基于地貌类型单元的京津 冀近 10a 土地覆被变化研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(2) : 252-264.

ZHAO M, CHENG W M, HUANG K, et al. Research on land cover change in Beijing-Tianjin-Hebei region during the last 10 years based on different geomorphic units [J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(2) : 252-264.

[30] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 1976 年以来北洛河流域土地 利用变化对人类活动程度的响应[J]. 地理学报, 2014, 69(1) : 54-63.

WU L N, YANG ST, LIU X Y, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo river basin since 1976 [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69 (1) : 54-63.

[31] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北 京: 中国科学技术出版社, 1996.

LIU J Y. The macro investigation and dynamic research of the ——[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1996.

[32] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述: 从信息熵到分数维 U]. 地理研究, 2001, 20(2): 146- 152.

CHEN Y G, LIU J S. An index of equilibrium of urban land-use structure and information dimension of urban form [J]. Geographical Research, 2001, 20(2) : 146-152.