

纵向岭谷区沿边地带的生态环境变化 及其空间扩散研究

甘 淑 何大明 冯 彦 邓卿艳 陈文华

(云南大学亚洲国际河流中心, 昆明 650091. E-mail: ganshu@ynu.edu.cn)

摘要 选取纵向岭谷区沿边地带为研究区域, 基于 LUCC 遥感监测数据及相关资料的收集处理, 利用空间分析技术与方法, 对该特殊地区的生态环境变化及其空间扩散效应进行分析探讨, 目的在于揭示自然与人为双重作用下的边境地带地表覆盖景观模式、环境时空变化规律, 为边境地带的生态安全调控提供基础依据. 研究得出: 纵向岭谷区沿边地带地表覆盖总体以林地为基质, 以其他斑块为镶嵌体的景观模式; 在自然与人为双重作用下, 该格局各类型之间存在着必然的动态变化与转换关系; 边境 25 个县市, 随其内部自然环境、社会经济发展与管理调控水平不同, 表现为其环境变化空间扩散所受阻力差异而呈现出空间片区集聚效应.

关键词 纵向岭谷区 沿边地带 生态环境 LUCC 空间扩散

沿边地带作为人为确定的相关管理边界地域范围, 具有特殊的政治、社会经济与生态安全意义. 但从自然属性考虑, 沿边地带具有环境空间结构、过程及功能的连续与整体性. 如在结构方面, 可能存在总体景观格局上具有大致相同的基质-斑块-廊道-镶嵌体模式, 或相邻地区的同类生态系统可能具有一定程度的生物组分与环境状况的相似性、过度性等特征. 表现特别明显的如河道、地性线(包括自然山脊、河谷、山脉等的空间延伸)等线性要素或廊道^[1], 无论人为确定边境国界的具体空间位置如何, 这些要素必然客观地具有明显的空间整体连续性, 而且该空间连续性还可能潜在着其他相关系列环境变化过程及其功能效应作用等.

景观格局与过程分析是探索与揭示区域地表生态环境空间规律的重要研究方法^[2,3]. 现代地理空间信息科学的发展, 以及基于对地观测土地利用/覆盖遥感监测与 GIS 空间数据分析及管理的综合应用, 为开展全球与区域各尺度上的景观格局与过程的研究提供了有力的技术支撑^[4~6]. 本研究将应用这些方法与技术支撑, 对纵向岭谷区沿边地带的生态环境结构及变化过程进行分析探讨, 并综合沿边地带各行政辖区内的有关自然环境条件、交通状况、口岸分布等阻力要素的考虑, 探讨沿边地带各县市的生态环

境空间扩散模式. 研究的目的在于揭示自然与人为双重作用下的边境地带地表覆盖景观模式、环境时空变化规律, 为边境地带的生态安全调控提供基础依据.

1 研究区概况

研究涉及区域为纵向岭谷区沿边地带云南省境内 25 个县市. 依据遥感调查资料统计结果, 研究区面积为 $8.99 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占云南省总面积的 22.8%. 研究区与缅甸、老挝、越南三国接壤, 边境线长达 4061 km, 是云南乃至中国通往东南亚的主要门户^[7,8]. 沿边地带云南省境内 25 个县市的行政界线空间范围自滇西至滇南呈环状展布(图 1).

据 2003 年的统计资料, 研究区人口 586.22 万, 占云南省总人口的 13.4%. 边境 25 个县市有 22 个属于民族自治县, 为多民族集聚的地带, 少数民族比例高于全省, 全省 52 个民族几乎在研究区均有分布, 且有 6 个民族跨境而居^[9]. 另据 2003 年统计资料显示, 研究区 GDP 总值为 210.96 亿元, 仅占云南省的 8.56%, 人均 GDP 为 3661 元, 低于云南省同期水平(5619 元). 目前, 随着沿边地带的改革开放, 在研究区中已建设有多个不同层次的边贸口岸或经济开发区, 其中瑞丽、畹町、磨憨、天保、河口、金水河、腾冲猴桥、景洪港、版纳机场等 7 个为一类口岸;



