

江汉平原

土地利用演变及生态安全研究

JIANGHAN PINGYUAN
TUDILİYONG YANBIAN JI SHENGTAI ANQUAN YANJIU

许倍慎 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

湖北省社会科学基金项目（2013061）

江汉平原

土地利用演变及生态安全研究

许倍慎 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以江汉平原核心区为研究对象,通过总结土地利用/覆被变化、景观格局和生态安全状况研究的理论和研究方法,在江汉平原相关研究实践的基础上,充分运用地理信息系统技术、遥感技术、梯度分析方法及地统计学方法等,对江汉平原 1987—2010 年以来的土地利用状况、景观格局的总体演变状况和区域分异特点进行了定量的分析和描述,在此基础上,通过选取相关自然和人文影响因子,对江汉平原景观格局形成的主要影响因子进行了排序和分析,总结了土地生态系统安全状况的变化和空间分异特征,为江汉平原生态建设提出了有效的措施和宝贵建议。

本书可作为土地资源管理相关专业师生及江汉平原土地利用研究方向的科研人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

江汉平原土地利用演变及生态安全研究 / 许倍慎著

— 北京:中国水利水电出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5170-2857-4

I. ①江… II. ①许… III. ①江汉平原—土地利用—生态安全—研究 IV. ①F523.211

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第009411号

书 名	江汉平原土地利用演变及生态安全研究
作 者	许倍慎 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 11.5印张 272千字
版 次	2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

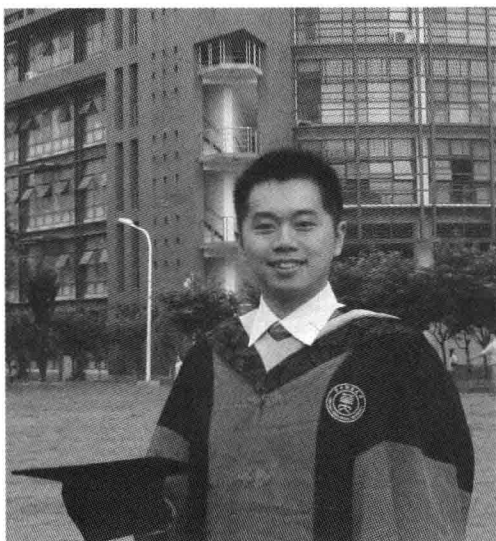
版权所有·侵权必究

作者简介

许倍慎，男，1983年6月出生，湖北五峰人，土家族，博士，三峡大学法学与公共管理学院讲师。

主要研究方向为土地利用管理、土地规划与信息管理、区域生态质量评价与管理。2006年毕业于华中师范大学，获理学学士学位；2009年和2012年分别获得华中师范大学管理学硕士和理学博士学位。

先后主持湖北省社会科学基金项目1项、湖北省教育厅人文社会科学基金项目1项；作为主要参与者，参加国家“973”计划、国家自然科学基金研究、湖北省自然科学基金重大项目等研究课题多项；公开发表论文数10篇。



前 言

土地是人类赖以生存和繁衍的第一资源,由于人类不断加大对土地资源的索取和改造的力度,水土流失、森林消失、土地退化、沙漠化、盐渍化和各种环境污染现象越发突出,人类越来越意识到土地利用及由此带来的土地变化不仅仅是简单的资源问题,更是全球变化的重要组成部分和造成全球环境变化的重要原因。因此将土地利用/覆被变化和区域生态安全、社会保障等区域发展问题紧密结合,研究土地利用/覆被变化对人类社会生存和可持续发展带来的反馈作用,以及人类的响应机制是地理学研究的重要课题。

江汉平原位于湖北省中南部,是我国湖泊密集度最大的淡水湖群区之一,是湖北省重要的湖泊湿地生态区和武汉城市圈的生态屏障;它是中国重要的“鱼米之乡”和商品棉生产基地;同时它也是湖北省三大中心城市武汉、宜昌、襄阳的辐射叠合区,区位优势突出,多种角色的叠加使江汉平原成为我国较为特殊的地理区域。针对江汉平原区域开展土地利用/覆被变化研究,了解区域土地利用类型变化的趋势和特点,分析区域土地覆被景观格局演变的影响因素,并对区域生态环境质量状况进行评价,不仅是当前地理学研究的重要领域,而且对促进区域人口、资源、环境与经济协调发展有着重要的实践指导意义。

从现有的研究案例来看,运用遥感和地理信息系统技术对江汉平原的土地利用状况进行研究主要集中在20世纪90年代至21世纪初期,主要研究的地类以湿地、湖泊及耕地为主;现有的研究成果虽然对江汉平原四湖区域等范围内的景观格局进行了分析,但对江汉平原较长时间跨度范围整体景观格局演变、景观格局形成以及变化的影响因子进行定量分析基本没有涉及;同时,对较长时间跨度江汉平原范围内总体生态状况的定量评价也较少。

