

Zhongguo Beifang
Tudi Liyong / Fugai
Bianhua Wenti Yanjiu

李月臣 / 著

G B F T

W T Y J

中国北方土地利用/ 覆盖变化问题研究



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

中国北方土地利用/ 覆盖变化问题研究

李月臣 著

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书在土地利用/覆盖变化研究的理论和方法的指导下,以我国北方 13 省(市、自治区)为研究区,对该区的土地利用/覆盖变化从遥感检测、空间格局、演变过程、驱动机制、模型模拟等方面进行了全面深入的分析和研究。本书加深了对中国北方生态环境相对脆弱地区土地利用和土地覆盖变化的基本特征和规律的认识和理解,丰富和推动了我国土地利用和土地覆盖变化的综合研究。对研究区域土地利用与土地覆盖变化和环境演变具有十分重要意义。

本书可以作为地学、生态学、环境科学等专业的本科生研究生的参考教材;也可以供国土、环保、生态、规划、林业等部门和研究机构参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国北方土地利用/覆盖变化问题研究/李月臣著.

重庆:重庆大学出版社,2008.11

ISBN 978-7-5624-4639-2

I. 中… II. 李… III. ①土地利用—研究—中国 ②土地—
覆盖—研究—中国 IV. F321.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 135299 号

中国北方土地利用/覆盖变化问题研究

李月臣 著

责任编辑:谭 敏 版式设计:谭 敏

责任校对:谢 芳 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

四川省内江市兼升印务有限公司印刷

*

开本:940×1360 1/32 印张:5.875 字数:199 千

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—1 000

ISBN 978-7-5624-4639-2 定价:38.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

2001年我有幸考取北京师范大学资源学院的博士研究生,跟随导师宫鹏教授和陈晋教授攻读博士学位。博士期间,在导师的指导下,在李京教授、何春阳副教授等老师的帮助下,逐渐参与到全球变化研究的热点问题——土地利用/覆盖变化问题的研究中。随着研究的深入,我对土地利用/覆盖变化问题的认识也逐渐加强,兴趣也日益提升。土地利用/覆盖变化是自然和人文过程交叉最为密切的问题,是目前全球和区域变化的一个关键而迫切的研究课题。中国拥有广阔的陆地面积,具有独特的地理位置和生存环境格局,其地表系统的变化不仅对国家发展,还对局地、区域以及全球环境和气候系统都产生着广泛而深刻的影响。我国是发展中国家、人口众多,面临巨大的经济发展压力,各种社会经济活动强烈地影响着人类生存环境,土地利用/覆盖处于不断的调整 and 变化之中,区域生态环境问题非常突出,尤其是西部和北部等生态环境相对脆弱的地区。探讨我国的土地利用/覆盖变化对研究全球土地利用/覆盖变化和环境演变都有着特别重要的意义。因此,在征得导师同意并吸取其他老师的意见的基础上,结合参与的研究课题把博士论文的研究方向锁定在中国北方的土地利用/覆盖变化问题的研究上。对我国北方的土地利用/覆盖变化从遥感检测、空间格局、演变过程、驱动机制、模型模拟等方面进行了全面深入的分析和研究。研究的基本目标在于认识和理解中国北方生态环境相对脆弱区土地利用/覆盖变化的基本特征和规律,进而丰富和推动我国土地利用/覆盖变化的综合研究。

本书就是在我博士论文的基础上整理而成,其中部分阶段性成果已在国内外刊物上先行发表,还有部分成果没有公开发表。出版本书的目的是以此作为参与相关研究的部分成果,并作为对作者前期研究工作的阶段性总结,不妥之处,请各位前辈、同行和读者批评指正。

在此,以此书感谢导师宫鹏教授和陈晋教授在我攻读博士学位期间的精心指导。宫老师学识渊博,关心学生,性格随和,处处体现大家风范,他的言传身教将使我受益终生;陈晋教授的严格要求使我不敢有所松懈,使我能够获得更多的知识和培养更高的科研能力。同时,也以此书感谢李京教授

