

QIAN DONGNAN MIAOZU DONGZU ZIZHIZHOU
TUDI LIYONG GEJU
SHIKONG DONGTAI YANJIU

黔东南 苗族侗族自治州 土地利用格局时空动态研究

郭 冻 吕 靓 赵松婷 著
周可新 王 丹 杜玉欢

中国环境出版社



国家自然科学基金项目 (31370480)

环保公益性行业科研专项 (201209027) 资助

高等学校学科创新引智技术 (B08044)

中央民族大学 985III

黔东南苗族侗族自治州土地利用格局 时空动态研究

郭 烁 吕 靓 赵松婷
周可新 王 丹 杜玉欢

著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

黔东南苗族侗族自治州土地利用格局时空动态研究 /

郭烁等著. —北京: 中国环境出版社, 2013.9

ISBN 978-7-5111-1539-3

I. ①黔… II. ①郭… III. ①土地利用—研究—黔东南苗族侗族自治州 IV. ①F321.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 184258 号

出版人 王新程
责任编辑 张维平
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112738 (管理图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 01067113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 9 彩插 2
字 数 220 千字
定 价 36.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

土地利用变化是全球环境变化的主要原因之一，也是可持续发展的核心问题。由于人类对自然环境的影响范围和强度不断加大，由此引起的生态环境问题也在不断扩大和加剧。黔东南苗族侗族自治州（以下简称“黔东南州”）作为我国重点旅游区和林业区，历史悠久。近年来，黔东南州旅游业的迅速发展和周边环境变化、人类活动的干预已构成对生态环境可持续发展的威胁，黔东南州土地利用的空间格局变化以及相应的生态环境安全问题已不容忽视。

黔东南州位于贵州省东南部，属于亚热带湿润季风气候，在中国所处的地理位置非常独特，纬度较低，海拔较高，位于长江和珠江上游的分水岭区域，境内森林资源丰富，也是长江水系舞阳河、清水江及珠江水系的都柳江水量补给的“绿色屏障”，被誉为“贵州高原上的翡翠”。目前，国家强调要继续加大对民族地区、贫困地区发展扶持力度，推动区域协调发展。分布在黔东南山区的少数民族既具有传统的历史、文化积淀，又具有地方文脉和民族特色。当现代的技术和信息深入民族聚居区后，引起了民族聚居区生态环境的变化，表现出自身的变迁和发展的轨迹，土地利用变化就是经济、社会综合发展变化最直接的表现。因此，研究黔东南州的土地利用动态变化及规律具有重要意义，不仅关系到黔东南州经济社会的协调发展，更关系到该民族地区的长治久安。

本研究以景观生态学原理为理论基础，以系统论为认识观，以遥感、全球定位、地理信息系统为技术手段，着重对土地利用景观格局指数的数量分析和定量的空间分析，做到地面调查与遥感图像解译相结合，局部分分析与宏观整体分析相结合，自然因素与人为因素相结合，定性和定量分析相结合。较好地处理和协调众多资料数据、地面调查数据与提取数据之间的吻合关系。着重于土地利用类型斑块镶嵌体的空间格局多指标分析、民族村寨空间分布的地理规律、民族村寨土地利用格局的时空变化以及人为干扰对景观生态系统的影响。研究

创新点在于把对民族村寨进行多尺度的点模式和土地利用的相关性分析上。研究中收集和参阅了国内外大量的有关文献和资料,对研究区进行采样调查和实地踏查,获得了与研究有关的技术知识、手段和大量数据。希望本书对黔东南州土地利用格局和生态系统保护的研究能奠定一个良好的基础,为保护黔东南州生态系统健康与发展、解决生态环境和生态安全问题作出微薄的贡献。

本书共分 10 章,第 1 章为土地利用/覆盖变化研究进展,第 2 章为资源环境与社会经济概况,第 3 章为研究方法,第 4 章为土地利用变化的时空分析,第 5 章为土地利用变化的景观格局分析,第 6 章为土地利用变化的驱动机制,第 7 章为土地利用格局的高程梯度变化,第 8 章为土地利用格局的坡度变化,第 9 章为民族村寨空间分布特征,第 10 章为民族村寨与土地利用相关性分析。

本书的撰写得到了中央民族大学生命与环境科学学院的薛达元教授、冯金朝教授、彭羽副教授、成功副教授、尹仑副教授、杨京彪博士、戴蓉博士、王艳杰博士、王程博士、王新、周苏龙、李冬冬、李林、李健飞、梁晨、胡晓燕、陈卓雅、姚瑶、王云靓等研究人员的大力帮助,他们在资料收集、技术支持和文本整理分析、数据输入方面提供了帮助。特此表示感谢。