针对现有研究中暴露出来的问题,本书以江汉平原核心区1987—2010年土地利用/覆被状况变化的定量研究为基础,研究了区域景观格局空间分异特征、景观梯度与环境因子的响应、区域土地生态安全格局状况等内容,希望本书的出版能为我国平原湖区土地资源的合理利用、生态环境问题的治理和改善以及社会经济和生态环境的协调与可持续发展提供理论依据。

本书从选题、写作到最后的修改,各个环节都受到了华中师范大学周勇教授的悉心指导和热情帮助,在此,谨向周勇教授的指导和关怀致以最衷心

的感谢！同时还要感谢华中师范大学王宏志教授与中国科学院测量与地球物理研究所的李仁东研究员在遥感数据资料的收集上给予的帮助和指导。本书的出版受到三峡大学学科建设项目资助，在此特向三峡大学研究生院的大力支持表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参阅了众多的相关文献和著作，在此特向所有原作者表示感谢。

编著

2014年9月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究进展	3
1.2.1 土地利用/覆被变化研究进展	3
1.2.2 景观格局演变与生态评价研究进展	13
1.2.3 江汉平原相关研究进展	15
第 2 章 研究方案	17
2.1 研究目的与内容	17
2.1.1 研究目的	17
2.1.2 研究内容	17
2.2 研究方法和技术路线	18
2.3 研究区概况	19
2.3.1 研究区范围的确定	19
2.3.2 江汉平原自然地理特点	19
2.3.3 江汉平原社会经济概况	21
第 3 章 江汉平原土地利用/覆被信息综合数据库的建立	22
3.1 江汉平原土地利用/覆被信息综合数据库的设计	22
3.1.1 数据库原理	22
3.1.2 数据库的主要功能	23
3.1.3 数据库运行环境	23
3.2 江汉平原土地利用/覆被信息综合数据库的内容和存储标准	24
3.2.1 数据库内容	24
3.2.2 数据库存储格式	25
3.3 资料的收集和处理	25
3.3.1 土地利用分类体系	25
3.3.2 遥感影像的收集与处理	27
3.3.3 土地利用信息的获取	33
3.3.4 数字高程数据的获取和处理	34
3.3.5 历史气候资料的收集和处理	35
3.3.6 交通道路数据的收集和处理	35

3.3.7 人口、经济和社会发展数据的收集与处理	36
第4章 江汉平原土地利用/覆被时空演变分析	37
4.1 江汉平原土地利用/覆被现状分析	37
4.1.1 现状概况	37
4.1.2 江汉平原土地利用/覆被现状与高程、坡度的关系	39
4.2 江汉平原土地利用/覆被演变分析	40
4.2.1 江汉平原土地利用/覆被数量和结构演变分析	41
4.2.2 江汉平原土地利用/覆被演变速率分析	43
4.2.3 江汉平原土地利用程度演变分析	45
4.2.4 江汉平原土地利用重心变化	46
4.3 江汉平原土地利用/覆被演变的时空分异研究	48
4.3.1 土地利用数量、结构变化区域差异分析	48
4.3.2 土地利用动态度区域分异研究	50
4.3.3 土地利用综合程度区域分异研究	54
4.4 江汉平原土地利用/覆被转移状况分析	55
4.5 本章小结	57
4.5.1 江汉平原土地利用/覆被的特点	57
4.5.2 江汉平原土地利用/覆被变化的问题	58
第5章 江汉平原多尺度景观格局演变分析	59
5.1 景观格局指数的选择	59
5.1.1 景观类型指数的选择	59
5.1.2 景观总体水平指数的选择	60
5.2 江汉平原总体景观格局演变分析	61
5.2.1 景观类型指数演变分析	61
5.2.2 景观总体水平指数演变分析	66
5.3 江汉平原景观格局演变的时空分异特征	68
5.3.1 分析网格的划分	68
5.3.2 景观类型指数时空分异研究	69
5.3.3 景观总体水平指数时空分异研究	89
5.4 本章小结	93
5.4.1 景观类型指数	93
5.4.2 景观总体水平指数	94
第6章 江汉平原景观格局梯度与环境因子响应分析	96
6.1 研究方法与数据处理	96
6.1.1 景观格局梯度与排序分析	96
6.1.2 环境因子选择与数据处理	99
6.2 各景观类型指数排序分析结果	102

6.2.1 耕地景观	103
6.2.2 林地景观	106
6.2.3 建设用地	110
6.2.4 水域景观	114
6.2.5 草地景观	118
6.2.6 自然保留地	122
6.3 整体景观水平指数排序分析结果	126
6.4 本章小结	130
6.4.1 RDA 分析对景观格局的解释程度	130
6.4.2 景观格局的主要影响因子总结	130
6.4.3 RDA 分析结果对景观格局的动态解释	131
第 7 章 江汉平原土地生态安全格局演变与生态保护措施分析	133
7.1 土地生态安全格局演变综合分析方法	133
7.1.1 土地利用/覆被变化与生态环境效应	133
7.1.2 土地生态安全综合评价体系构建	136
7.2 土地生态安全格局时空演变结果分析	140
7.2.1 生态承载力指数时空演变分析	140
7.2.2 生态稳定指数时空演变分析	142
7.2.3 生态适应指数时空演变分析	144
7.2.4 生态安全指数时空演变分析	145
7.3 江汉平原生态保护措施和建议	148
7.3.1 加强区域生态功能区划, 促进科学发展	148
7.3.2 大力改善河流、湖泊生态环境	150
7.3.3 积极开展江汉平原生态林网建设	151
7.4 本章小结	152
第 8 章 总结	153
参考文献	156
附图	167