的指导和关心;感谢何春阳老师在我曾经最迷茫的时候给予的兄弟般的关心和帮助;感谢王平和李波老师对我博士期间工作的支持和生活上的关心;感谢南京大学国际地球系统科学研究所的江洪教授,中国农业科学院的陈仲新研究员,中国科学院研究生院的石敏俊研究员,中国科学院地理所的岳天祥研究员等专家对本书研究内容的建设性意见和建议。也正是在他们的鼓励和支持下我才萌发了出版本书的想法。

本文承蒙国家自然科学基金(40801077),中国科学院杰出海外学者基金(2001—1—13)和国家重点基础研究发展规划项目(G1999043406—03)资助,特此致谢。

李月臣

2008年7月于重庆

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 土地利用、土地覆盖的定义	1
1.2 土地利用与土地覆盖的相互关系	2
1.3 土地利用/覆盖变化研究问题的提出	3
1.4 土地利用/覆盖变化研究的目标	4
1.5 土地利用/覆盖变化的研究内容与进展	5
1.5.1 土地利用/覆盖信息提取与变化监测研究	5
1.5.2 土地利用/覆盖变化的分析与解释	8
1.5.3 土地利用/覆盖变化的环境效应与生态安全	11
1.5.4 土地利用/覆盖变化与可持续发展	13
1.6 研究背景与意义	14
1.7 研究的主要内容与框架	16
1.8 参考文献	18
第 2 章 北方 13 省土地利用/覆盖变化遥感检测方法研究	30
2.1 土地利用/覆盖变化遥感检测方法	30
2.1.1 基于双时相遥感数据的变化检测方法	30
2.1.1.1 基于图像代数运算的检测方法	30
2.1.1.2 基于数理转换的检测方法	31
2.1.1.3 基于分类的检测方法	32
2.1.2 基于高时间频率遥感影像时间序列数据的变化检测方法	33
2.2 基于 NDVI 时间序列数据的土地利用/覆盖变化检测指标的设计	33
2.2.1 问题的提出	33
2.2.2 土地利用/覆盖变化在 NDVI 时间序列上的反映	34
2.2.3 现有变化检测指标对比分析	35
2.2.4 变化检测指标的设计	38
2.2.4.1 值指数的设计	38
2.2.4.2 形指数的设计	39

2.2.4.3 综合变化检测指标的设计	41
2.3 变化检测方法的验证	44
2.3.1 遥感图像预处理	44
2.3.2 基于 ETM 影像的变化检测	45
2.3.3 与 CVA 方法对比分析	46
2.4 结论与讨论	48
2.5 应用——北方 13 省土地利用/覆盖变化遥感检测	49
2.5.1 NDVI 数据处理	50
2.5.2 变化强度信息提取	50
2.5.3 变化像元检测	51
2.6 本章小结	52
2.7 参考文献	53
第 3 章 北方 13 省土地利用/覆盖动态变化分析	56
3.1 土地利用/覆盖动态变化分析的主要方法	56
3.1.1 土地利用/覆盖数量动态变化分析方法	56
3.1.1.1 动态度分析方法	56
3.1.1.2 类型转移矩阵分析方法	57
3.1.2 土地利用/覆盖空间动态变化分析方法	57
3.1.2.1 重心迁移分析方法	57
3.1.2.2 景观格局分析方法	57
3.1.2.3 区域差异分析方法	58
3.2 北方 13 省土地利用/覆盖动态变化分析	58
3.2.1 研究数据	58
3.2.2 研究方法	60
3.2.2.1 土地利用/覆盖空间格局演变分析	60
3.2.2.2 土地利用/覆盖重心迁移分析	62
3.2.2.3 土地利用/覆盖类型转移方向分析	63
3.2.2.4 土地利用/覆盖变化的区域差异分析	64
3.3 结果分析	67
3.3.1 北方 13 省土地利用/覆盖空间格局演变的总体特征	67
3.3.1.1 景观类型层次	67
3.3.1.2 景观层次	69
3.3.2 北方 13 省土地利用/覆盖重心迁移特征	70