郭 烁

2013 年 7 月于北京

目 录

1	土地利用/覆盖变化研究进展	1
1.1	土地利用/覆盖变化的研究进展	1
1.2	土地利用/覆盖监测方法研究进展	6
1.3	土地利用的景观生态学研究进展	11
1.4	空间数据分析方法	16
2	资源环境与社会经济概况	20
2.1	自然地理概况	20
2.2	自然资源概况	28
2.3	社会与经济发展概况	29
3	研究方法	36
3.1	数据来源	36
3.2	数据处理	37
3.3	数据分析方法	40
4	土地利用变化的时空分析	49
4.1	土地利用变化时间维的差异	49
4.2	土地利用变化的空间差异	51
4.3	土地利用转移矩阵分析	61
5	土地利用变化的景观格局分析	68
5.1	景观斑块特征的变化	68
5.2	景观格局的时空变化	69
6	土地利用变化的驱动机制	75
6.1	自然驱动力分析	75
6.2	人为驱动力分析	77
7	土地利用格局的高程梯度变化	85
7.1	高程梯度的划分	85

7.2	土地利用格局特征沿高程的变化	89
7.3	高程梯度的土地转移时空变化	90
7.4	高程梯度的土地来源特征	93
7.5	高程梯度的动态度	96
7.6	高程梯度的土地利用程度	96
7.7	高程梯度的景观格局分析	97
7.8	本章小结	98
8	土地利用格局的坡度变化	100
8.1	坡度变化的分级	100
8.2	不同坡度的土地利用空间格局特征	101
8.3	不同坡度的土地转移特征	102
8.4	不同坡度的土地来源特征	104
8.5	坡度变化的动态度分析	107
8.6	坡度变化的土地利用程度	108
8.7	不同坡度级的景观格局分析	109
8.8	本章小结	110
9	民族村寨空间分布特征	111
9.1	民族村寨选取	111
9.2	民族村寨的空间分布特征	113
9.3	民族村寨分布与水系的距离分析	116
9.4	民族村寨分布与道路的距离分析	117
9.5	民族村寨空间分布的点模式分析	119
9.6	本章小结	120
10	民族村寨与土地利用相关性分析	121
10.1	各县市的民族村寨与土地利用相关性分析	121
10.2	各高程梯度的民族村寨与土地利用相关性分析	124
10.3	不同坡度级的民族村寨与土地利用格局相关性	127
10.4	本章小结	129
	参考文献	130
	附 图	139

1 土地利用/覆盖变化研究进展

1.1 土地利用/覆盖变化的研究进展

土地利用与土地覆盖是两个既有本质区别又密切联系的重要概念。土地利用是人类根据土地的特点,按一定的经济与社会目的,采取一系列生物和技术手段,对土地进行的长期性或周期性的经营活动。它是一个把土地的自然生态系统变为人工生态系统的过程,是一个自然、社会、经济、技术诸要素综合作用的复杂过程,它受诸多方面条件的影响和限制(Lambin et al., 1999)。土地覆盖是随遥感技术的应用而出现的新概念,是指覆盖地面的自然物体和人工建筑物,它反映的是地球表层的自然状况,包括地表植被、土壤、冰川、湖泊、沼泽和各种建筑物(Paruelo et al., 2001)。总之,土地利用是指人类有目的地开发利用土地资源的一切活动,而土地覆盖则是指地表自然形成的或者人为引起的覆盖状况。土地利用与土地覆盖,一个是发生在地球表面的活动过程,另一个则是各种地表活动的产物,二者共同构成了土地资源的社会和自然双重属性。

从全球看,人类从空间上和经济上最重要的土地利用包括各种形式的耕作、放牧、定居点或建筑物、保护区和保护地,以及木材砍伐。这些形式及其他的土地利用方式都造成了全球范围内土地覆盖的累积变化。其后果不仅对土地覆盖而且对当地、区域和全球环境的许多方面都是明显的,包括气候、大气成分、生物多样性、土壤条件、水土流失。这类影响是由土地覆盖的改变与转变造成的。其一,包括覆盖属性的改变(如由过牧使草场变成退化草地;其二,指从一种覆盖类型完全变为另一种(如为开辟牧场使森林皆被砍伐成为草地);人类干扰的第三种形式是维护土地覆盖区,如对梯田的改良、牧场及灌溉系统的保养、维护和修整。对土地转换,也许对土地维护的全球程度要比对土地改变的全球程度的认识好得多。其原因可能是土地改变是最难观测和记录的。更好地认识土地利用和土地覆盖变化对研究全球环境变化具有极为重要的意义。进行这方面的研究可以使我们深入到社会和人文科学领域。因为土地利用造成土地覆盖的变化,而土地利用又受到人类驱动力的支配,在土地的自然转变和它的社会驱动者之间的关系,即我们后面称之为原因与覆盖的关系,不是一个新的话题。过去对这一问题的研究主要是在全球的范围(或水平上)对长期的土地利用和土地覆盖的趋势进行大致描绘。然而这种评价一般不允许把变化与主要人类驱动力分割开来,或详细说明起作用的过程。从长期来看,土地利用和土地覆盖变化与人口增长之间的联系是明显的,但在技术进步、富裕程度和政治经济变化方面也能找到同样的联系。我们研究的任务是解决他们相互之间的关系及其与环境变化的关系。