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

土地是人类赖以生存和繁衍的首要资源^[1]。据统计,地球自诞生以来已累计养育了 800 亿人,同样人类社会的发展也离不开土地资源提供的丰富财富,正如威廉·佩蒂所说:“劳动是财富之父,土地是财富之母”。^[2]简要说来,土地资源具有生产和养育功能:为植物,特别是大部分农业作物及最主要的粮食作物提供生长发育所必需的水分、矿物质、空气和其他养分,为人类和动物的生存提供主要的食物来源;承载功能:作为人类一切建筑和构筑物的承载体,为人类绝大部分的社会经济活动提供基本的空间和场所;资源蓄积功能:人类迄今为止发现的且现有技术条件下可以大规模利用的水资源、主要矿产资源如石油、煤炭、天然气、铁、铜、铝都蕴藏于土地之中,土地是这些资源天然的存储仓库和开发利用的基础;生态功能:土地不仅是地球众多生态系统类型的重要组成部分之一,土地本身也是一类极为重要的生态系统类型,土地生态系统结构的稳定和功能正常发挥不仅对自然环境的状况产生重要的影响,并且也直接影响着人类社会的稳定与发展。

正是由于土地对于人类生存和发展所具有的特殊和极其重要的意义,自古以来,人类对土地的关注和探索从来没有停息,两千多年前东汉文字学家许慎在《说文解字》中就将“土”分解为作物茎、叶等地上部分、耕作层、植物根系和土壤母质等几个部分的组成,表现了土地养育万物的功能,和土壤的概念较为接近。随着人类对土地了解的不断深入和对土地资源利用的深度和广度的不断提高,人类对土地资源的认识也逐渐由单纯的土壤范围逐步扩大,现在对土地资源的广义理解已从土壤扩大至地球表面包括大陆、海洋在内的所有陆地、水体覆盖的范围,并从地面的平面尺度向地球表层的立体范围扩展,包括了大气对流层的低层空间和地壳岩石圈的上层空间;对土地资源属性的关注也从自然属性过渡到经济和社会属性,1976 年联合国粮农组织在《土地评价纲要》(Framework for Land Evaluation, FAO, Rome, 1976)中就明确指出“土地是比土壤更为广泛的概念,……还包括过去和现在的人类活动成果”。总体来看,虽然不同研究领域对土地资源的理解不尽相同,但普遍承认土地资源具有自然和社会的两重性,既是基本的自然资源,也是重要的生产力要素,还是生产关系中土地关系的客体,土地资源的形成和变化离不开自然因素和社会经济因素的综合作用。

人类对土地认知程度的不断深化和人类对土地利用程度的不断加强具有直接联系,从原始社会人类单纯地依靠采集、狩猎满足生存需要,到农耕社会“靠山吃山、靠海吃海”的土地利用模式,再到现代社会,特别是 18 世纪工业革命带来的工业文明的高速增长,在为人类社会创造前所未有的巨大财富之时,为了解决地球上越来越多人口的生存问题,

人类不断加大对土地资源索取和改造的力度，不合理的土地利用和开发方式如砍伐森林、过度放牧、围湖造田、陡坡开垦等，导致在全球很多地区都出现了严重的水土流失、森林消失、土地退化、沙漠化、盐渍化等现象；与此同时为了给大量增长的人口提供生存和工作的场所，城市规模不断扩大，工业区的扩张、交通等基础设施大量建设不仅侵占了大量的耕地，而且也带来了大量的环境污染，这些问题已严重影响到人类社会的可持续发展^[3-4]。这一系列全球问题的出现使人类越来越意识到土地利用及由此带来的土地变化不仅仅是简单的资源问题，更是全球变化的重要组成部分和造成全球环境变化的重要原因^[5-8]。

土地覆被是指自然营造物和人工建筑物所覆盖的地表诸要素的综合体，偏重于土地的自然属性；土地利用是人类根据土地的特点，按一定的经济和社会目的，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^[9]，土地利用和土地覆盖有着密切的关系。正因为人们逐步深入的认识到土地利用/覆被（LUCC）变化在气候、生态过程、生物化学循环、生态多样性等全球变化中所发挥的重要作用和深刻影响，国际社会对土地利用/覆被变化的关注和研究也日益加强，特别是 1993 年国际科学联合会（ICSU）和国际社会科学联合会（ISSU）联合成立了土地利用/土地覆盖变化核心项目计划委员会，随后的 1995 年其下属的“国际地圈与生物圈计划（IGBP）”和“全球变化人文计划（HDP）”联合提出了《土地利用/土地覆盖变化科学研究计划》^[10]以来，土地利用/覆被变化的研究已逐渐成为地球系统科学研究和可持续发展研究的核心领域之一^[11-13]，同时该计划还确定了土地利用/覆被变化研究的 3 个重点领域：土地覆被变化机制研究、土地利用变化机制研究、区域和全球模型（图 1.1）。

