

目 录

前 言

第一章 土地利用/覆盖变化研究进展	(1)
§ 1.1 国际土地利用/覆盖变化研究计划的基本内容	(1)
1.1.1 研究目标	(1)
1.1.2 研究内容	(2)
1.1.3 研究焦点	(2)
1.1.4 研究意义	(3)
§ 1.2 LUCC 研究进展	(3)
1.2.1 LUCC 信息的获取——土地利用 /覆盖变化监测	(3)
1.2.2 LUCC 信息的处理——土地利用 /覆盖变化制图与土地覆盖空间数据 库的建设	(6)
1.2.3 LUCC 机制研究	(7)
1.2.4 当前 LUCC 研究中的主要问题	(8)
1.2.5 结论与讨论	(11)
§ 1.3 土地利用/覆盖变化研究中的代表性学术流派	(11)
1.3.1 土地利用与土地覆盖变化研究的简史	(11)
1.3.2 土地利用 /覆盖变化研究学术流派	(13)
1.3.3 结论与讨论	(19)
§ 1.4 土地利用/覆盖变化的环境影响研究	(19)
1.4.1 土地利用 /覆盖变化对环境的影响	(19)
1.4.2 土地利用 /覆盖变化的环境影响研究的主要内容	(22)
1.4.3 结论与讨论	(23)
§ 1.5 人类活动对区域环境的影响研究	(23)
1.5.1 人类活动对区域环境影响的概念化模型与模式	(24)
1.5.2 人类活动对区域环境影响研究的国际进展与展望	(24)
1.5.3 人类活动对区域环境影响的国内研究基础	(27)
1.5.4 建议支持研究的重点方向及资助措施	(28)
1.5.5 结论与讨论	(30)
第二章 区域土地利用/覆盖测量技术体系	(36)
§ 2.1 土地利用/覆盖遥感分类的基本方法	(38)
2.1.1 图像空间、特征空间等模式识别的基本概念	(38)
2.1.2 利用遥感资料进行土地利用 /覆盖制图的一般方法	(39)
§ 2.2 基于特征频率的上下文土地利用分类法	(40)
2.2.1 用像元邻域直方图刻画上下文特征	(41)

2.2.2 分类器	(42)
§ 2.3 特征向量的压缩方法及一个新的簇分类法	(43)
2.3.1 特征向量的压缩	(43)
2.3.2 基于特征向量压缩的簇分类方法	(46)
§ 2.4 分类结果评价方法	(47)
2.4.1 确定抽样方法	(47)
2.4.2 确定抽样数	(47)
2.4.3 使用其他方法确定每个样本的类型作为参考数据	(48)
2.4.4 建立误差矩阵	(48)
2.4.5 计算各种精确度或误差的方法	(49)
2.4.6 分类结果的不确定性	(50)
§ 2.5 子像元分解法提取土地覆盖定量信息	(51)
2.5.1 线性光谱混合	(51)
2.5.2 线性光谱混合过程的反演	(52)
§ 2.6 利用遥感技术监测土地覆盖/利用变化的基本方法	(53)
2.6.1 图像几何纠正	(54)
2.6.2 图像辐射纠正	(55)
2.6.3 探测变化	(58)
§ 2.7 应用实例	(61)
2.7.1 对高分辨率影像进行上下文分类应用示例	(61)
2.7.2 对陆地卫星 TM 影像子像元的分解试验	(62)
2.7.3 变化探测应用实例	(63)
第三章 基于 NOAA/AVHRR 数据的中国植被分类及其变化的区域分异规律	(67)
§ 3.1 基于 NOAA/AVHRR 数据的中国植被分类	(67)
3.1.1 本项研究的数据来源及处理方法	(68)
3.1.2 植被类型的判定及分类精度检验	(69)
3.1.3 结论与讨论	(75)
§ 3.2 基于 NOAA/AVHRR 和 Holdridge 可能蒸散的中国土地覆盖综合分类	(76)
3.2.1 数据来源及处理方法	(76)
3.2.2 多维空间信息综合土地覆盖分类	(78)
3.2.3 结果及分析	(80)
3.2.4 结论	(84)
§ 3.3 植被类型 NDVI 值动态变化区域规律分析	(84)
3.3.1 数据来源及处理方法	(85)
3.3.2 结果与分析	(86)
§ 3.4 植被类型 NDVI 动态变化区域的划分及分析	(89)
3.4.1 NDVI 变化区域的划分	(89)

3.4.2	NDVI 变化区域的分析	(90)
§ 3.5	典型植被类型 NDVI 与气温、降水变化的敏感性分析	(91)
3.5.1	气象数据的整理	(92)
3.5.2	结果与分析	(93)
3.5.3	结论与讨论	(96)
第四章	区域土地利用/覆盖变化过程模型与模拟	(99)
§ 4.1	概述	(99)
§ 4.2	土地利用和土地覆盖变化模型的构成	(100)
4.2.1	土地利用和土地覆盖的分类	(100)
4.2.2	变化的动因	(101)
4.2.3	变化过程	(101)
4.2.4	影响及后果	(101)
§ 4.3	模拟土地利用空间格局的变化及其对碳循环的影响	(102)
4.3.1	建模原则	(102)
4.3.2	模型的结构和计算步骤	(103)
4.3.3	模型的验证和应用	(105)
§ 4.4	深圳市土地利用/覆盖变化过程	(106)
4.4.1	土地利用覆盖变化的定量研究方法	(106)
4.4.2	深圳市土地利用变化过程	(109)
4.4.3	深圳市土地利用变化机制	(111)
§ 4.5	深圳市土地利用/覆盖变化模型	(113)
4.5.1	模拟城市用地扩展的基于 CA 的随机约束模型	(113)
4.5.2	农业用地内部土地利用变化的经验模型	(116)
4.5.3	土地利用变化分配	(117)
§ 4.6	深圳市土地利用/覆盖变化模拟	(118)
4.6.1	土地利用变化模拟	(118)
4.6.2	土地利用变化的趋势模拟	(118)
第五章	区域土地利用/覆盖变化对环境与灾害的影响机制	(124)
§ 5.1	深圳土地利用/覆盖变化对局地气候的影响模拟	(124)
5.1.1	研究区和数据	(124)
5.1.2	数字模拟	(127)
5.1.3	结果分析	(131)
5.1.4	结论	(134)
§ 5.2	深圳土地利用/覆盖变化与生态环境安全分析	(134)
5.2.1	深圳土地利用/覆盖变化特征	(135)
5.2.2	深圳环境污染的变化	(136)
5.2.3	深圳城市化进程与生态环境安全水平变化之间的关系分析	(139)
5.2.4	结论与讨论	(140)
§ 5.3	土地利用变化对农业自然灾害灾情的影响机理——内蒙古乌兰察布盟	