3.3.3 北方 13 省土地利用/覆盖类型间的转变的总体特征	70
3.3.4 北方 13 省土地利用/覆盖变化的区域差异分析	72
3.3.4.1 各区域土地利用/覆盖相对变化率差异分析	72
3.3.4.2 各区域土地利用/覆盖空间格局变化差异分析	73
3.3.4.3 各区域土地利用/覆盖转移特征差异分析	74
3.4 本章小结	75
3.5 参考文献	76
第 4 章 北方 13 省生态安全动态分析	79
4.1 区域生态安全的基础理论	79
4.1.1 区域生态安全的含义	79
4.1.2 区域生态安全研究的特点	80
4.1.3 区域生态安全的研究方法	81
4.2 北方 13 省生态安全动态分析	83
4.2.1 研究方法	83
4.2.1.1 基于土地利用/覆盖景观格局的区域生态安全指数的 构建	84
4.2.1.2 区域生态安全的空间分析方法	87
4.2.2 结果与分析	88
4.2.2.1 北方 13 省生态安全的空间分异特征	88
4.2.2.2 北方 13 省生态安全的时序变化特征分析	91
4.2.2.3 北方 13 省生态安全的空间分布及变化特征分析	93
4.3 本章小结	98
4.4 参考文献	99
第 5 章 北方 13 省土地利用/覆盖变化驱动力分析	102
5.1 土地利用/覆盖变化驱动力研究的理论问题	102
5.1.1 土地利用/覆盖变化驱动力的经济学解释	102
5.1.2 土地利用/覆盖变化驱动力的宏观分析	103
5.1.3 土地利用/覆盖变化具体驱动力的辨识	105
5.1.4 土地利用/覆盖变化驱动力的特征	106
5.1.4.1 驱动力系统的层次性特征	106
5.1.4.2 驱动力系统的综合性特征	107
5.1.4.3 驱动力系统的尺度转换特征	107
5.1.4.4 驱动力系统的动态性特征	107

5.1.5 土地利用/覆盖变化驱动力研究方法	108
5.1.5.1 定性及概念模型方法	108
5.1.5.2 统计分析方法	108
5.1.5.3 系统动力学方法	109
5.1.5.4 人工神经网络方法	109
5.2 北方 13 省土地利用/覆盖变化的驱动力分析	110
5.2.1 研究方法与数据	110
5.2.2 驱动因子的选取	111
5.2.3 驱动因子的主成分分析	112
5.2.4 北方 13 省土地利用/覆盖变化的驱动力分析	115
5.2.4.1 耕地变化的驱动力分析	116
5.2.4.2 林地变化的驱动力分析	119
5.2.4.3 草地变化的驱动力分析	120
5.2.4.4 城镇及建设用地变化的驱动力分析	121
5.2.4.5 水域变化的驱动力分析	122
5.2.4.6 未利用地变化的驱动力分析	122
5.3 北方 13 省土地利用/覆盖变化宏观驱动力的空间分异	123
5.3.1 宏观驱动力指数的计算	123
5.3.2 宏观驱动力的空间分异特征	124
5.4 本章小结	126
5.5 参考文献	127
第 6 章 北方 13 省土地利用/覆盖变化模型模拟	129
6.1 土地利用/覆盖变化预测与模拟模型	129
6.1.1 经验统计模型(Empirical-statistical models)	129
6.1.2 随机模型(Stochastic models)	130
6.1.3 动力学模型(Dynamic simulation models)	130
6.1.4 主体行为模型(Agent-based models)	133
6.2 土地利用/覆盖时空变化的模拟模型设计	133
6.2.1 模型的基本结构	134
6.2.2 宏观非空间需求模块设计	135
6.2.3 微观空间分配模块设计	137
6.2.3.1 BP 神经网络介绍	137
6.2.3.2 基于 BP 神经网络与 CA 模型的空间分配模块设计 ..	139