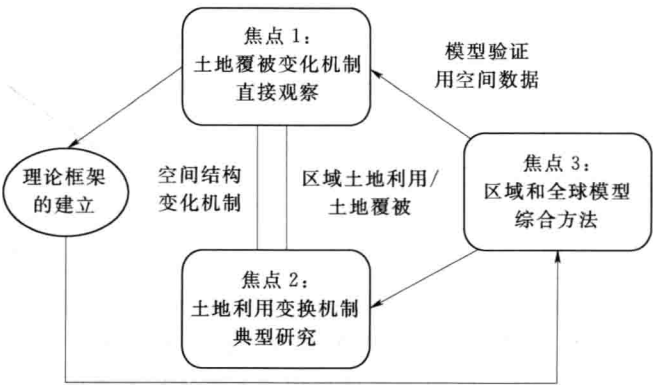


图 1.1 土地利用/覆被变化研究的结构框架
(IGBO 和 IHDP 报告, 1995)

2002 年，在 LUCC 计划执行 15 年之后，IGBP 和 HDP 将 LUCC 计划升级为 Global Land Project (GLP) 计划，使 LUCC 继续作为 IGBP 和 HDP 的核心计划，进入一个新的发展阶段^[14]，并对 21 世纪土地利用/覆被变化研究的重点问题进行了阐释^[15]。其中要特别重视土地利用/覆被变化中人地系统关系的研究，要将人类和土地利用系统作为具有紧密联系的耦合系统，不仅要研究人类的社会经济活动对土地利用/覆被造成的改变和影响，更要将土地利用/覆被变化和区域生态安全、社会保障等区域发展问题紧密结合，研究土

地利用/覆被变化对人类社会生存和可持续发展带来的反馈作用以及人类的响应机制,为区域和全球系统的稳定发展提供决策支持。

土地利用/覆被状况是地球表层系统中最明显的景观特征,土地利用/覆被状况的变化可以最直观的反映自然过程和人类活动对区域景观造成的影响,因此对土地利用/覆被变化的研究自然也就成为景观生态学关注的重要的内容,并且两者之间密不可分。19世纪初,地理学先驱洪堡(A. von Humboldt)将“景观”定义为地理学术语,其含义是“自然地域综合体”,强调景观的综合特点;随着研究的不断深入和学科的发展,特别是20世纪70年代景观生态学得到蓬勃发展以来,“景观”概念逐渐发展成为生态系统的镶嵌体,并强调以此带来的在空间中的重复性与异质性^[16-17]。景观生态学是一门和生态学、地理学具有紧密联系的交叉学科,以景观格局为基础研究对象,重点在研究景观类型的种类、数量、空间分布特点,多种景观要素的组合特征以及景观格局变化与生态系统各组成部分之间的相互关系,其核心在于景观空间结构演变与生态学过程之间的响应关系及尺度效应^[18-19]。由于景观生态学的研究起源于土地,所研究的各种生态系统镶嵌体也以土地为承载基础,土地利用/覆被的内涵与景观概念具有非常明显的联系,因此景观生态学的观点和方法被越来越多的应用于土地利用/覆被变化的研究中,使对区域土地利用数量结构的分析上升到对空间结构形态的分析,将土地利用/覆被的变化和区域生态系统结构和功能的影响有机结合,并对区域土地利用/覆被的优化提供指导。

我国作为世界上最大的发展中国家,正处于经济高速发展阶段,和世界上大多数发展中国家一样也面临着人口增长、资源短缺和生态环境恶化的巨大压力。根据2010年最新的第6次全国人口普查主要数据显示,中国总人口已达137053.69万人,除了巨大的人口压力以外,我国人均占有耕地面积仅为 0.09hm^2 ,远低于世界平均水平 0.25hm^2 ;2010年,我国有 356万 km^2 ,即超过 $1/3$ 的国土面积有水土流失的现象;土地荒漠化面积达 263.62万 km^2 ,接近全国土地面积的 30% ;农作物受灾面积达 374259km^2 ;2010年我国工业废水排放量为 2374732万 t ,工业固体废物产生量达 240944万 t 。这一系列的数据深刻的提醒我们,我国生态安全状况面临着很大的挑战,生态安全问题不解决好,不仅对国家造成重大的经济损失,还会严重影响国家的社会稳定和可持续发展。因此,针对我国典型区域开展土地利用/覆被变化研究,了解区域土地利用类型变化的趋势和特点,分析区域土地覆被景观格局演变的影响因素,并对区域生态环境质量状况进行评价,不仅是当前地理学研究的重要领域之一,也是促进我国区域人口、资源、环境与经济协调发展的重要理论依据和战略支撑。