1.1.1 国外土地利用/覆盖变化研究动态

国外土地利用/覆盖变化 (Land-Use and Land-Cover Change, LUCC) 的研究在国外开展较早。1826 年, 德国学者杜能建立了杜能农业区位论, 开创了近代土地利用/覆盖变化研究的先河。20 世纪上半叶, 土地利用/覆盖变化研究转向各学科土地利用/覆盖变化研究理论和模型的建立。在这一阶段, 土地利用/覆盖变化研究呈现出初步繁荣的景象。从第二次世界大战后到 20 世纪末, 土地利用/覆盖变化研究进入成熟期, 土地利用/覆盖变化研究涵盖了自然和人文的各个领域及空间尺度的各个级别, 出现了多学科交叉研究的新趋势。遥感、地理信息系统等新的技术手段成为重要的研究手段 (何英彬等, 2004)。

进入 20 世纪 90 年代以来, 土地利用/覆盖变化的研究计划和项目逐渐增多。国际上进行土地利用/土地覆盖变化研究的机构和项目主要由以下几个 (Lambin et al., 1999; 陈佑启等, 2001)。

1) IIASA-LUC: 国际应用系统分析研究所 (International Institute for Applied Systems Analysis, IIASA), 为了推动土地利用/土地覆盖变化方面的创造性研究和交叉学科研究, 对土地利用变化 (Land Use Change, LUC) 进行立项。该项目的主要研究区域为欧洲和亚洲北部。研究的主要目标有两个: 其一是研究发展土地利用研究的新方法, 提出新概念, 对复杂的人类-环境系统的变化进行预测; 其二是应用上述理论和概念, 为土地利用和粮食政策的制订提供各种经济可行的方案, 并对之进行科学的论证和评价。IIASA-LUC 的各项研究均以经济为准则, 认为土地利用的变化归根到底是经济决策的结果。因此, 在该项目下的各项研究均建立在经济框架之中 (Pocewicz et al., 2008; Karstensen, 2009)。

2) Clue-S 模型: Verburg et al. (2002; 2007) 科学家近年来就 Clue-S 模型 (Conversion of Land Use and its Effects, Clue-S) 的构造和 Clue-S 模型的案例研究发表了一系列文章。Clue-S 模型是最广泛应用的模型之一; 该模型聚焦于具有较好空间分辨率的小范围的土地利用变化。该模型结构基于系统理论、集成分析与生物经济学以及生物物理学因素相关的土地利用变化。该模型能明确地处理土地利用系统的层次结构, 以及位置和稳定性之间的相关性。该模型可以使人们更好地了解决定土地利用空间格局变化的过程以及探索区域尺度上土地利用未来可能的变化过程。

3) IMPEL: “欧洲土地利用预测整合网络” (IMPEL) (European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law) 旨在综合自然模型和社会-经济模型, 评价气候变化对区域土地利用系统的影响, 主要是对土壤、农作物生产和农业用地分配的影响, 主要研究区域为欧洲。

4) LU/GEC: 日本国立环境研究所、京都大学及东京农业大学所做的 LU/GEC (Land Use for Global Environmental Conservation, LU/GEC) 项目, 是在日本环境署支持下开展的为全球环境保护而进行的土地利用项目, 项目主要对亚太地区土地利用/覆盖情况进行可持续研究。该项目发展了一个预测一个地区土地利用分享未来比率的模型, 称为 LU/GEC 模型。该模型包括两个组成部分, 一部分是一套用于确定每一种土地利用类型中地利用的比率, 该比率是一种自然和社会经济学参数; 另一部分是用于处理劳动力转移以及农业和工业产品在农业、林业、畜牧业和居民区四个部分之间的流通的联动模型 (Gong et al., 1999)。

除上述主要的研究机构项目以外,还有许多个项目是针对世界上不同的热点地区 and 不同的研究目的,运用不同的方法和技术来分析和模拟土地利用/土地覆盖的变化。如联合国粮农组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, UN/FAO) 土地利用的分类项目、国际地理联合会 (International Geographical Union, IGU) 的土地利用与土地覆盖变化研究项目、“温带亚洲东部土地利用”项目 (LUTEA)、“全球变化和南部非洲牧场保护”项目、“遥感在热带生态系统、环境观测中的应用” (TREES.JRC)、“尤卡坦半岛南部地区土地利用/土地覆盖变化” (SYPR) 等 (Lambin et al.)。此外, Alessandra et al. (2007) 对意大利半岛进行了土地利用格局变化分析并提出了这些变化对生物多样性保护的影响。Jeffrey et al. (2008) 运用了 LCCM (Land Cover Change Model, LCCM) 模型对位于华盛顿州的普吉特海湾的土地利用的未来变化进行了模拟并预测了未来城市化发展和土地覆盖对鸟类多样性的影响。Valbuena et al. (2009) 在区域尺度上运用基于智能体的模型对荷兰地区的土地利用变化进行模拟,并提出了相关的研究框架。尽管上述项目只是针对有限的热点地区进行了研究,但无疑为充分认识全球土地利用/土地覆盖变化的一般规律在数据和方法上的研究做了大量准备工作。