6.3 北方 13 省土地利用/覆盖时空变化的预测与模拟	142
6.3.1 土地利用/覆盖总量需求预测	142
6.3.2 土地利用/覆盖时空变化模拟	146
6.3.2.1 数据处理	146
6.3.2.2 BP 神经网络结构的建立与训练	148
6.3.2.3 基于 BPNN-CA 的土地利用/覆盖时空变化模拟	150
6.4 本章小结	152
6.5 参考文献	153
第 7 章 北方 13 省草地资源保护方法研究	
——以锡林浩特温带典型草原为例	157
7.1 引言	157
7.2 研究区与数据获取	159
7.2.1 研究区概况	159
7.2.2 数据	159
7.3 研究方法	161
7.3.1 草原现状监测与“种子点”提取	161
7.3.2 BPNN + CA 模型的建立	162
7.3.3 CA 方法与遥感分割方法提取结果比较	165
7.4 结果分析	165
7.4.1 模拟结果与 2000 年土地利用/覆盖现状图比较	165
7.4.2 模拟结果与遥感分割方法提取结果比较	166
7.5 本章小结	166
7.6 参考文献	167
第 8 章 结论与讨论	170
8.1 主要研究结论	170
8.1.1 设计了新的大区域土地利用/覆盖变化遥感检测方法	170
8.1.2 重建了研究区土地利用/覆盖动态变化的时空格局和过程	171
8.1.3 分析了研究区生态安全动态变化的时空特征	172
8.1.4 揭示了研究区土地利用/覆盖变化的驱动力	173
8.1.5 发展了土地利用/覆盖变化的模拟模型	174
8.1.6 建立了优质草地资源保护方法	174
8.2 讨论	175

第 1 章 绪 论

1.1 土地利用、土地覆盖的定义

土地利用(land use)和土地覆盖(land cover)是两个既有联系又有区别的概念。黄秉维等(1999)认为土地利用是指人类为获取所需要的产品或服务所进行的土地资源利用活动,是人类对土地自然属性的利用方式和利用状况,包含着人类利用土地的目的和意图。按国际粮农组织(FAO)下的定义:土地利用是指直接联系于土地的,利用土地资源或实施影响于土地之上的人类活动(“the human activities which are directly related to land, making use of its resources or having an impact on them.”)。通过土地利用的定义可以看出:土地利用着重从人类开发利用的角度对土地的“人为世界”进行分类,通常是指耕地、林地、牧场、建设用地、交通用地等的划分(陈传康,1992)。

土地覆盖是随着遥感技术的发展而出现的一个新概念,它的含义与土地利用相近,只是研究的角度有所不同(左大康,1990)。“国际地圈与生物圈计划”(IGBP)和“全球环境变化的人文领域计划”(IHDP)将土地覆盖定义为“地球表层和近地面层的自然状态,是自然过程和人类活动共同作用的结果”(Turner,1995);美国全球环境变化委员会(USSGCR)将其定义为“覆盖着地球表层的植被及其他性质”(USSGCR,1996)。美国生态学会的定义为“土地表面的生态状态和自然表现”。此外,还有学者认为土地覆盖是“具有一定地形起伏的覆盖着植被、雪、冰川和水体,包括土壤层在内的陆地表层”。上述定义虽然措辞不同,但均蕴含着两层意义:土地覆盖是陆地生物圈的重要组成部分;土地覆盖的最主要组成部分是植被,但也包括土壤和陆地表面的水体等类型。全球不同区域土地覆盖的性质主要决定于自然因素,但目前土地覆盖状况则主要是人类对土地的利用和整治活动造成的(延昊,2002)。