1.2 国内外研究进展

1.2.1 土地利用/覆被变化研究进展

1.2.1.1 土地利用/覆被时空演变规律研究

对区域土地利用/覆被的时空演变进行分析是土地利用/覆被变化研究中的基础内容和最早开始研究的领域,对土地利用/覆被的定量描述也是分析土地利用/覆被结构、功能和过程的基础。在研究早期,土地利用方面的学者主要集中于探讨和研究土地利用/覆被类

型的人工调查、分类与制图^[20]，由于早期调查条件和技术水平的限制，对于土地利用数据等关键信息的获取主要是通过实地人工调查和历史统计资料，并结合地形图、土地利用现状图、土壤图等辅助资料。随着 1995 年“国际地圈与生物圈计划（IGBP）”和“全球变化人文计划（HDP）”联合提出了《土地利用/土地覆盖变化科学研究计划》以来，对土地利用/覆被状况时空演变的描述与分析正式成为了该研究领域的重要研究方向和内容，具体在于从空间和时间上去探讨各种土地利用类型分布的特点、结构变化的特征，运用各种数量变化、速率变化和变化程度指标对土地利用/覆被变化进行描述，特别是以美国克拉克大学 B. L. Turner 教授和密歇根大学 D. Skole 教授为代表的学者，从宏观角度出发，定性研究全球尺度上土地利用/覆被的变化状况，并从定性角度对土地利用/覆被变化和全球环境变化之间的关系进行了初步分析^[11]。随着各国学者对土地利用/覆被变化研究的不断深入和学科交叉程度的不断加强，地理学、生态学、景观生态学、气象学、水文学、环境科学和城市规划学等众多学科的理论纷纷融入到土地利用/覆被变化研究中来，在这些学科内普遍使用的研究方法也被土地利用/覆被变化的研究所采纳和借鉴，推进土地利用/覆被时空演变定量分析的步伐。与此同时，各种新的技术手段和方法，如多分辨率及高分辨率的空间探测技术、遥感技术、地理信息系统技术、全球卫星定位技术和摄影测量技术等快速发展，更是为土地利用/覆被时空变化特征的研究从信息获取、数据处理、统计分析、成果表达及应用等各个环节开展系统、综合与集成研究起到了极大的推动作用。

21 世纪以来，国际上对土地利用/覆被时空演变规律的研究更侧重于热点地区和重点区域的研究，特别关注研究区域土地利用/覆被时空演变的过程及尺度效应的分析^[21]，同时有关土地利用/覆被变化信息的动态监测与自动获取也是研究的重点，如 Louisa、Alejandro、Kandrika S、Killeen T、Munroe D K、Ellis E 等学者对相应研究区域土地利用/覆被演变时空特征的分析具有代表性^[22-27]。

我国学者对土地利用/覆被时空演变规律的探索也非常的积极，至 20 世纪 90 年代以来陆续开展了大量土地利用/覆被变化的研究。从全国宏观尺度上来看，1999—2000 年，高志强、刘纪远等利用土地利用信息、TM 遥感数据和植被指数数据等，对我国土地利用类型的分区组合、土地利用综合程度指数的空间分布和 80 年代以来的演变特点进行了详细分析^[28-29]；葛全胜（2000）运用历史资料法和统计方法，以民国时期的土地利用普查、调查记录和图集等资料为基础，利用 1949 年以后的土地详查与变更统计资料，分析了 20 世纪以来中国土地利用变化状况，结果反映在 20 世纪，特别是在近 50 年以来，中国的土地利用强度有比较明显的增加^[30]。2011 年，黎治华等运用 1km 空间分辨率的 SPOT VGT 时间序列数据，应用土地覆盖动态模型等对 1999—2009 年中国土地覆盖的变化进行了分析，归纳了中国土地覆盖动态变化的时空特点，结果表明水体、耕地和草地呈逐年减少的趋势，建设用地和林地呈逐年增长的趋势，很明显，裸露土地呈现出逐年增长的趋势^[31]。从以上研究来看，对全国尺度土地利用/覆被时空演变特征的分析，运用和包含了多种方法和技术手段，对大范围内我国土地利用/覆被时空演变分布特点的分析比较全面，基本掌握了我国土地利用/覆被变化的空间特征和时间变化规律，但由于我国地域辽阔，各地区之间发展差异巨大，如何选择合适的尺度和指标对区域内部的分异特征进行深入分析，仍是今后研究中需要关注的问题。

除了在全国宏观尺度上对土地利用/覆被时空演变的特征进行分析外,我国学者也非常重视典型或热点区域的土地利用/覆被时空演变特征的分析。珠江三角洲等作为改革开放以来我国经济最早开始实现高速增长、社会转型明显的区域,而首先受到众多学者的关注。1997年,黎夏等以东莞市为例利用遥感数据对珠江三角洲的城市扩展过程进行了监测^[32];2000年,史培军等就运用TM影像对深圳市1980以来15年的土地利用的变化情况进行了分析^[33];环渤海经济圈、长江三角洲、江浙地区等随后也逐渐成为研究的重点区域,顾朝林、朱会义、何春阳、杨桂山、李晓文等学者都开展过针对上述经济发达区域的相关研究^[34-39]。