图 1 研究区示意图

打洛、孟连、孟定、章凤、盈江、片马、南伞、田蓬、沧源等 9 个为二类口岸，另外还有其它一些规划在建的口岸。

2 研究方法与技术

土地利用/土地覆盖是目前衡量空间区域生态环境状况的最有效指标^[10]。从景观生态学的多层次理论认识，土地利用/土地覆盖变化可能发生在不同的时空尺度下，导致不同尺度下的 LUCC 具有不同的结构模式、演变过程及动力机制^[11]。其中，土地利用/覆盖变化的类型分析是景观空间格局研究，以及地表覆盖景观过程与机制分析的基础^[12]。目前已经有大量的应用实践表明，3S 技术对研究较短时期的 LUCC 变化过程是十分有效的方法^[13,14]。在本研究中，结合遥感监测技术应用的可能，将探讨的尺度确定在沿边境地带这一景观层次上。依据研究区的山地土地利用特性，兼顾考虑 TM 遥感监测的空间分辨率可能，将研究区地表土地利用/覆盖分类体系确定为林地、草地、旱地、水田、水域、建设用地及未利用土地等 7 种景观类型。基于 TM 遥感监测信息提取技术，获得研究区两个时段的沿边境 25 个县市 7 种景观覆盖类型数据。另外，考虑研究区 25 个县市的分布涉及范围较广泛，为了对不同空间分布地带的景观格局状况与特性、规律进行深入探讨，研究中利用了 1995 年和 2000 年两个时段的沿边境地带分县为单位的 LUCC 类型遥感监测结果，结合各边境县/市的具体空间定位，依据其与邻国的空间连接关

系，以及从北向南，从西向东的次序考虑，开展了沿边境地带分片区的景观结构与格局探讨。

空间扩散是指区域地理系统内部的物质、能量和信息遵循着区域地理结构，由集聚部位向周围扩散的过程。扩散功能的发挥，依赖于区域地理场的作用特性。一般而言，自然条件优越、资源集中、交通方式便利、人口密集、技术发达、经济水平高的地点，其区域地理场作用强，则其空间扩散效应亦强，反之则弱，即对区域地理场作用强度状况的评判是分析空间扩散作用的关键所在。具有不同阻力作用的分布点，其空间扩散模式必然存在差异^[15]。目前，在地球空间信息科学中，对于不同地理要素类型的空间扩散研究通常是利用邻近度空间分析方法进行探讨的，而在 GIS 技术中，缓冲区空间分析工具可直接用于解决该邻近度问题^[16]。在本研究中，结合研究，开展所确定的空间尺度及资料收集情况，考虑到城镇居民点作为区域内有关人类进行生产、生活及交通等集中的节点效应，它相对于周边环境过程具有重要的中心控制影响与服务作用。因此，将各县市行政辖区内的城镇位置点抽象为代表该辖区内驱动环境变化过程的空间扩展中心，结合辖区内有关自然环境条件、交通状况、口岸分布等地理场强要素或阻力的综合评价，对不同县市的自然及社会环境状况进行阻力指标量化处理，并就不同县市的空间扩散阻力差异进行对比分析，尝试运用 GIS 空间抽象方法与技术处理；探讨沿边境地带各县市客观存在的生态环境状况差异，揭示沿边境地带各县市的空间扩散模式与规律。

3 研究区生态环境格局与变化分析

3.1 LUCC 类型结构分析

基于两个时段的沿边境 25 个县市的 7 种景观覆盖类型数据成果，首先开展了对研究区土地覆盖类型的总体状况结构分析。初步结果(图 2)表明：无论是 1995 年还是 2000 年，研究区在总体上都表现出以林地绝对覆盖优势，而其他依次以草地、旱地、水田、水域、建设用地等为斑块或镶嵌体分布其中。亦即在景观空间格局方面，表现出以林地为基质，而以草地、旱地、水田、水域、建设用地等为斑块或镶嵌体的景观结构特征与格局模式。