案例分析	(140)
5.3.1 农牧业生产的气候背景分析	(140)
5.3.2 农业自然灾害与粮食生产关系的分析	(142)
5.3.3 土地利用变化对农业自然灾害灾情程度的影响分析	(143)
5.3.4 结论	(147)
§ 5.4 土地利用变化对农业自然灾害灾情的影响机理——湖南洞庭湖案例分析	(147)
5.4.1 数据来源	(148)
5.4.2 结果分析	(148)
5.4.3 结论与讨论	(152)

图版

第一章 土地利用 / 覆盖变化 研究进展

地球表层系统最突出的景观标志就是土地利用与土地覆盖(land use/land cover)^[1]。土地利用和土地覆盖是两个既有联系,又有区别的概念。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。土地覆盖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,包括地表植被、土壤、冰川、湖泊、沼泽湿地及各种建筑物(如道路等),具有特定的时间和空间属性,其形态和状态可在多种时空尺度上变化。土地利用侧重于土地的社会经济属性,土地覆盖侧重于土地的自然属性。土地利用/土地覆盖的变化可划分为两类:改造与变异,前者指由一种土地覆盖类型转变为另一类土地覆盖类型,如由农业用地转变为非农业用地;后者指土地覆盖类型内部的变化,如工业用地转变为商业居住用地的变化^[2~5]。

本章在概述土地利用/覆盖变化研究计划的基础上,阐述了土地利用/覆盖变化研究进展、代表性学派,以及土地利用/覆盖变化的环境影响、人类活动对区域环境的影响,指出土地利用/覆盖变化的研究应以地球表层人地系统动力学为指导,从研究典型样区的土地利用/覆盖变化机制入手,在“3S”技术的支持下寻求突破。

§ 1.1 国际土地利用/覆盖变化研究计划的基本内容

随着全球变化研究的深入和发展,各国科学家越来越感到人类活动对环境变化的影响,尤其人类的生存与发展对土地的开发利用以及引起的土地覆盖变化被认为是全球环境变化的重要组成部分和主要原因^[6~9]。因此,国际地圈-生物圈计划(IGBP)和全球环境变化中的人文领域计划(HDP)在1995年联合提出了“土地利用和土地覆盖变化”(Land use and land cover change, LUCC)研究计划,使土地利用变化研究成为目前全球变化研究的前沿和热点课题^[10~12]。

1.1.1 研究目标

LUCC计划研究的基本目标是提高对全球土地利用和土地覆盖变化动力学(动态过程)的认识,并着重提高预测土地利用和土地覆盖变化的能力^[7]。具体包含四个目标:一是更好地认识全球土地利用和土地覆盖的驱动力;二是调查和描述土地利用和土地覆盖动力学中的时空可变性;三是确定各种土地利用和可持续性间的关系;四是认识LUCC、生物地球化学和气候之间的相互关系。

1.1.2 研究内容

1. 三个研究重点

重点一:土地利用动力学——案例研究的比较分析

土地利用动力学是一种案例比较研究方法,目的在于提高对土地管理中的自然-社会驱动力变化的认识,从而帮助建立区域和全球模型。它通过确定和分析一系列反映全球范围 LUCC 动力学的区域情况,允许对整个模型进行时空调整进而提供对气候影响和可持续性研究的局部和区域的认识。

重点二:土地覆盖动力学——直接观测和诊断模型

土地覆盖动力学包括对从直接观测中(卫星影像和野外测量)得到的土地覆盖变化进行的区域评价和从这些观测中建立的模型。它试图与特殊土地利用管理实践相关的土地覆盖结果提供空间方面的确定性。

重点三:区域和全球综合模型

区域和全球综合模型通过改进和建立新的模型来提供预测潜在作用或驱动力下土地利用变化的基础。它主要包括土地生产模型、土地覆盖以及环境影响模型、土地利用分配模型、经济模型等的综合,尔后在此基础上进一步发展由人口模型以及人类行为与法律共同综合而成的区域和全球土地利用/土地覆盖模型系统。这些模型将合并区域的和由重点一和重点二提供的灵敏度进而从区域和全球模型中产生更加准确可靠的输出结果。

2. 综合研究

数据和分类:分析数据的可靠性和质量,提供满足三个研究重点各种需要的分类结构。它也确定和建立对 LUCC 研究非常重要的数据库和测量标准。

尺度动力学:认识各种不同尺度下的 LUCC 研究过程以及研究中的不同分析尺度,排除进行 LUCC 综合认识的主要障碍。该项研究试图确定指导 LUCC 努力的主要规范,从而提高三个研究重点的整体性。