1.2 土地利用与土地覆盖的相互关系

综合上述分析可知,土地利用与土地覆盖具有非常密切的联系,前者是人类基于土地所进行的社会生产实际活动,后者是土地利用结果的外在表现形式,二者的含义相近,只是研究的角度有所不同(左大康,1990)。土地利用往往表现为功能性的特点,而土地覆盖则主要表现为形态性的特点。从因果关系上看,土地利用是土地覆盖变化的外在驱动力,一般土地覆盖变化主要是由土地利用产生的(Klepeis et al., 2001)。土地覆盖变化反过来又会影响土地利用的方式。土地利用变化导致土地覆盖状况的变化主要有两种类型(Turner et al., 1994):渐变(modification)和转换(conversion)。渐变是指同一种土地覆盖类型内部条件的变化,如对森林进行疏伐,或农田施肥等;转换则是指一种覆盖类型转变为另一种覆盖类型,如森林变为农田或草地等。此外,维护(maintenance),即让土地覆盖保持一定的状态,也是人类活动影响土地覆盖的一种形式。土地利用与土地覆盖的关系可以用图1.1加以描述。图中,土地覆盖(自然系统)处于土地利用及其驱动力组成的系统关系中。驱动力在不同社会条件下的相互作用产生了不同的土地利用方式,土地利用对土地覆盖的影响则通过土地覆盖的渐变、转换或维护表现出来。土地覆盖变化又通过环境影响反馈回路影响到土地利用变化的驱动力。另一方面,土地覆盖变化(2和3)的影响经过累积作用可以达到全球规模,继而加速气候变化。而气候变化的结果又反馈回有土地覆盖构成的自然系统,并且最终通过环境影响回路对驱动力发生作用。由于土地利用与土地覆盖之间存在着密不可分的关系,所以人们常把两者联系在一起,拼写为 land use/cover change,简称为 LUCC,并且对于它们所产生的广泛影响给予了越来越多的关注(摆万奇等,1999)。

就遥感监测来说,土地覆盖几乎完全依赖于卫星提供的光谱信息数据。就传统的航片目视解译技术,尽管借助判读技术人员本身所具有的专业知识和识读智能,利用航片上所显现的覆盖物色调、形状、相对位置和其他相片元素可提供一定的土地覆盖和土地利用信息,但航片对土地利用的解译也是有其限制性的,许多反映土地利用的社会、经济属性的特征信息,是无法从空中航摄获取得到的。因此,一般认为,遥感监测技术更适合于获取土地覆盖信息,从航空或卫星遥感监测所能获取的只是土地覆盖信息而非土

地利用信息,特别是对计算机自动模式识别更是如此。要获得土地利用信息,需要进一步地结合各种形式的地面调查进行综合解译(Gong et al., 1990)。

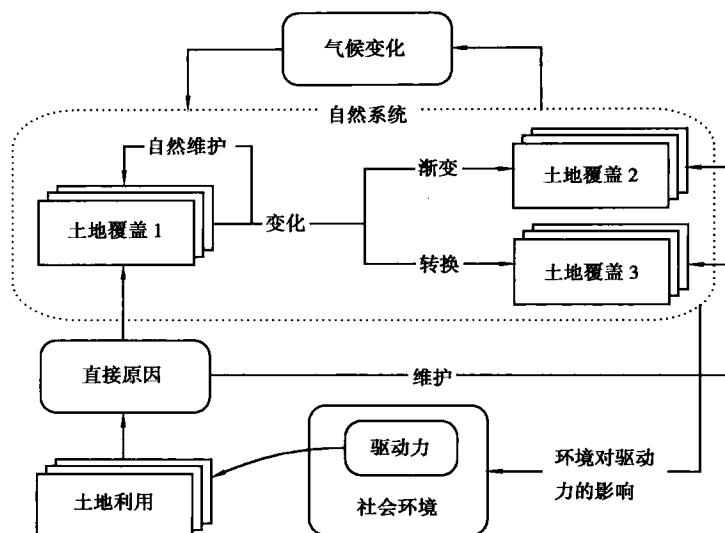


图 1.1 土地利用和覆盖之间的联系(Tumer et al., 1993)

Fig. 1.1 Links between land use and land cover(Source: Tumer et al. 1993).