3.2 分片区分析与探讨

依据空间分布及地理特性，将沿边境 25 个县市划分为 5 个片区进行相应的分析探讨。

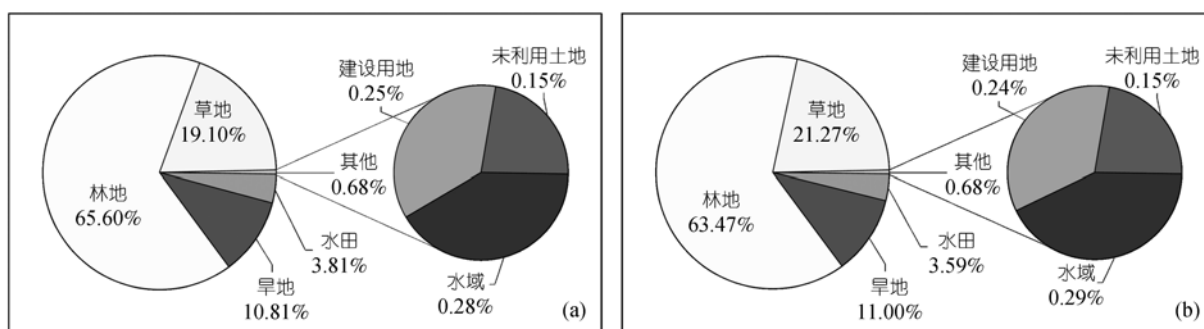


图2 1995年(a)与2000年(b)土地覆盖景观类型结构对比示意图

() 由贡山、福贡、泸水组成的第一片区, 空间分布于云南边境地带北部, 与缅甸相邻, 并处于纵向岭谷区的三江并流地区. 对该片区的 LUCC 结构分析(图 3)表明, 该片区突出的特点是, 在景观类型结构上表现出水田、旱地、水域、建设用地和未利用土地等斑块或镶嵌体的汇总比例, 所占景观整体分量小, 两个时段的 5 种地表覆盖景观类型合计面积比例分别仅为 4.27% 与 4.39%. 说明该边境地带片区人居环境条件的强度制约性, 以及其生态环境的脆弱性, 迫切需要有针对性地加强科学管理与保护调控.

() 对同样与缅甸相邻, 但处于纵向岭谷区的高黎贡山, 向南延伸时所发育的呈东北—西南方向的山地片区, 包括了腾冲、盈江、陇川、瑞丽、潞西、龙陵 6 个县市. 该片区由于海拔逐渐降低, 山坡渐缓, 形成了由中山与宽谷低盆地组合的地貌类型, 因此, 与第一片区相比, 其结构统计(图 4)分析表明, 各县市水田、旱地、水域、建设用地等斑块或镶嵌体数量汇总比例有较大增加, 表明随着边境地带向滇西南伊洛瓦底江流域地区的空间延伸, 人居环境约束条件得到较好地改善, 但景观格局仍然以林地覆盖为优势.

() 对于由镇康、耿马、沧源、澜沧、西盟、孟连这 6 个县市组成的片区, 尽管仍然与缅甸相邻, 由于其空间分布于纵向岭谷区怒山向南延伸下段所发育的滇西南怒江山脉地区, 虽然山地总体海拔有所降低, 但地势与地形表现出较为复杂的多样性. 相应的 LUCC 结构分析(图 5)得出, 各县市水田、旱地、水域、建设用地等斑块或镶嵌体的数量汇总比例, 所占景观分量又较第二片区有所减少, 表明边境地带随着向滇西南怒江流域、澜沧江流域西岸地带的空间延伸, 人居环境约束条件限制又有所增强, 特别表现在山区优质耕地资源的稀缺方面; 而以林地优势覆盖的景观格局, 说明该片区生态环境脆弱与丰富

的双重特性.

() 对于由西双版纳州的勐海、景洪、勐腊 3 个县市组成的片区, 其涉及与缅甸、老挝相邻, 由于空间分布于纵向岭谷区所发育的怒山、云岭山脉的南部, 地势明显降低, 山体间距增大, 有较多的河谷及山间盆地发育. LUCC 结构分析(图 6)得出, 相对于第三片区, 虽然各县市水田、旱地、水域、建设用地等斑块或镶嵌体的数量汇总比例, 所占景观分量有所减少, 但山区优质耕地资源的稀缺约束得到了明显缓解. 表明随着边境地带向滇南澜沧江流域南部地区的空间延伸, 再加热带山地水热环境状况改善, 该片区人居环境条件变得优越, 而且仍然保持以林地优势覆盖的景观格局.