1.1.3 研究焦点

由于土地利用/覆盖变化的机制对解释土地覆盖的时空变化和建立土地覆盖变化的预测模型起关键作用,是整个全球环境变化研究计划对土地利用/覆盖变化项目的要求,因而是 LUCC 研究的焦点^[13]。但在进行区域性的土地利用/覆盖变化研究时,由于驱动因子-土地利用土地覆盖系统的变化机制是极为复杂的,而且变化的空间和时间尺度难以把握,使得在土地利用/覆盖变化研究中遇到许多困难^[2]。

要进行土地利用/覆盖变化机制研究,现在主要是通过遥感图像分析,通过区域性案例的研究,了解过去不同时段城市土地覆盖的空间变化过程,并将其与改变土地利用方式的自然和经济主要驱动因子联系起来,建立解释土地覆盖时空变化的经验模型。再结合土地利用的地面调查,建立区域性的驱动因子-土地利用-土地覆盖变化的诊断模型^[2]。

1.1.4 研究意义

1. 增强对人类活动在全球变化中作用机制的认识

全球变化就是包括气候、土地生产力、海洋及其他水资源,大气化学以及包括生态系统在内的支撑生命能力的全球环境变化。全球变化研究从 20 世纪 80 年代中期至今已有 10 多年的历史,人们深刻地认识到全球变化在不同时间和空间尺度上的复杂性^[9,14,15]。全球变化研究的难点在于区分全球环境变化中的自然因素和人类活动的作用,以及二者又是如何相互作用的,人类只有对自然界和人类自身的作用有了比较清晰的认识,才能比较自由地驾驭人类赖以生存的环境朝着有益于人类的方向发展^[16]。Turner 等人指出,虽然在全球变化中人的行为非常复杂,但从对地球表层系统的动态影响来看,土地利用/覆盖变化机制最能表达这一过程^[14]。土地利用与土地覆盖直接反映了引起全球变化的主导因子——人类活动,它既是全球环境变化的输入又是它的输出结果,对地-气相互作用和生物多样性损失起着重要作用,同时也是可持续发展和人类对全球变化响应的主要因素^[7]。所以,洞察土地利用和土地覆盖变化对从总体上综合模拟和评价环境,认识人类活动在全球变化中的作用机制,减小预测的不确定性显得非常重要。

2. 推动跨学科的综合研究的深入开展

因为土地利用造成土地覆盖变化,而土地利用又受到人类驱动力的影响,因而土地利用/覆盖变化可以说是自然与人文过程交叉最密切的问题^[17],开展 LUCC 研究必将推动自然与社会科学跨学科综合研究的深入开展,为当前的全球变化研究注入活力。此外,这一研究还有利于地学与资源环境科学的综合研究,从而揭示地球系统过程中,人类活动在其中的作用机制和强度。

§ 1.2 LUCC 研究进展

自 1993 年国际科学联合会与国际社会科学联合会联合成立了土地利用/覆盖变化核心项目计划委员会以后,一些积极参与全球环境变化的国际组织和国家纷纷启动了各自的土地利用/覆盖变化研究项目。国际应用系统研究所(IIASA)于 1995 年启动了“欧洲和北亚土地利用/覆盖变化模拟”的三年期项目,联合国环境署(UNEP)亚太地区环境评价计划于 1994 年启动了“土地覆盖评价和模拟”(LCAM)项目,日本国立科学院全球环境研究中心提出了“为全球环境保护的土地利用研究”(LU/GFC)项目。美国全球变化委员会则将土地覆盖变化与气候变化、臭氧层的损耗一起,列为全球变化研究的主要领域之一,其研究工作主要集中在全球和区域性土地覆盖变化的监测、土地覆盖变化与温室气体的释放及减少温室气体的途径上^[18-20]。目前的 LUCC 研究已经取得了一些进展。

1.2.1 LUCC 信息的获取——土地利用 / 覆盖变化监测

LUCC 研究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1~2km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。其中,低分辨率的大尺度观测数据(如:AVHRR 1km数据),得到土地覆盖类型信息和一些土地覆盖变化信息(如生物量的燃烧);高分辨率卫星遥感数据,获得土地覆盖变化、变化的空间几何特征和变化的时间序列数据。近年来基于卫星遥感的LUCC信息获取方面的进展表现在以下三个方面:

1. 全球对地观测体系的建立

当前,随着一系列大型国际遥感计划的实施,如美国宇航局(NASA)对地观测计划(EOS)、日本/美国的热带降雨量测计划(TRMM)、欧洲空间局(ESA)的极轨平台计划(POEM)等,以及相关地球表面观测站点的建立^[14],全天候、多层次的全球对地观测体系已经初步建立,其特点是:高、中、低轨道结合;大、小、微型卫星协同;粗、细、精分辨率互补^[9]。这为当前的LUCC研究提供了坚实的信息获取基础。

2. 理论与方法取得进展

土地覆盖及其特征的含义有了新的理解和定义:土地覆盖不再仅仅被看作单一的土地和植被类型,而是土地类型及其所具有的一系列自然属性和特征的综合体^[21]。包括土地类型和植被类型,植被冠层的密度、植被生长季节的动态特征,生长季累积生物量,地表覆盖的生物物理特征量,如地表波谱反射率、粗糙度、植被叶面积指数、叶面及冠层的阻抗系数、有效光合作用辐射等。此外该综合体还包括与土地覆盖类型密切相关的生态环境要素,如植被所处的生态区域,地形与气候条件,土壤的理化性质以及土地利用状况等。这种具多维空间信息的以土地覆盖类型为核心的综合体概念,不仅可以从理论上更加准确、完整地刻划地表覆盖和利用的特征,而且在实际应用方面也有十分重要的意义。