1.3 土地利用/覆盖变化研究问题的提出

从 1986 年美国发表开展全球变化研究战略报告至今已有 20 多年的历史(Eddy J. A, 1986),在这一期间,全球变化的研究已经成为带动地球科学及相关学科研究的前沿论题,一直受到学术界的高度关注(IGBP, IHDP, WCRP, 2001)。随着全球变化研究的深入发展,各国学者越来越迫切地感到人类活动对环境变化的巨大影响,尤其认识到人类为了自身的生存和发展,对土地的开发利用引起的土地覆盖变化已成为全球变化的重要组成部分和主要原因。人类通过与土地有关的社会经济活动,改变着陆地表面覆盖状况,其环境影响不仅仅局限于当地和周边地区而且波及全球范围。土地利用/覆盖变化对区域水循环、环境质量、生物多样性以及陆地生态系统的生产力和适应能力的影响则更为深刻。地球系统科学、全球环境变化以

及可持续发展研究涉及众多的自然和人文领域问题,加强自然和人文社会科学领域的综合研究已经成为两大学科领域众多学者的共识。土地利用/覆盖变化研究可以说是自然和人文过程交叉最为密切的问题,因此,20 世纪 90 年代以来,全球环境变化研究逐渐加强了土地利用/覆盖变化的研究。自 1990 年起,IGBP 和 IHDP 积极筹划全球性综合研究计划,并于 1995 年共同拟定发表了《土地利用/土地覆盖变化科学研究计划》,将其列为核心研究内容之一,希望以此为突破口,推动全球问题的综合研究。

1.4 土地利用/覆盖变化研究的目标

土地利用/覆盖变化研究的总体目标是通过研究不同时空尺度的土地利用/覆盖变化,加深对全球土地利用/覆盖变化动态过程以及对人类社会经济与环境所产生影响的认识,提高预测土地利用/覆盖变化的能力,为全球、国家或区域的可持续发展战略提供决策依据(Turner et al., 1997)。具体目标如下:①认识全球土地利用/覆盖的驱动力;②调查和描述土地利用/覆盖的时空演变;③确定各种土地利用/覆盖和可持续性的关系;④认识土地利用/覆盖变化、生物地球化学和气候之间的关系。

就我国而言,土地利用/覆盖变化研究的目标定位是:系统分析我国社会经济发展、自然环境变迁与土地利用/覆盖变化的关系,预测未来土地利用/覆盖变化情景,为国家和地方编制国土规划、实施土地用途管制、建立土地可持续管理标准,以及确保我国食物安全、资源安全、生态安全和经济持续增长目标,提供科学决策依据。具体目标包括:①通过分析不同时空尺度的中国土地利用/覆盖变化驱动机制,加深对土地利用/覆盖变化规律的科学认识;②综合分析不同类型典型地区土地利用/覆盖变化格局和过程;③建立土地利用/覆被变化驱动力模型,并推测中国未来 10~30 年,在不同的经济社会发展方案及政策导向下的土地利用/覆盖数量、质量和空间变化趋势及可能效应,为全国和地区尺度的水土资源安全、食物安全、生态安全等战略的制定与实施提供基本理论依据;④综合遥感影像分类和整合全国土地详查资料及其历年变更数据,建立近 20 年来国家尺度土地利用/覆被时空变化及其驱动力因子(资源环境与社会经济)数据库,并集成专家知识库、模型库和方法库,构建规范的并且具有较强操作性的中国土地利用/覆被变化监测评估、情景预测与预警系统(刘彦随等,2002)。

1.5 土地利用/覆盖变化的研究内容与进展

土地利用/覆盖变化作为科学研究领域,其研究内容主要包括土地利用/覆盖变化的监测(Documentation)、解释(Explanation)和效应(Impact)。监测主要包括土地利用/覆盖及变化类型的分类、测量及制图与统计;土地利用/覆盖变化的解释则主要包括动力与阻力、直接与间接原因、定量与定性及预测模型;土地利用/覆盖变化的效应主要包括资源、环境及生态效应(史培军等,2004)。具体而言,土地利用/覆盖变化的研究内容主要包括以下几个方面:①变化信息的获取与处理;②变化的时空分布与演变特征;③变化的动力机制研究;④变化的环境效应研究;⑤土地利用/覆盖与可持续发展。