() 对空间分布于纵向岭谷区红河大断裂附近的边境地带片区(与老挝、越南相邻), 包括了红河以西的江城、绿春、金平 3 个县市, 以及红河以东的河口、马关、麻栗坡、富宁 4 个县. 由于哀牢山山脉与红河大断裂的特殊地貌与气候分割界线作用, 使得该片区的地貌及环境状况复杂多样, 红河以西主要属于滇西山地地貌, 而以东则主要属于滇东南石灰岩分布区. 相应的 LUCC 进行分析得出(图 7), 片区中各县市水田、旱地、水域、建设用地等斑块或镶嵌体数量汇总比例, 所占景观分量较第四片区又出现减少, 表明了随着边境地带向滇南、滇东南红河流域的空间延伸, 人居环境约束条件限制有所增加, 仍然以林地优势覆盖的景观格局, 说明该地区生态环境兼具丰富与脆弱双重性.

3.3 研究区生态环境变化分析

利用两个时段的遥感监测结果数据, 基于 GIS 进行空间统计整理, 得到沿边境地带在 1995 年至 2000 年这 5 年期间的 LUCC 的总体变化率状况(图 8): 5 年

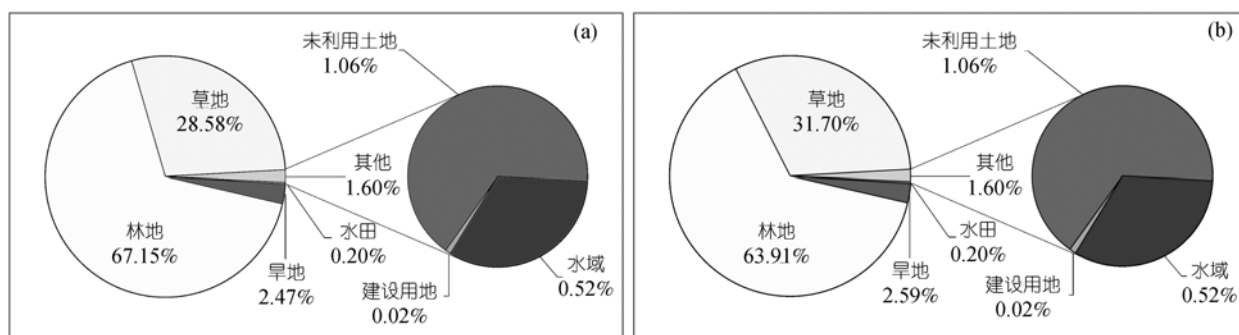


图 3 第一片区 1995 年与 2000 年的土地覆盖景观类型结构对比示意图

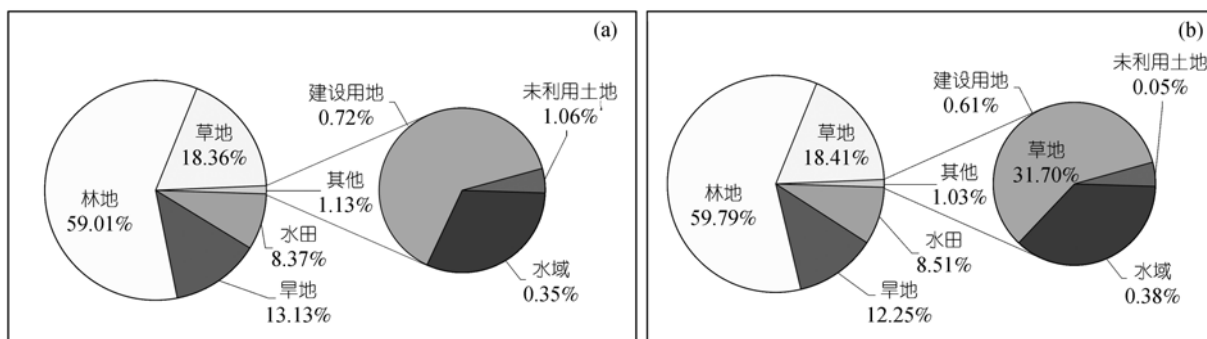


图 4 第二片区 1995 年与 2000 年的土地覆盖景观类型结构对比示意图