我国生态环境脆弱地区或特殊生态系统集中分布区域也是国内开展土地利用/覆被时空演变特征研究的另一个热点区域,这些区域由于自然生态条件相对较差,人口、资源和环境的矛盾比较突出,或者区域内部具有某种和多种比较独特的生态系统类型分布,对区域生态环境质量具有重要作用等原因而成为研究热点。这些区域主要包括干旱、半干旱过渡带,长江上游沿线地区、北方农牧交错区域、黄土高原区域、青藏高原区域等。张凤荣、贾科利、高中贵、康慕谊、王秀兰、张伟科、宋富强、廖克、张明、李团胜等学者对这些区域的研究比较深入和系统^[40-49]。

目前我国国内针对区域土地利用/覆被格局时空演变的分析中普遍开始运用遥感影像作为数据源,对遥感影像的处理和解译,早期的人工目视判读、手工编制地图和面积量算等已逐步被以GIS和遥感相结合的人机交互矢量化和遥感影像自动分类技术所替代;对区域土地利用/覆被格局时空演变的描述中运用单一土地利用动态度、综合土地利用动态度、土地利用综合程度和土地利用转移矩阵的案例很多^[50];从研究尺度上看,3个不同的等级层次水平即宏观(国家、省级区域)、中观(典型流域和县、市、区范围)及微观尺度(乡镇、小流域、试验区及样地)也都有大量的研究,取得了丰富的研究成果,但选择的研究方法和指标与研究区域的针对性不强,难以体现土地利用/覆被格局时空演变的尺度效应。

1.2.1.2 土地利用/覆被变化驱动力研究

土地利用/覆被变化驱动力研究的主要目的是揭示土地利用/覆被变化的内部和外部原因,弄清土地利用/覆被变化的动力机制,为模拟土地利用/覆被的时空变化提供基础,因此从土地利用/覆被变化研究初始,对其驱动力的研究就受到各国学者的广泛关注。和大多数地理现象一样,对于土地利用/覆被变化驱动力的分类一般可以划分为自然因素和人文因素,但不同环境、不同方法甚至不同学者对土地利用/覆被变化驱动力作用大小的认定各不相同。早在1990年,Turner就指出较短时间内,人类驱动力包括人口、收入、技术、政治经济状况和文化是区域引起土地利用/覆被变化的主要因素^[51]。Ehrlich指出人口、富裕程度和技术是影响人类驱动力的主要方面^[52]。众多学者研究表明影响土地利用/覆被变化的驱动因素分为直接因素和间接因素,其中,直接因素包括对土地产品的需求、对土地的投入、土地利用集约度、土地权属、土地利用政策以及对土地资源保护的态度等,它们通过直接的物质流、能量流和信息流作用于土地系统,改变土地的性质、质量、数量和空间分布,引起土地利用/覆被变化;间接因素主要有7个方面:人口变化、经济增长^[53]、技术发展、政治与经济政策^[54]、经济发展程度和价值取向^[55]、区位因素^[56],

这些因素从不同的方面影响了人们对土地的需求、土地利用的方式以及对土地资源保护的态度等,进而影响到土地利用/覆被变化。国外很多学者从这些角度出发,对影响土地利用格局的典型自然因子、人文因子进行了分析,以便客观地把握土地利用变化的驱动力,并弄清其影响的过程,合理有效地调整土地利用与社会经济发展的关系和调和人地矛盾,使之符合可持续发展的要求^[57-60]。

我国学者对土地利用/覆被变化驱动力及驱动机制变化的研究也非常关注^[6],自20世纪90年代末开始,就不断有学者在对全国尺度和我国经济发达区域及环境脆弱地区土地利用/覆被演变特征进行分析的过程中,尝试对影响土地利用/覆被变化的驱动力进行分析和描述。1999年,张惠远^[61]等运用多元统计分析的方法,以贵州省为例对喀斯特山区土地利用变化的驱动因子进行了分析,重点在于针对人文影响因子的驱动作用进行了分析,研究结果表明人口和粮食需求方面的因素是影响耕地变化的主要社会经济因素;1999年,顾朝林^[34]在对北京市20世纪70年代至90年代土地利用/覆被状况进行研究的过程中,对北京市土地利用/覆被的演变机制进行了定性分析,认为“改革开放以来,资本、土地、劳动力和技术四大生产要素,由静止到流动,由无价到有价,在我国城市土地利用/覆被变化过程中发挥至关重要的作用。”2000年,史培军^[33]对1980—1994年深圳市土地利用/覆被状况变化的驱动机制进行了分析,并运用多元统计的方法,不仅对人文驱动因子进行了分析,也对高程、坡度等自然因素进行了分析。李平^[62]等运用土地利用的基本竞争模型,选取11项自然和社会经济指标,以省域为单位计算了我国各个区域的土地利用变化的驱动力指数,结果表明西部地区以生存型经济福利驱动和环境安全驱动为主,而东部地区以比较经济福利驱动和食物安全驱动为主。