对传统的土地覆盖分类系统的改进:利用遥感数据进行土地分类大多采用自上而下的等级分类系统。即在分类前预先划定若干等级的土地覆盖类型和亚类型,然后将影像像元划入某一类型。这种预先制定的分类系统往往是针对某种应用需要而制定的,因此很难将其做转换以适应不同应用目的的要求。针对这一局限性,Loveland等^[22]提出了所谓“灵活的土地覆盖数据库”的概念。利用卫星在生长季内获得的多时相数据依据地表覆盖的动态过程将图像像元划分为不同的土地覆盖单元——季节性土地覆盖单元。每一个单元内部的像元具有相似的物候生长期,类似的地上累积生物量以及相似的植被种类组合和生态环境。季节性土地覆盖单元构成灵活土地覆盖数据库的基本成分,辅之以一系列有关光谱、地形、生态区、气候等属性特征,成为分类系统中最底部的一层。根据土地覆盖单元的类型和一系列属性特征,用户可以根据应用需要将季节性单元调整和归并至所需土地覆盖/土地利用系统中。这一新的土地覆盖分类策略在美国及全球1km土地覆盖数据库的研制中得以应用,并取得了成果。

土地覆盖遥感分类方法的进展:目前利用数据统计理论方法结合人工解译仍为在大尺度内进行遥感分类的主导方法。显然这种方法具有算法成熟、充分利用人机交互和影响等特点,然而其用时长,对参与解译分析的人员依赖性强,很大程度上不具备可重复性等。这些局限性影响了迅速、准确、客观地获取大面积土地覆盖信息。

近年来不少研究讨论土地遥感分类的新方法,主要代表有包括人工智能神经网络分类、分类树方法、多元数据的专家系统和计算机识别法等。其中分类树及神经网络方法目前正应用于 EOS-MODIS 土地覆盖数据库的开发试验,并取得了一些经验。而专家系统与计算机识别在全球和大区域土地覆盖遥感应用的领域中还未见到报道。

“社会化像元”和“像元化社会”观念的提出:LUCC 计划研究的目标要求使遥感在更一般的意义上(尤其是卫星遥感)更加紧密的和与土地利用和土地覆盖变化有关的社会、政治和经济问题和相关理论联系在一起,即所谓的“社会化像元”和“像元化社会”。前者强调在遥感图像面向应用科学和朝着应用发展之前充分考虑社会科学家的观念,具体包括最小化像元(寻求图像中的社会含义,即与某些方面如经济、财富和危害相联系的信息和指数,它们可能表明推动土地利用和土地覆盖变化的主要过程)和从像元中生成模型(针对社会科学家的兴趣采用各种方法从像元中生成模型,以便从像元中提取社会信息)两个方面。后者对每一个像元(或格网数据)模拟出具有一个从一种土地利用或土地覆盖到另一种土地利用或覆盖类型变化的概率。这种估计通过直接联系理论模型和像元产生,就像在最大效用,满意程度和其他人类行为理论的基础上模拟影响单个土地管理者决策的决定性因素一样。与该方法相联系的问题是如何使用遥感数据对有关人类行为和社会结构的假设进行经验性估计和经验性检验。“社会化像元”和“像元化社会”的目标包括方法和工具两个内容,例如 GIS,它主要和空间图像分析以及一般意义上的“栅格化”数据相联系。要达到这个目标必须始终考虑尺度动力学问题——解释、拟合和分析数据以及进行时间、空间和层次的分析。“社会化像元”和“像元化社会”观念的提出正在对当前 LUCC 研究产生巨大的影响。

3. 成功地开展了一些具体工作

应用卫星图像进行土地利用/覆盖动态监测目前在两种区域尺度的范围开展^[23]。一是全球和洲际尺度,二是区域(亚洲际或更小区域)尺度。

大量的研究在全球和洲际尺度进行,以应用气象卫星 NOAA/AVHRR 数据进行监测为主。应用 AVHRR 数据进行全球和洲际尺度的植被变化和土地研究始于 1981 年。最早应用多时相 AVHRR 的植被指数(NDVI)数据进行洲际尺度的土地覆盖研究者是 Tucker^[24]和 Townshend^[25],他们分别进行了非洲和北美洲的研究。Cihlar 等人研究 NOAA/AVHRR 各多波段组合方案进行加拿大北部土地覆盖分类,以 AVHRR 的 1、2 和 4 波段,它们的主成分波段以及 NDVI 进行,认为其中最有效的是 NDVI,其与 TM 数据分类的精度比较可达 45%~60%,其中主要土地覆盖类型的精度可达到 80%。

土地利用/覆盖动态监测在区域尺度的研究,所选用的遥感信息源以高空间分辨率的卫星数据 Landsat/MSS 和 Landsat/TM 为主。采用的遥感监测方法包括比较土地覆盖分类结果、多时相数据分类、图像差值/比值、植被指数、主成分分析以及变化向量分析等,其中图像差值、主成分分析法或缨帽变换是最常用的两种方法。Fung 于 1990 年在加拿大的滑铁卢地区^[26]进行了 Landsat/TM 图像在土地覆盖变化动态监测中的评价研究,选择 1985 年 8 月和 1986 年 7 月的 Landsat/TM 数据进行,采用的方法是图像差值、主成分分析法和多时相缨帽变换法,对产生的 12 种变化信息提取图像的精度进行了评价,其中第三主分量在农业用地变化为建筑用地的监测精度达 95.91%,缨帽变换中的亮度变化分