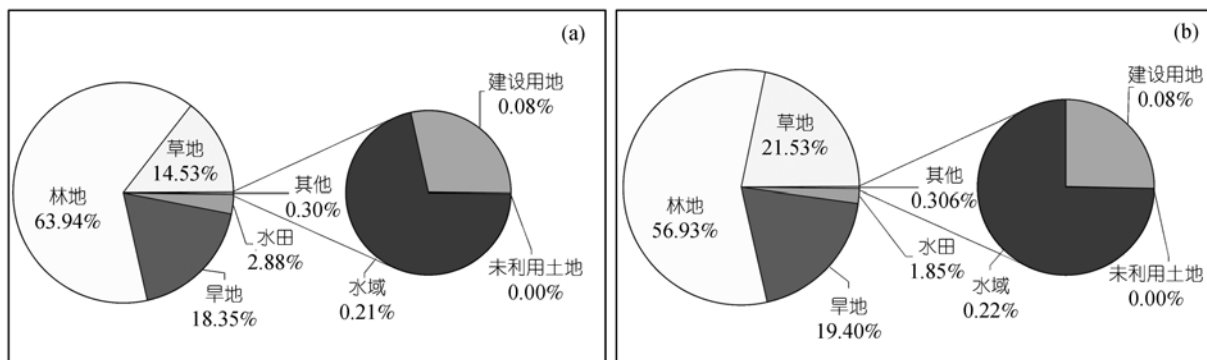


图 5 第三片区 1995 年与 2000 年的土地覆盖景观类型结构对比示意图

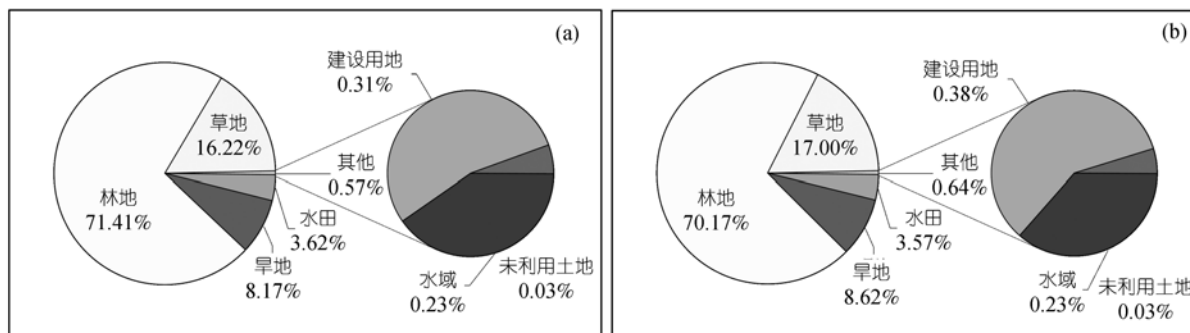


图 6 第四片区 1995 年与 2000 年的土地覆盖景观类型结构对比示意图

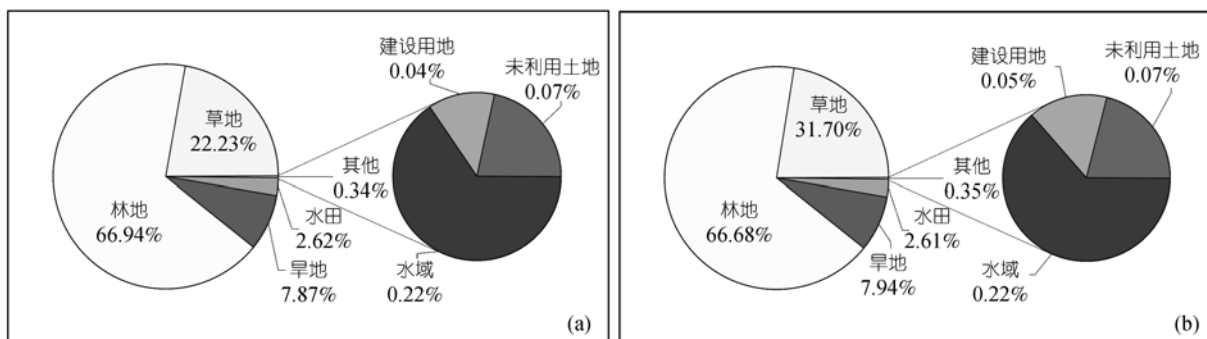


图 7 第五片区 1995 年与 2000 年的土地覆盖景观类型结构对比示意图

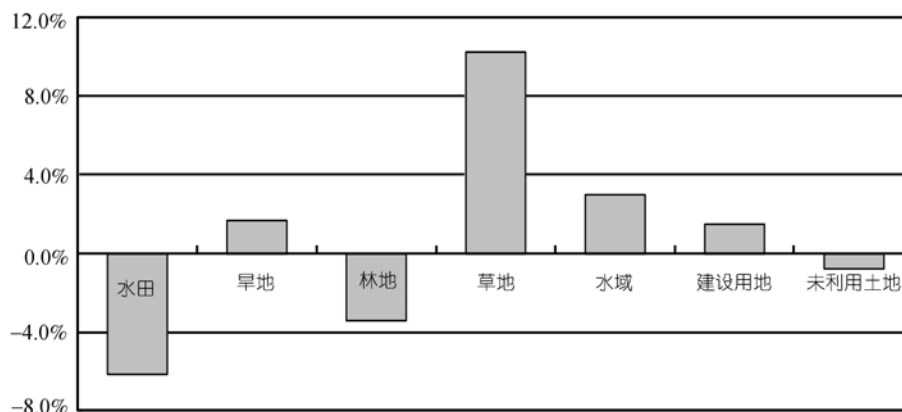


图 8 研究区 1995 年与 2000 年的 LUCC 动态率

期间, 研究区 7 种覆盖类型景观要素中, 草地、水域、旱地、建设用地 4 种类型具有增加的变化结果, 而水田、林地、未利用土地等 3 种类型则具有减少的变化结果。其中增加变化率最大为草地, 其他依次为水域、旱地、建设用地; 减少变化率最大为水田, 其他依次为林地和未利用土地。

根据对研究区的实际调查与分析也发现, 从土地利用综合效应状况看, 在该地区景观变化结果中, 增加率较大的草地类型其实并非优质的牧草地, 更主要的是由于林地退化减少后形成的杂草地; 而山区原本稀缺而优质的水田的减少原因, 则多是因为其转化为增加的建设用地景观的必然结果。