在过去10多年的研究中,国内外专家在土地利用/覆盖的信息提取、变化监测与解释等方面开展了大量研究工作,其中在信息提取与变化监测方面的成果最为突出,而对土地利用/覆盖变化效应的研究还处于初始阶段。但近年来,土地利用/覆盖变化在不同区域和不同尺度上的环境效应以及可持续发展的关系等领域的研究逐渐得到了学术界的重视,成为全球变化、地球系统科学以及可持续发展科学的核心问题。

1.5.1 土地利用/覆盖信息提取与变化监测研究

土地利用/覆盖变化研究中,遥感是最主要的技术手段。随着一系列大型国际遥感计划的实施以及相关地球表面观测站点的建立,卫星遥感技术为进行持续、重复、多时空尺度的土地利用/覆盖信息提取与变化监测提供了坚实的基础。LUCC计划中提出进行多空间尺度的土地利用/覆盖变化研究,将低空间分辨率和高空间分辨率的卫星遥感信息相结合进行全球尺度和区域尺度的研究。在全球范围进行1~2 km分辨率的土地覆盖变化制图,对区域的精确研究则采用陆地卫星数据等高空间分辨率资料进行。低空间分辨率的大尺度观测数据可以得到宏观土地覆盖类型及其变化的一些信息;高空间分辨率遥感数据可以获取详细的土地利用/覆盖变化信息以及变化的空间几何特征和时间序列数据(史培军等,2000a)。长期以来人们努力探索提高土地利用/覆盖信息提取与变化监测的技术手段与方法,并取得积极进展。利用数据统计理论方法结合人工解译一直以来都是土地利用/覆盖遥感分类、获取相关信息的主导方法,在各种尺度的土地利用/覆盖分类

研究中发挥着重要作用(Gong et al., 1989; Loveland et al., 1991; Running et al., 1995; Lambin et al., 1996; 潘耀忠 等, 2000; 刘纪远 等, 2000; Stephen et al., 2004)。近年来,随着研究的不断深入,人工神经网络(Kanellopoulos et al., 1992; 肖平等, 2002)、决策树(Friedl et al., 1997)、计算机识别(Defries et al., 2000)、专家系统(Mathiew et al., 1996)、多源信息分类(San et al., 1996)、模糊分类(Masell, 1996)以及将多种数据和分类方法分别进行并相互组合的混合分类(Benediktsson, 1997)等新的方法纷纷涌现,大大丰富了土地利用/覆盖信息提取与变化监测研究内容,提高了分类精度。

几十年来,随着土地利用/覆盖变化的复杂性以及遥感数据源多样性的不断增加,新的变化监测方法不断涌现(Lu et al., 2004)。应用遥感技术进行土地利用/覆盖动态监测,主要在两种区域尺度的范围内开展(史培军 等, 2000a):一是区域级尺度(省、地、县、区等);二是全球、洲际或全国等大尺度。近年来各国学者在各种尺度上对土地利用/覆盖信息提取与变化监测的研究在技术方法和精度上都取得了较大进展。区域尺度上,土地利用/覆盖变化研究中使用的数据源大都是高空间分辨率遥感影像,如 TM、SPOT、IKNOS 等。所采用的方法主要包括①基于图像代数运算的变化监测方法。如图像差值法、图像回归法、图像比值法、变化矢量分析法等。这些方法相对比较简单且容易应用与解释,在土地利用/覆盖变化监测中得到了许多成功的应用。Miller 等(1978)成功的利用 Landsat 图像差值法对泰国北部的热带森林变化进行了研究;Singh (1986)的研究表明基于 MSS5 的图像回归方法在热带森林地区的覆盖变化研究中能够达到最大检测精度;Stow 等(1990)研究结果表明多时像、多传感器图像比值法是一种有效的土地覆盖变化检测方法;20 世纪 70 年代末美国密歇根环境研究所首次应用 CVA 方法研究了空间景观的变化特征(Coppin et al., 2004)。此后,CVA 方法成功的应用于多次土地覆盖变化检测中(Michalek et al., 1993; 陈晋 等, 2001; Chen et al., 2003)。②基于数理转换的变化监测方法。如主成分分析和缨帽变换法等。这些方法能够克服因波段相关导致的数据冗余的缺点,因此在土地利用/覆盖变化监测中应用也十分广泛(Gong, 1993; Fung, 1993; Singh et al., 1985)。③基于分类的变化监测方法。分类后比较法是这类方法中最为常见的,也是目前土地覆盖变化检测中广泛应用的方法之一。其最成功的应用是 Hall 等(1991)的研究。此外,近几年随着人工神经网络技术应用领域的不断扩大,其在土地覆盖变化检测中的应用也逐渐引起人们的注意(Abuelgasim, 1999; Dai, 1999; Woodcock, 2001; Liu, 2002)。