1.1.2 国内土地利用/覆盖变化研究动态

随着中国经济的快速发展,社会生产力和人们生活水平的迅速提高,对水土资源需求量以及环境的压力都在增加,使得中国的土地利用与土地覆盖发生了深刻变化,其对环境的影响也已跨出了国界,成为全球变化研究的重要组成部分 (程锋, 2003; 陈志军等, 2007)。

近年来,随着国际上有关土地利用土地覆盖变化 (LUCC) 研究大量开展。我国学者紧跟国际研究动态,也开展了一些对土地利用变化的监测与驱动力研究,主要研究领域包括:利用遥感影像对土地利用/土地覆盖变化的监测分析、土地利用/土地覆盖变化研究数据库的构建、土地利用/土地覆盖变化驱动力研究以及土地利用/土地覆盖变化建模等方面,已经完成了多项研究任务并取得了不少成果 (史培军, 2000; 史培军等, 2006)。赵晶 (2004) 选择上海为典型案例区,以格局、过程、机制和模型为中心,对新中国成立以来上海城市土地利用与景观演变进行了系统综合研究。宋开山等 (2008) 在遥感和地理信息系统技术支持下获取了自 1954 年以来三江平原六期土地利用数据,在 GIS 空间分析模块下对三江平原土地利用方式及格局的动态变化进行了定量研究。王思远等 (2002) 对中国近 10 年的土地利用/土地覆盖的时空演变规律进行了分析。徐嘉兴等 (2009) 分析了太湖流域近 18 年的土地利用变化特征,揭示了该流域各种土地利用数量变化的幅度、速度以及土地利用空间变化的主要类型、分布特征和区域差异。邵怀勇等 (2008) 定量分析了三峡库区土地利用的动态变化过程,并对其驱动力进行了分析。

我国的 LUCC 研究主要集中在下列两类地区。一类是热点地区,即人文和自然驱动力极为活跃的区域。另一类是脆弱地区,即生态环境敏感脆弱区域。吴海珍等 (2011) 运用 GIS 方法,对内蒙古多伦县 1987 年、1995 年、2000 年和 2005 年的 TM 影像,提取土地利用动态变化数据,并测算了多伦县土地利用变化引起的生态系统服务价值变化。揣小伟等 (2011) 基于 ArcGIS9.3,运用土地利用数据、土壤数据、植被数据,分析 1985—2005 年江苏省土地利用变化,分别计算了江苏省不同土地利用类型的土壤碳储量和植被碳储

量,并分析其对土地利用变化的影响。左丽君等(2011)以渤海海岸带地区1995年、2000年、2005年和2008年土地利用分布图为基础,采用RS、GIS和景观生态学方法,分析了渤海海岸带地区近13年间的土地利用时空演变及其景观响应。吴连喜(2011)以巢湖为研究对象,基于多时相的TM影像数据,研究了1979—2008年巢湖流域的土地利用/覆盖变化,并分析探讨了土地利用变化的社会经济驱动力。肖明等(2012)以海南昌化江下游流域为研究区域,基于1998年、2008年土地利用解译数据,结合降雨、坡度、距离等因素,采用CA-Markov模型,对2018年土地利用类型进行了模拟和预测,并进一步分析了天然地类(河流、天然林)的转出与人均GDP、人均农业产值和人口数量3个地类变化驱动因子之间的关系。

1.1.3 遥感与地理信息系统在LUCC研究中的应用

遥感(Remote Sensing, RS)、地理信息系统(Geographical Information System, GIS)和全球定位系统(Global Positioning System, GPS)是目前对地观测系统中空间信息获取、存储管理、更新、分析和应用的三大支撑技术。随着RS、GIS等技术的发展与日益成熟,地理学家在LUCC研究中广泛应用这些手段开展工作。卫星遥感数据的应用与传统地图及地面调查结合,明显加快了LUCC的分类、监测与评价工作(陈百明,2003)。而GIS因其具有强大的数据库管理和空间分析能力,为揭示LUCC的动态变化过程提供了技术支持,遥感与GIS技术相互补充,在LUCC变化监测中发挥着重要作用。

(1) 遥感技术在LUCC研究中的应用

迅速发展的数字遥感技术和计算机技术,为土地利用现状及变化信息的获取提供了及时有效的技术手段。自从高分辨率传感器诞生以来,卫星影像的应用在众多领域内得到广泛的研究利用。遥感技术能快速、准确地获取全球变化信息,并能及时地反映地球变化的区域。特别是高分辨率、多通道卫星的成功发射,为土地利用变化监测提供了高质量的数据资料。目前遥感技术在LUCC研究中的应用主要集中在以下几个方面:

1) 多源遥感数据融合增强土地利用/覆盖信息。自1972年美国发射了第一颗地球观测卫星Landsat之后,法国、加拿大又先后成功发射了SPOT、Radarsat对地观测系列卫星。1999年中国和巴西联合研制的中巴资源一号卫星成功发射,2001年美国数字全球(Digital Globe)公司成功发射商用高分辨率卫星快鸟(Quickbird),这些系列卫星的成功发射,为进行陆地资源探测、环境监测等提供了丰富的数据源。但不同的卫星遥感数据分辨率不同,加之遥感图像的某些波段往往存在同谱异物和异谱同物现象,使得获取土地覆盖变化信息时较为复杂。为此,将多源遥感数据配准、纠正和融合,不仅弥补了单一传感器信息难以满足对区域土地利用变化监测的要求,而且融合后的信息提高了影像的分辨率,增强了地物特征,便于信息提取。潘耀忠等(2002)利用多光谱TM和全色SPOT数据信息融合,提取了城镇居民点信息,结果表明利用该方法进行监测可以获得更高的位置精度和面积精度,具有很好的时效性和可继承性,且不受传感器类型影响。亢庆等(2005)基于SPOT、Aster多平台多波段遥感数据对实验区土地盐碱化程度进行了分级制图。张锦水等(2006)基于光谱制图的分类方法,复合光谱、纹理和结构信息等多源数据信息,对IKONOS高空空间分辨率图像进行了LUCC分类。王萍等(2003)针对ETM+、TM及部分SPOT数据融合提取了LUCC信息,结果均能增强地物信息,有效地提高了提取的精度。

2) LUCC 动态变化监测。卫星技术的发展, 卫星运行周期缩短, 遥感图像的重访周期越来越短, 为快速更新 LUCC 信息奠定了基础, 提高了 LUCC 动态变化监测的时间分辨率。如 Landsat 卫星的重访周期为 16 d; SPOT 卫星的重访周期为 26 d; Quickbird 的重访周期为 4 d。

3) 遥感图像土地利用分类。利用遥感数据, 建立 LUCC 分类系统是进行 LUCC 研究的关键。卫星遥感数据、传统地图和地面调查的结合, 以及各种遥感影像处理软件的开发、发展与应用, 明显加快了 LUCC 的分类、监测与评价工作(陈百明等, 2003)。利用遥感图像进行土地利用分类, 具有覆盖范围广和能及时、客观、周期性地获取地表覆盖信息的优点。在土地利用分类研究中, 遥感影像的分类有着举足轻重的作用。周兴东等人(2007)利用遥感影像用三种方法对徐州市的土地利用进行了分类, 并对三种分类方法的结果进行了对比, 并总结了三种方法的优缺点。魏继伟(2012)利用植被指数以及通过植被指数和其演变而来的建筑指数和水体指数从 Landsat TM/ETM+影像中提取建筑用地和裸地、水体、农田和林地多种土地利用类型, 应用 NET 平台通过 Windows 窗体结合 GDI+设计开发了基于遥感图像的土地利用分类系统。

(2) GIS 在 LUCC 中的应用

地理信息系统(GIS)作为一门多学科相互交叉的新兴技术, 正随着社会信息化的进程发挥着越来越大的作用。在城市规划、勘测、国土、市政设施、管线、邮电、交通等行业得到了广泛的应用。尤其是近年来 Internet/Intranet 技术的发展和成熟, 极大地影响和改变了我们的工作和生活方式。随着全球可持续发展研究的深入, 对人类赖以生存的生态环境系统, 特别是生态环境系统中生态环境敏感和脆弱的地区的研究已受到越来越广泛的重视。

GIS 具有强大的信息存储、管理、加工处理、空间分析及输出功能被应用于各种领域。在 LUCC 研究中, 具有对空间与非空间数据的采集、处理、分析、输出等功能, 实现对土地利用动态变化状况的及时、准确跟踪和了解, 并对遥感图像、地图、统计数据源的空间数据库进行动态分析, 用来对影响土地利用状况变化的相关宏观因子在空间及数量上的动态变化特征和规律及其对土地利用状况变化的敏感性进行分析。同时, 对基于不同时期的土地利用专题图进行时间序列分析, 经比较、判别、归纳, 获得其与影响因子间的内在关系, 从而为土地利用覆盖变化及荒漠化的预测、预警提供指导性依据。

目前, 以 RS 和 GIS 为手段, 研究 LUCC 的案例较多(周廷刚等, 2003; 刘旭升等, 2007; 李云亮等, 2009; 赵筱青等, 2009; 封志明等, 2010; 宋豫秦等, 2010)。这些研究表明, RS 和 GIS 不仅为 LUCC 研究提供了技术上的支持, 而且能快速地获取 LUCC 动态变化的信息。与此同时, GIS 软件的发展及功能的不断完善, 为 GIS 在 LUCC 中的应用提供了基础。如 Arc/Info、ENVI、ERDAS、MapGIS、PCI、ArcView、MapInfo 和 SuperMap 等软件较多地应用于 LUCC 研究中。