因此, 对于研究区地表景观变化结果的认识, 需要特别关注与重视转换类型之间的生态环境质量及功能效应变化问题。

4 研究区生态环境变化的空间扩展模式探讨

不同的环境结构决定着区域的功能状况及其扩散效应。在本研究中, 结合对研究区环境变化有关驱

动资料的收集整理, 尝试了对沿边地带生态环境空间扩散模式的探讨。通过对沿边地带各县市城镇中心进行点要素地理抽象, 对各点要素的有关影响空间扩散的阻力指标考虑如下: (1) 自然环境约束条件方面选取以各县的坡度比例为指标, 并依据不同坡度大小而采取分级与权衡量化处理, 即遵循坡度越小, 对于环境变化空间扩散过程的自然阻力越小, 赋予权重及得分越大, 反之则权重及得分越小; (2) 人为环境约束条件则主要考虑选取两个指标, 一是选取对指示空间扩散具有重要基础支持作用的交通设施状况要素, 二是选取对空间扩散具有重要政策开放指示意义的口岸设置及分布状况的要素。其中, 交通设施状况要素的具体处理是通过选用各县市干道密度作为对比指标, 并按公路级别赋予权重计算得分; 口岸状况要素的处理则依据各县市已经设置或规划建设的不同等级口岸数量进行相应权衡与数量化处理, 得到各中心点要素的开放水平指标。本研究中各选取指标的等级划分及权重赋值相关信息整理如表 1 所列。