量在监测建筑用地转变为居民地的精度为 91.67%。

Riley 等人用 MSS 图像进行了墨西哥 Tuxtla 地区 1986~1994 年土地覆盖变化的研究,其精度可以达到 81%~87%。Adams 等人对巴西的 Amazon 盆地进行的土地覆盖变化研究是采用 1988 年、1989 年、1990 年和 1991 年的 TM 数据进行的,估计监测精度可以达到 90% 以上。Lenney 等人应用 1984 年和 1993 年的 TM 数据采用其 NDVI 特征进行埃及的农业土地监测,其对四种农用地进行划分,其结果的分类精度可达到 95.85%。

1.2.2 LUCC 信息的处理——土地利用 / 覆盖变化制图与 土地覆盖空间数据库的建设

1. 土地利用/土地覆盖变化制图

随着各种遥感技术对地观测资料的积累,充分利用这些资料编制土地利用/覆盖变化图,进行动态研究已经成为可能^[1]。Loveland 利用 NOAA-AVHRR 的资料,编制了全美季节性土地覆盖图,显示出 NOAA-AVHRR 资料在对宏观土地利用与覆盖动态变化监测中的作用。与此同时,Gong 的研究结果表明^[27~29],近年由于地球观测技术的迅速发展,对城市区域土地利用类型空间制图技术已有明显提高,并已取得了完全可以满足用于区域土地利用/土地覆盖动态变化的分类技术与方法,通过利用多源数据进行综合土地利用/覆盖制图已有可能。在此基础上,建立区域土地利用/覆盖动态变化数据库,进而分析其变化模式的地区差别是可行的^[30~32]。作为对全球土地覆盖动态变化监测研究,NOAA-AVHRR 的资料展示出了良好的前景。Townshend 等系统地评述了利用 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 编制全球土地覆盖图的技术与方法^[33],指出将时间序列与空间光谱信息结合起来,将有可能提高对土地覆盖进行大尺度制图的精度^[1]。美国地质调查局(USGS)则利用 Landsat 资料为美国国际发展机构(USAID)编制了南部非洲几个国家的土地利用强度图^[2]。

2. 全球和区域尺度土地覆盖数据库的建设与应用

在 20 世纪 90 年代已经和即将完成的大面积土地覆盖数据库主要包括:①利用 NOAA/AVHRR 数据建成了全球 1km 空间分辨率的土地覆盖数据库^[34];②全球 1 个经纬度间距地表生物物理量数据库^[35];③全球 1 个经纬度间距土地覆盖类型图^[36];④利用陆地资源卫星数据开发的美国本土 48 个州的土地覆盖和利用数据库;以及正在建设中的中国土地覆盖/土地利用监测系统和其他区域性的土地资源和植被遥感应用的重要项目。

全球和区域尺度土地覆盖及地表生物物理特征数据库的建立,推动了全球气候与环境变化的研究^[21]。近年来较为典型的应用包括利用 NOAA/AVHRR 1km 季节性土地覆盖数据库改进中尺度区域天气与气候模拟,以深入了解地表覆盖极其复杂的组合对中尺度大气环流和区域天气的影响。另外利用土地覆盖数据库作为全球环流模型的输入,检验和分析气候干湿变化及季节降水、温度和蒸发变化对于地表植被及其动态变化的依赖性和敏感性。

1.2.3 LUCC 机制研究

1. 人类驱动力的辨识

当前,在土地利用/覆盖变化的驱动力辨识方面有很多观点,概括起来,国外有关研究人员认为土地利用变化的原因有:①土地利用的决策失误;②外界自然环境(温度、降雨、地形等)的变化,例如降雨量的急剧减少,使农田、绿洲变成沙漠;③社会经济的变化。例如城市化和工业化的发展引起农业用地向城市用地转变;④人类价值观的转变。Kasperson 指出:“在环境典型带中,土地利用/覆盖动态变化中,人类方面的驱动力因素主要有:人口、技术水平、富裕程度、政治经济结构、信任与态度。”^[37]

Ehrlich 指出,人口、富裕程度和技术是研究人类驱动力的主要方面^[38]。

IHDP 计划指出,影响土地利用的驱动因素可以分为直接因素和间接因素。间接因素包括六个方面:人口变化,技术发展,经济增长、政治与经济政策、富裕程度和价值取向。它们通过直接因素作用于土地利用,后者包括:对土地产品的需求、对土地的投入、城市化程度、土地利用的集约化程度、土地权属、土地利用政策以及对土地资源保护的态度^[13]。

Turner 指出,人类驱动力应包括人口、收入、技术、政治经济状况和文化^[39]。

在以上多种驱动力因素中,首先对人口以定量的方式并合理地进行了研究,其他因素由于难以量化,缺少准确的描述。而且,人口作为土地利用/覆盖变化的人类驱动力的重要角色是无可争辩的^[11],现代人口的变化与土地利用间有较好的相关性。

因此,当进行土地利用和土地覆盖变化影响的研究时,在全面地选取人类驱动力因子时至少应包括人口、经济发展状况和技术三个主要方面^[40]。

2. LUCC 模型

由于问题的复杂性,LUCC 模型需要采取多种手段进行综合研究,主要有以下思路^[13]:

以经济学为理论基础,以农、林、牧等与土地资源利用最为密切的产业为重点,从资源和产品的市场供需及生产者和消费者的利益等角度分析土地利用的变化机制和土地覆盖的变化趋势。