通过这些学者的前期研究和方法探索,大量学者在我国广大范围内进行了对土地利用/覆被变化驱动力的分析^[63-70],主要采用多元回归分析、相关分析等方法,对驱动因素的考虑也以人为因素为主。近年来一些学者对以上方法进行了改进和创新,徐广才^[71]等采用典范对应分析(CCA)方法考察了地形、区位及人类活动对内蒙古锡林郭勒盟典型草原地区土地覆被变化的驱动作用,结果表明地形起伏、海拔、坡向等自然因素和区域土地利用覆被格局的关系密切。谢花林^[72]以京津冀地区为研究样区,通过建立不同阶段各生态用地类型,主要为林地、草地和湿地变化的Logistic回归模型,揭示了1980—2005年研究区域不同阶段土地覆被变化的驱动因素。

由于土地利用/覆被变化包括数量、质量及空间变化,且影响的自然、社会因子繁多,错综复杂,为了更好地了解土地利用/覆被变化的驱动力和作用机制,很多学者除了使用上面提到过的统计模型外,还借助各种动态过程模型和综合模型开展研究^[73],其中动态模型中以元胞自动机模型、Agent模型、系统动力学模型为主,综合模型中CLUE模型运用较多^[74-81]。元胞自动机模型具有空间概念,能从大尺度上反映土地利用变化的过程,但对人类行为的模拟不够;Agent模型对人类决策行为的模拟较好,但对构建模型的基础数据要求较高,需要很小尺度的基础数据;系统动力学模型是一种从系统内部关系入手的系统与综合的研究方法,可以很全面地考虑驱动因子,但没有空间概念。CLUE模型系统考虑了土地利用系统中的社会经济和生物物理驱动因子,并在空间上反映土地利用变化的过程和结果,但必须根据现有的经验和资料构建决策规则。

除了上述模型外还有很多其他模型,如 Miller 的综合城市模型^[82]、Lambin 的农业强化模型^[83]、国际应用系统分析研究所为中国建立的 LUCC 模型^[84]、景观破碎化模型^[85]、LUDAS 系统模型^[86]、Geomod 模型^[87]、Akililu 对埃塞俄比亚高原 Beressa 流域长期研究总结的模型^[88]、空间重心转移模型^[89]、分形模型^[90]以及农业用地转化为建设用地的土地利用收益模型^[91]等也有很多应用实例。

目前对土地利用/覆被变化驱动力后继研究的方法和模型种类很多,但总体上仍然面临着很多问题。首先是驱动力研究中指标选取的问题,这里的指标不仅包括所选择的影响因子或自变量指标,也包括因变量指标。一般在开展研究前学者对影响因子都有初期的筛选,这些初选的影响因子可能来自于对研究对象的前期分析或定性分析,也可能来源于对其他相关研究成果的借鉴,同样也有可能是受研究资料或原始数据的限制,这些过程中可能漏掉某些驱动因子,造成后期分析结果和实际情况之间的误差,甚至是相同的驱动因素确定之后,具体使用什么样的指标来代表所选择的因素也不容忽视,例如人口因素,人口总量、人口密度、人口增长率等都可以运用的指标,但哪一个指标最能反映人口因素对土地利用/覆被变化的影响却往往得不到明确的解释。因变量选择中同样容易遇到这样的问题,现在对土地利用/覆被变化的描述方式非常多,各个指标虽然描述的侧重点不同,但很多指标间存在着相互关联和影响,因此如何选择合适的指标既能高度归纳描述土地利用/覆被变化的实质,又具有一定的通用性,能够适合多种区域或多种方法的研究是一个需要重点解决的问题。

其次,驱动力研究中使用的数学方法和模型是否能够真正揭示土地利用/覆被变化的现象和驱动力因素之间的关系也是值得重视的问题。现在所使用的大多数统计模型和相当一部分动态模型都是依据自变量和因变量两组数据之间的关系进行分析,数据之间统计关系密切的因素不一定存在真正的因果关系;另外,很多模型无法考虑研究对象的空间分布状态和相互之间的关系,这也容易造成驱动因子分析的误差。同时,模型对土地利用/覆被变化尺度的适应能力也越来越被研究者所关注,但是由于现在研究水平的限制,大部分研究方法和模型都没有考虑尺度效应的影响,使得同样的研究方法或模型被广泛地应用于从宏观到微观的多个尺度。