表 1 有关指标选取及分级权重确定

坡度处理	等级	0~8 坡地比例	8~15 坡地比例	15~25 坡地比例	25~35 坡地比例	35 以上 坡地比例
	权重(%)	50	30	15	5	0
交通	等级(%)	国道密度	省道密度			
	权重(%)	70	30			
口岸	等级(%)	已建一类	已建二类	规划一类	规划二类	
	权重(%)	50	30	15	5	

经过对研究区的资料收集、空间数据分析与数据统计处理,得到了各县市、各指标的权重得分结果。另外,为对各县市的空间扩散模式进行相互比较分析,对各指标得分结果采用归一化处理并求和,最后得到各县市的综合得分。排序进行分析得出:本研究区中客观存在的空间扩展表现为各县市异性模式,其中瑞丽市具有尤其突出的最大空间扩散条件,而其他空间扩散条件相对较好的依次是河口、景洪市、勐腊、陇川、潞西市、腾冲、孟连、耿马、盈江、勐海;空间扩散条件约束性较大的是富宁、镇康、龙陵、沧源、金平、麻栗坡、泸水、澜沧、西盟、马关、江城、绿春、福贡;约束性较突出的是贡山。

利用 GIS 缓冲区分析处理技术可以较直观地表达出上述各县市的阻力同性与异性的空间扩展模式及对比分析。即若以距离城镇中心分别为 50, 100 和 150 km 的空间邻近缓冲区进行试验对比分析可得出: (1) 不考虑其他阻力要素对环境过程空间扩散的限制, 仅以空间距离为阻力。图 9 示意了在 50 km 尺度上, 25 个沿边境县市, 大致可以分为 3 个空间连接片区格局; 即滇西北 3 县市构成的片区、滇西与滇西南 14 个县市构成的片区和滇南与滇东南 8 个县市构成

的片区; 而 100 和 150 km 尺度上, 25 个沿边境县市均已经成为空间完全连接整体的一个片区; (2) 当考虑各县市城镇中心因其行政辖区内的自然、社会状况不同而造成对环境过程空间扩散的影响存在诸多阻力作用差异时, 图 10 示意了加入阻力考虑后的空间扩散模式与无约束的单距离空间模式有十分显著的不同: 在 50 km 尺度上, 25 个沿边境县市的空间扩散状况主要表现为零散的分布模式, 仅仅有瑞丽与陇川、潞西与龙陵、勐海与景洪, 分别构成了空间连接关系; 在 100 km 尺度上, 县市之间的空间连接关系仍然表现出比较零散的分布模式, 但滇西、滇西南、滇南各县市已经表现出一定规模的集聚趋势, 特别是以瑞丽为主的滇西片区已经集聚了 8 各县市的空间整体性; 在 150 km 尺度上, 25 个沿边境县市仍然无法成为完全空间连接的一个片区, 但滇西与滇西南的 14 个县市已经构成一个完整连接片区, 滇南的 4 个县市也构成了空间连接片区。

以上试验分析表明, 边境地带各环境要素之间的空间连接性除了与相互之间的空间距离邻近度有关外, 其环境过程的空间扩散范围还直接受制于来自于自然、社会等阻力的影响, 阻力大小直接决定了



图 9 理想状况下的各县同性邻近距离表面对比



图 10 考虑阻力后的各县异性邻近距离表面对比

各县空间扩散的范围. 云南沿边境地带 25 个县市, 由于各县市均存在各自不同的自然环境条件、交通设施完备状况等差异, 而导致各县市空间扩展的阻力、距离不同, 因此环境过程总体遵循各县市异性的空间扩展模式. 就边境各片区的具体空间区位不同, 那些自然环境条件相对优越, 交通设施状况相对完备, 口岸分布相对集中的边境片区, 其总体阻力小, 空间扩展效应相对大. 总之, 随片区具体区位不同, 环境过程空间扩展存在明显差异. 如同处于滇西与缅甸相邻的怒江边境片区与德宏片区相比较, 由于德宏片区自然环境条件相对优越, 交通设施状况相对完备, 口岸分布相对集中, 环境过程总体阻力小, 其空间扩展效应较怒江边境片区相对大. 同理可用于对比分析其它不同的边境片区.