总之, 遥感信息是 GIS 的信息源, GIS 是处理分析和应用空间数据的强有力工具。遥感数据输入 GIS 才能发挥遥感信息的最大作用, 而 GIS 与遥感的结合, 也必将促进空间信息的专题制图、动态监测和信息更新的自动化, 发挥 GIS 的巨大作用。GIS 与遥感的结合成为二者共同的发展趋势。

1.1.4 地形因子对土地利用/覆盖变化影响研究动态

地形因子影响着地表的能量和物质分配,进而影响区域土地利用的空间分布格局(Alain et al., 2007; 邵怀勇等, 2008; Awdenegest et al., 2008; 张方方等, 2010; Buyinza et al., 2011)。特别是在山区,高程和坡向首先决定了局地的温度和光照状况,特别是海拔影响植被类型的分布,地形地貌是形成山地结构和功能以及各种生态现象和过程的最根本因素,地形和土地利用决定山体植物多样性,地形特征对土地利用/覆盖和景观结构有显著影响,从而影响区域的经济与发展(李增加等, 2008; Lorenzo et al., 2009; Christophe et al., 2009; 张方方等, 2010; 胡荣明等, 2011)。

为探讨地形因子对土地利用的空间格局的影响,国内外许多学者对此都做了相关研究(Suphathida et al., 2006; 冯朝阳等, 2007; 梁发超等, 2010; Mohammad et al., 2011; 吕靛等, 2013)。Simone et al. (2010)以巴西圣保罗附近的大西洋沿岸森林为研究区,进行道路、地形与林地相关性研究,研究指出在 1962 年和 1981 年间,地形直接影响森林砍伐、农业和公路扩张。目前国内的土地利用空间格局与地形的相关性研究主要集中在长江流域(马泽忠等, 2003; 罗云云等, 2004; 刘瑞民等, 2006; 邵怀勇等, 2008)、青藏高原(Madhushree et al., 2010; 崔步礼等, 2011; 陈露等, 2011)、华南地区(韦乐章等, 2008; 刘艳艳等, 2010; 薛振山等, 2012)、华北地区(冯朝阳等, 2007; 斯钧浪等, 2009; 韩建平等, 2010; 胡荣明等, 2011)和中西部丘陵地区(李增加等, 2008; 马士彬等, 2008; 张方方等, 2010; 梁发超等, 2010)等。李增加等(2008)基于 DEM 数据对 1976—2007 年西双版纳地区不同地形下的土地利用/覆盖变化动态研究。冯朝阳等(2007)以土地利用数据和数字高程模型(DEM)为基础,用高程、坡度、坡向 3 个地形因子分析了 1990—2005 年北京门头沟地区的土地覆盖现状以及土地利用动态变化度。胡荣明等(2011)以陕西省西安市长安区为研究区域,基于数字高程模型及 1990 年和 2007 年 TM 遥感影像,研究了坡度对土地利用/覆盖变化的影响。研究结果表明,坡度因素是土地利用/土地覆盖的重要影响因素,坡度因素对土地利用格局具有明显的控制作用。张方方等(2010)以江西省为例,在 SRTM 数字高程模型(DEM)的支持下,分析了江西省 2000 年土地利用结构与高程、坡度和坡向等地形因子的关系。马泽忠等(2003)研究了高程和坡度对巫山县近 15 年土地利用/覆盖变化的影响,分析了土地利用/覆盖动态变化随高程与坡度的变化规律,并探讨了引起土地利用/覆盖动态变化的驱动力因子。韩建平等(2010)以黄土丘陵沟壑区的砖窑沟流域为例,进行了土地利用与地形因子关系的研究,探讨了土地利用格局的演变及其驱动力。马士彬等(2008)应用 GIS 与 RS 技术,对贵州省都匀市进行了坡度与土地利用空间相关性分析,结果表明坡度对土地的利用方式影响较大,土地利用程度与坡度之间存在负相关。但是,目前关于黔东南地区土地利用空间格局与地形因子的相关性研究还处于空白状态。

1.2 土地利用/覆盖监测方法研究进展

基于遥感的土地利用/覆盖变化动态监测是应用同一地区不同时期的遥感观测资料进行变化信息提取的过程。目前已有大量的变化监测方法得到了广泛应用,LU (2004)对常用的变化监测算法作了进一步的详细介绍,并将众多的变化监测方法分为七大类。

1.2.1 代数法

代数法包括影像差值法、影像回归法、影像比值法、植被指数差异法、变化矢量分析法（CVA）和背景差异法（表 1-1）。这些方法都是通过多时相影像相同波段之间的代数运算来获取变化信息的，若所得结果的像元值在阈值范围内则表示无变化，否则表示发生了变化。这类方法在变化检测研究中得到了非常广泛的应用。范海生等（2001）利用攀枝花仁和区 1994 年和 1989 年的 TM 遥感数据，采用图像差值法成功地提取了该地区的土地利用变化信息。Hayes et al.（2001）用植被指数差异法对热带森林的砍伐和植被生长进行了检测，并与其他检测方法进行了比较。代数法简单直接，容易执行和解译，但是难以确定合适的计算波段和阈值，且不能获得类型变化信息，因此，常常与其他方法结合使用。