1.2.1.3 土地利用/覆被变化环境效应研究

土地利用与生态环境之间具有互馈机制,对土地利用变化的生态环境效应开展研究,既要聚焦于土地利用和土地覆被变化对各种环境要素和整体的生态环境状况带来的影响,又要透视这种变化对人类生存和可持续发展带来的反馈作用,为人类制定合理的应对对策提供理论基础和实践依据,因此土地利用/覆被变化的环境效应研究已经成为全球环境变化研究的核心和热点问题。土地利用/覆被变化对环境要素的影响主要体现在大气、土壤和水文环境 3 个方面,土地利用/覆被变化会影响大气质量,并通过改变大气成分影响区域气候;土地利用/覆被变化影响土壤的主要生态过程和改变碳、氮等主要土壤元素的分布和迁移规律,引起土壤质量发生改变;不合理的土地利用方式带来的土地利用/覆被变化会影响区域水文循环,引起水资源短缺和水质变化,导致土地沙化和土壤侵蚀等环境问题。土地利用/覆被变化对区域整体生态环境的影响具有复杂性和累积性,在不同区域尺度上对生态系统的结构和功能产生很大的影响,对区域生态系统的多样性、群落组成和演

替、生物量分布等带来诸多影响。

(1) 对气候变化响应的研究。森林的大规模砍伐、湿地的破坏、城市范围的迅速扩张、工农业生产的高速发展可能会改变大气环境的组成结构、性质、物质循环过程,从而对区域气候带来影响^[92]。土地利用/覆被变化对大气中 CO_2 、 N_2O 、 CH_4 等主要温室气体含量的增加具有重要作用,目前和土地利用有关的温室气体释放量占全球温室气体释放量的比例大于 $1/3$,和土地利用有关的 CH_4 排放量占全球排放总量的 $3/4$,土地利用活动对温室气体收支平衡的改变有可能加剧全球温室效应的程度^[93]。Virtuoso^[94]估算了在过去 150 年间,土地利用变化和矿物燃料的燃烧向大气层排放的 CO_2 数量,结构显示土地利用变化使大气中 CO_2 的含量大约增加了 30%。Houghton 等^[95]发现在过去 150 多年间,农业用地的大量开垦、森林的不断砍伐等行为造成的自然生态系统向人类为主导的农业生态系统的转换过程中向大气释放的 CO_2 数量相当于同时期化石燃料燃烧释放的 CO_2 数量。肖笃宁等^[96]研究了环渤海三角洲湿地土地利用变化对温室气体排放的影响,结果表明将苇地改种水稻, CO_2 和 N_2O 的排放也有明显的季节变化规律。

由于各种人类活动引起的土地利用变化改变了地球表面的覆被情况,引起了地表的物理性质如粗糙度、地表辐射程度、水分蒸发条件、大气摩擦系数等的变化,这些改变又会引起下垫面的能量和水分平衡发生改变,使区域降水、气温、气压、风速等气候状况和光照、悬浮颗粒、能见度等大气质量状况发生改变^[97]。高学杰等^[98]运用区域气候模型(RegCM2)探讨了我国土地利用变化对区域气候的影响,研究表明土地利用变化会导致我国西北地区年均降水减少,年均气温在部分内陆地区升高和在个别沿海地区降低;大部分地区的夏季日均最高气温明显提高,此外冬季日均最低气温在东部地区呈现降低趋势,而西北地区有一定升高;土壤表层水分在全国明显减少。高志强^[99]等利用我国 1980 年、2000 年气候数据及对应时期的土地利用/覆被数据,利用 Holdridge 植被生态分区模型、重心模型等对我国气候变化对土地利用的影响程度进行了分析,结果表明 20 年间我国气候变化为北暖南冷,降水增多,气候变化及经济发展的双重作用导致中国土地利用程度重心 20 年来向东北方向移动了 54km,并且土地利用程度提高。彭静等^[100]利用 2001 年、2002 年和 2005 年 Landsat 卫星影像研究了北京市规划区范围的热岛效应,发现土地利用/覆被类型的不同与城市热岛效应的程度有密切的关系,城市扩展区域范围内地表城市热岛效应明显,城市化过程是城市热岛面积不断增加的主要原因。郝丽萍等^[101]对四川省成都市 50 年来气温、降水、相对湿度等主要气象要素和城市规模变化相关统计资料应用高斯九点滤波、年际变化斜率分析、两组样本平均值差异的显著性检验等统计方法进行分析,研究结果表明,在 20 世纪 80 年代末和 90 年代初,四川省成都市的热岛效应和干岛效应明显增强,且与成都市的城市化进程的相关关系非常明显。刘朝顺^[102]采用 LST、ET 等指标研究了地表温度对土地利用/覆被变化的响应。佟华等^[103]采用三维复杂地形中尺度数值模型,以 Landsat 卫星影像为数据源,依据北京市海淀区土地利用规划对规划区域气象场和大气环境进行了模拟,计算出海淀区的 PM_{10} 的浓度分布,试验表明规划建设用地建成后会增加当地和其下风方向的可吸入颗粒物浓度;增加绿化覆盖区域,减少建筑物的面积将会减缓空气质量污染。彭文甫^[104]运用空间分析方法将 1992—2008 年成都城市土地利用变化数据和空气环境质量主要污染物分布数据进行叠加,开展土地利用方式变化