利用现有的与 LUCC 有关的模型,并在土地利用和覆盖变化、土地改良及土地退化的联系等方面进行补充和改进。

借助遥感和 GIS 建立土地覆盖空间模型。

通过对自然和社会经济各种要素作用下的土地使用者和管理者进行行为分析来建立 LUCC 模型。

目前出现的引入社会驱动力的 LUCC 模型主要有:Ehrlich 公式($I = PAT$)^[38];Riebsame 等人在研究美国大平原地区农业过程中建立的综合土地利用模型^[41];国际应用系统分析研究所(IIASA)建立的世界粮食与农业系统全球模型;Adams^[42]等人建立的就全球变化对美国农业的长期影响进行生物经济评价空间平衡模型;美国林业和农业领域的森林和农业领域最优化模型(FASOM);比较清楚描述土地利用/覆盖变化的 IMAGE2.0 (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect)模型和具有较大影响的 CENTURY 生

态模型^[43]。总的说来,在这些模型中,反馈关系多是单向的,即主要考虑社会经济条件对自然状况的影响,而很少考虑自然条件的变化对社会经济的影响,而且由于这些模型建立的出发点和所需要解决的问题各不相同,因而难以满足对全球变化中土地利用和土地覆盖变化问题研究的需要^[43]。

LUCC研究的根本出发点就在于通过对人类驱动力—土地利用/覆盖—全球变化—环境反馈间相互作用机制的认识,建立能够用来预测土地利用/覆盖变化,从而进一步评价环境变化并提供决策支持的LUCC模型。Turner等指出,这样的模型系统应该满足以下要求^[44]:

既能够从空间上进行足够的分解(如:描述经济系统的省级的、大区级的或者是国家级的模型),而且其自身也能够聚集到全球的水平上。

多组分的,非线性敏感的,与土地利用/覆盖变化的驱动力相联系,并且考虑主要的生物物理反馈,同时能够耦合这些生物物理模型,如全球环流模型。

能够为今后50到100年可能出现的土地利用和土地覆盖以及他们的动力学提供主要的指导,而且也能够处理可能出现的异常情况。

引入技术进步动力学机制,能够表现政策变化和区域基础建设投资或土地开垦和改良的投资等因素。

模型包括了水文部分,尤其考虑了特别的两方面水文因素:①水资源分布和利用的机制,如机构问题,水权和价格机制。②土地利用和覆盖变化中的可变性和可能水资源储备变化之间的联系。

由此可见,目前的工作距建立这样的LUCC模型还有相当的距离,还有许多工作要做。在世界范围内,土地利用和覆盖变化受市场变化的影响越来越大,因此,以经济理论为基础建立新模型是一个很好的思路。^[43]

1.2.4 当前LUCC研究中的主要问题

1. 土地利用/覆盖研究中的数据问题

对土地利用变化及其动力学机制的深入认识需要坚实的数据基础。目前,全球性数据的质量和数量由土地覆盖、土地利用到人类驱动力而下降,难以满足建立综合LUCC模型的需要,数据问题已经成为了IGBP和HDP完成其研究目标的重大障碍^[2,3]。

土地覆盖数据情况相对较好,尽管没有全球公认的标准,全球数据库却已经存在了^[44]。尤其是利用NOAA/AVHRR数据开发的全球1km空间分辨率的土地覆盖数据库^[34]为LUCC研究提供很大支持。但它对详细地区的土地利用变化的分析研究而言是不完整的,特定地区的更高分辨率的信息仍然需要。不过随着遥感技术的定量化、科学化和实用化^[21],以及各种对地观测计划的继续实施,土地覆盖数据方面的障碍正在消除。

LUCC研究强调在土地利用的三个方面发展其分类和建立相应的数据库:针对土地特征的具体操作,即“土地利用和覆盖怎样被利用”;土地利用者的目的,即“为什么土地被使用”;扩展的生物物理和社会经济环境。但是,由于在全球并没有一个满意的和公认的方法来对土地利用定义和分类,更不用说对土地利用的主要类型定义,而且,就是在同类的农业—气候和社会经济区域内,个人的土地利用和土地覆盖单元都有不同的变化,所以,

土地利用方面的数据工作进展缓慢^[7]。

人类驱动力的数据则尤为缺乏,除了人口和各国统计的某些项目外,几乎没有其他各种潜在的驱动力方面可靠的全球性对比数据^[19]。为建立综合的 LUCC 模型,LUCC 工作组在 1997 年会议报告中提出了需要的有关数据(见表 1-1)。

表 1-1 LUCC 综合模型需要的数据^[45]

土地利用/覆盖 变化数据	各类土地利用/土地覆盖动态的信息,包括城市、工业、干旱区与灌溉农业、半天然与森林/裸露自然区域以及保护区等,还包括通过历史数据推演出来的历史上的 LUCC 动态信息
环境数据	气候数据(降水、温度、光照、相对湿度等) 地形数据(海拔、坡度与方位) 土壤数据(土壤有机碳、肥力、组织等) 植被数据(植被盖度、种类、动态) 养分传输 土地资源退化 水资源退化与污染(地表水与地下水)
经济数据	多部门生产结构(地区水平上) 生产投入(技术、农业化肥、劳动力、机械、灌溉等的投入,在地区水平上) 价格、补贴与税收(省或国家水平上) 基础设施(能源、交通与电信)
社会数据	人口普查数据与空间分布模式(地区水平上) 收入分配(地区水平上) 移民(国际间与省之间) 制度(土地占有权、水权等) 健康(实际/潜在性疾病发生率的地区分布)
全球与区域尺度上 LUCC 驱动力数据	人口增长、人口结构与迁移的变化 能源、产品与舒适的追求(消费模式、游憩) 生活方式与城乡间的相互关系 自然条件中的极端事件与变化性 宏观经济驱动力 国家政策措施与指令 外部驱动力(贸易全球化、国际协定)