表 1-1 代数法

方法	基本思路	优点	缺点	关键因子
影像差值法	将多时相影像按波段逐像素相减，从而生成一幅新的差值影像	简单直观，结果容易解译	不能提供详细的变化矩阵	选择合适的计算波段和相应的变化阈值
影像回归法	建立多时相影像间的回归模型，用回归方程计算出的预测值减去原始像元值，从而获得多时相影像的残差图	减少了多时相影像间由大气、传感器和环境差异所造成的影响	在进行变化检测之前需要提高所选波段的回归函数的精度	提高回归函数的精度；确定合适的波段和阈值
影像比值法	逐波段计算多时相影像的像元比值	减少了由太阳高度角，阴影和地形所造成的影响	比值结果呈非正态分布	确定合适的波段和阈值
植被指数差异	分别计算植被指数，然后用第 1 时相的植被指数减去第 2 时相的植被指数	强调了不同的特征产生不同的波谱反应，减少了地形和光照的影响	增强了噪声	确定合适的植被指数和阈值
变化矢量分析法	得出两个输出结果：①描述两个时相变化方向及数量的光谱变化矢量，②总的变化量	能够处理任意光谱波段，并得出详细的变化检测信息	难以确定土地覆盖变化轨迹	定义阈值，确定变化轨迹
背景差异	将原始影像和背景影像相减生成一个新的影像	容易执行	精度低	提高背景影像的精度

1.2.2 变换法

变换法有主成分分析法（PCA）、穗帽变换法（KT）、Gramm-schmidt（GS）和 Chi-square（表 1-2）。这些方法都是用于减少光谱波段数目的多变量分析技术，其中，主成分分析法（PCA）和穗帽变换法（KT）是最常用的方法。高啸峰等（2009）基于主成分分析法研究了山东省胶南市的土地利用/覆被变化驱动力。刘永昌等（2002）探讨了基于穗帽变换（KT）的 TM 图像变化的信息提取方法。变换法有一个共同的优点：能够减少波段之间的数据冗

余，并强调了各变换成分所包含的不同信息。但是，它们很难在变换结果中解译和标示变化信息，不能获得详细的变化类型信息，而且也需要选择阈值才能确定变化的区域。

表 1-2 变换法

方法	基本思路	优点	缺点	关键因子
主成分分析法 (PCA)	用 PCA 进行变化探测有两种方式：①将多时相影像组成单一文件，然后进行主成分分析和次要成分的分析得出变化信息；②单独执行代 PCA，然后将第二时相的主成分影像和与它对应的影像相减	减少了波段之间的数据冗余，并强调了不同成分所包含的不同信息，对辐射差异具有自动校正的功能	PCA 依赖于观测区域，不同时相间的变化检测结果常常很难解译和标示，它不能提供变化类别信息的完全矩阵，并且需要选择阈值用于确定变化区域	分析员的技术、确定最能表示变化信息的成分、选择阈值
穗帽变换法 (KT)	该方法的原理和 PCA 相似，唯一不同的地方在于 PCA 依赖于影像的景，而 KT 变换不依赖，可以基于以下三个成分进行变化检测：亮度，绿色，湿度	减少波段之间的数据冗余，并强调了不同成分所包含的不同信息，KT 变换独立于景	难以解译和标示变化信息，不能提供完全变化矩阵，需要选择阈值确定变化区域，每个时相的影像都需要精确的大气纠正	分析员确定表示变化信息最佳成分及选择合适阈值的能力
Gramm-schmidt (GS)	使多时相影像的光谱矢量数据正交，得出三个稳定的成分，具体方法与 KT 变换类似	将变换成分与景特征结合起来能够提取出其他检测方法所无法获取的信息	难以提取与特定变化相关的多个成分，GS 处理方法依赖于所选的光谱矢量	确定多时相影像稳定的子空间
Chi-square	$Y = (X - M^T) / \sum (X - M)$ ， Y 表示变化影像的数字化值， X 表示多时相影像的差异矢量， M 表示平均残差矢量， T 表示转置矩阵	同时考虑多个波段从而生成一个单一的变化影像	当影像的大部分发生变化时，用 $Y=0$ 表示没有发生变化的像素是不真实的，与具体的光谱方向有关的变化也不能得到有效的确认	用任意的 Chi-square p 自由度变量对 Y 赋值 (p 为波段的个数)

1.2.3 分类法

分类法具体包括分类后比较法，光谱时相结合分析法，最大期望值法 (EM)，非监督变化检测，混合变化监测，人工神经网络法 (表 1-3)。这些方法都基于影像分类，能减少多时相数据因获取时间不同和传感器不同所造成的“伪变化”，并且可以直接获取变化的类型、数量和位置。在影像分类中，训练样本数据的质量和数量对于分类结果的精度非常