20 世纪 80 年代以来,人们越来越关注低精度对地观测数据,最主要代表是 NOAA/AVHRR 影像。Tucker 等早在 1985 年就使用多时相 AVHRR 的 NDVI 数据,采用主成分分析法,对派生的主分量进行非洲大陆的土地覆盖研究;1987 年 Townshend 等也应用多时相 AVHRR/NDVI 数据对南美洲进行洲际尺度的土地覆盖研究;Eastman 等(1993)利用 SPCA 方法分析了非洲 1986—1988 年 36 个月 AVHRR/NDVI 时间序列数据。研究表明 SPCA 是一种较为理想的分析时间序列数据监测土地利用/覆盖变化的方法。最有代表性的是 Loveland et al. (1998)的研究成果,他们通过计算 NDVI 等植被指数方式来进行土地覆盖分类进而进行变化信息检测。国内,朱启疆等(1991)、李晓兵等(1999)也进行了相关研究。大尺度土地覆盖变化监测中,各国学者除了使用主成分分析方法提取主要信息进行土地覆盖变化研究外,同时一些以往主要用于区域尺度研究上的变化信息提取方法,如变化向量法等也被用于大尺度研究中,体现出了相互融合的特点。典型的是 1994 年 Lambin and Strahler(1994a;1994b)将应用于多光谱空间的变化向量分析技术扩展到多时相空间中,他们通过对具有高时间频率的 AVHRR 数据的时间发展曲线进行年度间对比,探查了 1987 年 7 月至 1989 年 6 月间西非的土地覆盖变化过程。由于比经典方法(不同年份或季节只有一景孤立数据)利用了丰富得多的遥感数据季节信息,因此,这种多时相变化矢量分析方法能够更加敏感地探测出来自植被物候、初级生产力以及生态系统动力学方面的细微变化。近年来,MODIS 资料以其高光谱分辨率和较高的地面分辨率,已经开始在土地利用/覆盖研究领域发挥其综合优势。如 Friedl 等(2002)利用 MODIS 资料,主要运用单变量决策树法进行了全球土地覆盖分类研究。Zhan 等(2002)也基于 MODIS 的 250 m 分辨率资料并采用变化向量分析等方法进行了全球 5 个典型区域的土地覆盖变化遥感监测研究。国内唐俊梅等(2002)用 MODIS 资料的植被指数和多通道合成法进行了松嫩平原的宏观土地覆盖监测研究。

近几年,各国学者发展了许多新的监测方法,虽然实际应用较少但却丰富了土地利用/覆盖变化监测技术的内容。如:基于空间相互关系的变化检测方法(Henebry,1993);基于知识的图像识别方法(Wang,1993);普通线性模型(Morisette et al.,1999);基于结构的检测方法(Zhang et al.,2002);基于分形和 Moran's I 等空间统计的变化检测方法(Read et al.,2002)等。

总之,土地利用/覆盖变化信息提取和变化监测方法的不断改善和提高,为土地利用/覆盖变化研究提供了完善的方法支持。今后随着多颗新型