总之,为了提供满足 LUCC 模型“全球计算”对数据的需要,各种 LUCC 数据一定要具有明确空间参照性和足够的精确度,而且有关分类标准、处理设备、精度检验方法也应该尽量规范化和统一,以便于数据商品化和信息共享。同时有学者指出,LUCC 数据的自然单元和人文单元在最低一级时空尺度上必须一致,如以行政县单元与小流域的界线作为基本单元进行同步观测,将大大促进综合模型的建立^[1]。

2. 土地利用/覆盖研究中的尺度转换问题

土地利用和土地覆盖受连接不同空间尺度的变量控制,并且不适合于全球、区域和局地这种简单的分类。在某一尺度确定的常规联系并不一定在其他尺度出现,并且尺度之间的关系也并不一定是连续的,所以很明显,改变分析的空间尺度将改变分析的结果^[2,3,4,7]。LUCC 研究正面临着两个必须考虑的不同尺度影响:①每一个尺度都有它们自己的特殊的单位和变量;②变量和单元间的相互联系随尺度改变而改变。不同的尺度只能回答不同的问题,对土地利用动力学的更深刻的认识只有通过综合在不同尺度层次的不同水平上的观测和解释结果来达到,并且要求尺度和相对应数据的嵌套。

从 LUCC 计划提出到今天,尺度问题仍然没有得到很好解决,原因在于相应研究尺度的选择具有复杂性,因为空间的,层次的和时间的尺度必须根据它们的真实世界,测量(经验)和关系模拟来认识。真实世界尺度的影响存在于所有的土地利用/覆盖现象中,但是只能通过对它们属性的实际测量来评价。由于所有的现象和属性并不能够被测量,我们只能被局限在经验的尺度上进行讨论。相同的,模型一般只有在给定的、明确定义的尺度下才有效^[7]。这使得根据原因与覆盖状态划分土地利用覆盖类型,进行合理的区域尺度的 LUCC 研究还更多地停留在理论层次上^[3,4]。

当前的 LUCC 研究更多的是依据“尺度放大”或者“从下到上”范型进行广泛的案例研究,希望利用小尺度案例研究得到的可能的联系机制或“自然法则”来预测大尺度范围的响应^[46]。但是,一些在小尺度上观测到的起重要作用的性质,并不能反映产生大尺度模型的主要过程,而且在模型组合放大过程中,也存在信息丢失的问题,经常导致在全球或仅在洲际综合水平上,土地利用和土地覆盖中的一些关键过程被掩盖,从而使得建立 LUCC 综合模型进展缓慢。

因此,尺度问题的解决依赖以下工作的进展:

确定建立在网格组合基础上的人为尺度(分辨率)以保证各种数据尽可能地根据其空间属性进行组织和耦合;寻找能够沟通宏观和微观模型的公共参数;发展更好的尺度转换技术,减少转换过程中的信息丢失。

当前,地面定位站点的连续观测与各种遥感技术对地的连续观测,能够提供地球表层动力模型所需要的各种主要地表特征参数^[1],这为 LUCC 中宏观和微观模型的综合提供了最有可能的途径。也有学者指出,采用对策循环尺度变化(Strategic Cyclical Scaling, SCS)的研究范型,循环使用尺度放大和尺度缩小方法,并且通过很策略地设计来解决实际问题,能够对全球变化干扰下的后果进行更加可靠的预测^[46],这应该对建立 LUCC 综合模型有一定启发。

3. 土地利用覆盖研究中的跨学科研究问题

LUCC 研究面临的又一困难是多学科综合问题,尤其是自然科学和社会科学实质性协作。在自然科学中,科学家常常按照经度和纬度确定的地理网络分析数据,但在社会科学中数据很少参考自然地理因素。迄今为止很少找到跨学科协作的成功实例^[2,13,19]。

IHDP 的科学家强调区分多学科分别开展的合作研究和跨学科的协作研究,指出只有在各协作领域的科学家开始改变他们分析全球变化资料的方法,才有可能实现跨学科

的协作研究,而只有协作研究才是了解全球变化的唯一途径^[19]。

1.2.5 结论与讨论

(1) LUCC 计划提出后,得到许多国家和科研组织的积极响应,经过几年的努力,在 LUCC 信息的获取、处理等方面取得了积极进展,但由于 LUCC 问题本身的复杂性,在 LUCC 变化机制的认识和全球与区域综合模型的建立等方面尚无实质性进展,仍然需要巨大的努力。

(2) 要解决 LUCC 研究中的尺度和数据问题,应该以“像元化社会”和“社会化像元”观念为指导,结合社会科学家、自然科学家、遥感和 GIS 技术人员,在现代信息高技术支持下,开展多学科综合研究^[47~49]。

(3) LUCC 计划的实施,从根本上改变了人们对人地相互作用机制的认识,对地理学以及资源与环境科学基础理论体系的建立起着极为重要的推动作用,也为这两个学科的纵深发展提出了许多可行的途径。

(4) LUCC 计划的进行,使地理学中的“二元论”受到冲击。自然地理与人文地理的整合,已成为当前地理学理论发展中的一大挑战,固守传统的地理学“二元论”已很难针对当前资源、环境、生态、灾害等问题开展深入研究。为此,通过开展 LUCC 计划,为地理学的发展找到了一个极好的机遇,中国地理学家应借此学科发展之东风,全力推进中国地理学的国际化进程。