重要，但是要选择高质量、足够多的训练样本常常存在很大的困难，因此，产生高精度的分类结果是分类法的关键。

表 1-3 分类法

方法	基本思路	优点	缺点	关键因子
分类后比较	分别将多时相影像分类成专题图，然后对分类影像逐像素进行比较	减少了大气、传感器及环境差异所产生的“伪变化”，提供变化类型信息	分类需要专业的技术及大量的时间，最后的精度取决于每个时相的分类精度	为分类选择足够的训练样本
光谱时相结合分析	将多个时相的数据放到一个文件中，然后对混合数据进行分类，并确认和标识变化信息	分类过程简单并节省时间	难以确定和标识变化类别，不能提供变化信息完全矩阵	标识变化类别
最大期望值法（EM）	EM 检测也是基于分类的方法，它运用了最大期望值算法	这种方法能提供更高的变化探测精度	需要估算优先共生类别的概率	优先共生类别的概率
非监督变化监测	分别在多时相影像中选择光谱相似的像素组和簇，然后探测和确定变化信息并输出结果	这种方法使用了非监督的特点，自动处理变化分析	难以确定和标识变化矩阵	确定光谱相似或相对相似的单元
混合变化监测	用叠置增强的方法分离出变化像元，然后使用监督分类法，从分类结果中可以得到一个二进制变化掩模，这个掩模能够从每个时相的土地利用覆盖变化图中筛选出变化专题	这种方法将没变化的像素排斥在外，从而减少分类错误	需要选择阈值执行分类，确定变化轨迹比较复杂	选择合适的阈值，提高分类结果的精度
人工神经网络	将变化阶段的光谱数据用来训练神经网络，常常用后繁殖算法来训练多层感知器神经网络模型	人工神经网络是一种没有参数的监督方法，能够基于训练样本估计数据属性	需要较长的训练时间，常常对使用的样本数据量敏感，它的函数在影像处理软件中不常用	隐藏层结构的使用，训练样本数量

混合变化监测法是目前讨论最多的方法，它结合了代数法和分类法的优点，既能减少由于分类错误产生的误差，又能提供从一种类型到另一种类型的变化信息。何春阳等（2001）利用北京市海淀区 1991 年和 1997 年的 TM 影像，采用变化矢量分析和分类后比较相结合的混合变化监测法获得了该地区较为准确的土地利用/覆盖变化定量信息。陈崇成等（2002）应用集成的遥感识别技术对厦门市的土地利用变化进行了监测。最近几年，基于人工神经网络的变化探测技术研究也受到越来越多的关注，当土地覆盖类别呈非正态分布时，人工神经网络能够提供较好的探测结果。

1.2.4 高级模型法

高级模型法包括 Li-Strahler 反射模型，光谱混合模型，生物物理参数法（表 1-4）。这些方法主要通过线性或非线性模型将影像反射值转换成物理参数，然后用物理参数来提取和解译植被信息，这样比使用光谱信息要更直观，但是这些方法很耗时，而且很难得到合适的模型将影像反射值转换成生物物理参数。

表 1-4 高级模型法

方法	基本思路	优点	缺点	关键因子
Li-Strahler 反射模型	Li-Strahler 树冠模型通过比较多时相的树冠覆盖情况得出变化检测结果	该方法将遥感数据的数字影像处理技术和传统的采样及实地测量技术结合起来，用统计结果和地图来表示变化模式的几何分布	该方法需要大量的实地测量数据。这在商业型的影像处理软件中很复杂而且不可得，它只适合于植被变化检测	群落的树冠覆盖影像，确定植被类型的树冠特征
光谱混合模型	使用光谱混合分析得到影像片段	这个片段具有生物物理学意义，所得结果稳定、准确、可重复	该方法是一种高级的影像处理分析法，但是比较复杂	为基于片段的每个土地覆盖类型定义合适的阈值
生物物理参数法	将遥感数据和实地测量结合起来得到一个生物物理参数评估模型，评估研究区域的参数，植被类型是基于生物物理参数聚类的，这个模型还能转移到多时相影像数据去评估经过反射纠正或归一化的特定的参数，变化探测就是通过比较生物物理参数完成的	这种方法能够基于植被的物理结构准确地探测植被变化	需要优化模型，提高影像纠正精度，减少或消除由大气和环境差异造成的“伪变化”	改善评估生物物理参数的相关模型，基于生物物理参数定义植被类别

1.2.5 地理信息系统法

地理信息系统法包括 GIS 与 RS 集成法和纯粹的 GIS 法（表 1-5）。地理信息系统法的优点在于它能够将不同的数据源结合起来进行变化监测，但是，由于不同的数据源具有不同的精度，可能会严重影响变化监测结果。目前，地理信息系统法主要用于城市区域的变化监测，可能有两方面的原因：一是由于城市土地景观的复杂性，传统的变化探测技术得到的探测结果较差，二是传统的变化探测技术不能有效地利用多源数据进行分析。因此，地理信息系统是处理多源数据比较方便的工具，而且能够有效地利用多源数据进行变化监测。