5 结语

本文通过综合运用生态学与地球科学原理方法, 基于对沿边境地带 25 个县市的土地利用/覆盖遥感监测数据进行收集整理, 从区域景观层次上分析了研究区地表覆盖类型结构、景观格局模式, 以及分片区的景观结构特性, 探讨了上世纪 90 年代中期至本世纪初约 5 年时间段的 LUCC 动态状况. 尽管如此, 土地利用/覆盖相关分析对于全面研究探讨区域生态系统变化并不充分, 但对于深入探讨与理解沿边境地带这一特殊区域的生态系统及环境变化机制研究仍具有重要基础作用.

另外, 考虑到沿边境地带的区域地表自然生态环境状况及社会经济系统的客观复杂性, 对沿边境地带有关区域环境变化空间扩散进行探讨, 对于揭示该地区生态环境变化过程及驱动机制研究也极具重要意义. 为此, 本研究利用 GIS 空间分析工具, 尝试了基于点要素邻近缓冲区空间分析方法, 对比探讨了以沿边境地带城镇点作为驱动作用中心点, 并考虑在不同阻力条件下的空间扩散模式, 揭示出由于各县均存在周边各自不同的自然环境条件、交通设施完备状况, 以及口岸建设等差异, 而导致空间扩展过程总体遵循各县异性的空间扩展模式, 且各片区

因具体区位不同, 其环境空间扩展存在明显差异的特性.

当然, 区域生态环境的变化是受制于自然与社会经济多因素综合作用的复杂过程, 研究探讨的不同尺度对于所考虑的生态环境及生态系统的要素抽象取舍与综合存在差异. 本研究仅在沿边境地带区域尺度上进行了探讨研究, 从多层次的不同尺度及其相应的因子水平开展相关探索将是深化本研究发展的客观要求及方向.

参 考 文 献

- 1 何大明, 吴绍洪, 彭华, 等. 纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究, 地球科学进展, 2005, 20(3): 338—344
- 2 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略. 生态学报, 2003, 23(8): 1615—1621
- 3 李书娟, 曾辉, 夏洁, 等. 景观空间动态模型研究现状和应重点解决的问题. 应用生态学报, 2004, 15(4): 701—706
- 4 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. 地理学报, 1996, 51(6): 553—558
- 5 李晓文, 方精云, 朴世龙. 近 10 年来长江下游土地利用变化及其生态环境效应. 地理学报, 2003, 58(5): 659—667
- 6 李书娟, 曾辉. 遥感技术在景观生态学研究中的应用. 遥感学报, 2002, 6(3): 233—240
- 7 王声跃. 云南地理. 昆明: 云南民族出版社, 2002
- 8 虞光复, 陈永森. 论云南土壤的地理分布规律. 云南大学学报(自然科学版), 1998, 20(1): 55—58
- 9 郭银. 兴边富民潮涌彩云之南. 云南民族工作风采录, 2001, 8: 65—66
- 10 郭旭东, 陈利顶, 傅伯杰. 土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响. 环境科学进展, 1999, 7(6): 66—75.
- 11 李政海, 宋国宝, 高吉喜, 等. 纵向岭谷区土地利用时空变化与岭谷格局及通道效应的关系研究. 科学通报, 2006, 51(增刊): 90—99
- 12 万荣荣, 杨桂山. 流域 LUCC 水文效应研究中的若干问题探讨. 地理科学进展, 2005, 24(3): 25—33
- 13 蒙吉军, 吴秀芹, 李正国. 黑河流域 LU CC (1988~2000)的生态环境效应研究. 水土保持研究, 2005, 12(4): 17—21
- 14 卢玲, 李新, 程国栋, 等. 黑河流域景观结构分析. 生态学报, 2001, 21(8): 1218—1225
- 15 乌伦, 刘瑜, 张晶, 等. 地理信息系统——原理、方法和应用. 北京: 科学出版社, 2001
- 16 黄杏元, 马劲松, 汤勤. 地理信息系统概论(第二版). 北京: 高等教育出版社, 2001. 165~171