§ 1.3 土地利用/覆盖变化研究中的代表性学术流派

最初有关土地利用与土地覆盖方面的研究,是各国从生产经营活动的需要出发,进行的有关土地利用类型与植被覆盖类型的调查、分类与制图工作,此项工作很早便已经开展,已经有了上百年的历史,对于土地利用与土地覆盖的现状有了较为全面的认识,其成果为各种形式的土地利用类型图、植被类型图等等,对于各国经济发展、资源开发以及自然保护等项工作的顺利进行都起了很大的促进作用。而且伴随着技术的进步,进行这些工作所需的技术手段也得到了很大的发展,特别是伴随着遥感技术手段与地理信息系统(GIS)的发展,土地利用与土地覆盖的调查与制图工作得到了极大的推动,可以在更大的范围中、更短的时间内获得更高的精度的成果。

1.3.1 土地利用与土地覆盖变化研究的简史

随着社会经济的发展,人类活动给自然环境带来了极大的影响,使得土地覆盖类型与土地利用形式有了很大的改变。对于这些变化发生的过程以及引发的原因,人们给予了很大的关注,很早以来,学者们即开始了对这些问题的研究。早在 1931 年,Webb 在对美国大平原(the Great Plains)农业社会的研究当中,认为当地土地利用类型是由当地干旱程度决定的^[50]。此阶段对这个问题研究的重点地区,集中于南美、东南亚以及非洲的热带森林地区以及温带农业地区。对于这两类地区土地覆盖类型与土地利用方式改变的过

程与机理,人们主要是从社会经济的角度进行探讨,认为在这些地区土地利用与土地覆盖的模式是由气候、经济、社会以及政策等因素所塑造^[51],其过程在理论上被描述为一种平衡过程,而土地的价值是由其本质属性(土壤、气候和地形)、位置(相对于城市中心、交通线)以及供需关系决定的^[52]。

总的看来,在这个阶段,对土地利用与土地覆盖的研究工作,主要集中于对土地覆盖类型与土地利用方式的分类、描述、制图,还有就是对引起土地利用与土地覆盖变化的机理进行的初步探讨,这种研究主要是从经济学的角度出发,考虑土地利用与土地覆盖形式的经济价值以及形成因素,既忽视了在土地利用研究中人类行为、文化以及政治因素的作用,又很少涉及到土地利用与土地覆盖变化对全球变化特别是在气候方面所造成的影响。随着全球变化研究的开展以及对土地利用与土地覆盖变化的重视程度的不断加深,土地利用与土地覆盖变化的研究进入了一个新的阶段。

随着 20 世纪 70 年代以气候动态研究为开端,全球变化的研究迅即成为学术界研究的热点领域之一,大批的地学、生物学、经济学等诸多领域的学者投入到对全球变化及其影响的研究工作中。随着研究的进展,作为引起全球变化的两大基本人类因素之一的土地利用与土地覆盖变化^[53]在全球变化中所发挥的作用,引起了人们极大的关注,对其研究也进入到了一个新的阶段。

通过研究发现,地表覆盖以及发生于其中的生物多样性、实际与潜在初级生产量、土壤品质以及径流量和沉积率等多方面的变化,是引起大量全球变化中的生物地理过程的中心所在,是维持生物圈与地圈以及痕迹气体的释放与水循环所需的大量物质与能量流的源与汇^[54],亦对气候、生物地球化学以及生物多样性有着重要的影响。土地利用是全球变化的最主要和最直接的作用因素:一方面短尺度中大多数的土地覆盖变化是为人类的土地利用所驱动,土地覆盖的变化是土地利用变化的直接响应;另一方面土地利用对全球变化的产生也存在着直接的影响,土地利用实践的差异会对全球变化的后果产生不同的影响,同时其所造成的影响将超出其所在的空间范围。

正是由于认识到土地利用与土地覆盖变化在全球变化与可持续发展研究中的重要地位,也认识到全球变化与可持续发展研究涉及到自然与人文的诸多领域,需要加强自然科学与社会科学的合作,而土地利用与土地覆盖变化过程中自然与人文过程联系最为密切,可作为这一合作研究的切入点。90 年代以来,许多全球变化的研究计划都将其做为研究的内容,对人类在全球变化中所起到的作用进行研究,1990 年由 NRC 的全球变化委员会^[53]最早提出了一个全球性土地利用与土地覆盖变化研究框架^[55]。IGBP 与 HDP 也各自成立特别委员会合以进行相关的研究,并于 1993 年 2 月委任了一正式的核心计划委员会(Core Project Planning Committee/Research Programme Planning Committee)来开展 LUCC 的科学/研究计划的制定,并将 LUCC 计划列为核心项目之一。在研究进程中,LUCC 与全球变化研究中的陆地生态系统(GCTE)研究计划紧密地联系在一起,并与 IGBP-HDP 的其他研究计划相互联系。除了 LUCC 计划以外,一些国际组织与国家也进行了大量的土地利用与土地覆盖变化研究项目,其中包括联合国环境署(UNEP)的土地覆盖评价与模拟、联合国粮农组织(UN/FAO)土地利用的分类、国际应用系统分析研究所(IIASA)的 LUC 项目^[56,58]以及国际地理联合会(IGU)的土地利用与土地覆盖变化研究项目等^[41,57]。此外,土地利用与土地覆盖变化研究还与世界气候研究计划(WCRP-

UNEP)、政府间气候变化研究小组(IPC-WMO 和 UNEP)、全球环境监测系统(GEMS-UNEP)、全球陆地观测系统(GTOS-UNESCO 和 UNEP)以及人与生物圈计划(MAB-UNESCO)存在着一定的联系。

在这些国际性项目之外,许多国家也各自开展了多项土地利用与土地覆盖研究项目,美国的相关研究是由 NASA 牵头,主要工作集中于全球与区域性的土地覆盖变化监测、土地覆盖变化与温室气体释放的研究,并与欧洲空间署合作开展了利用高分辨率雷达监测土地覆盖变化和季节性植被变化状况。日本则在日本环境署支持下开展了为全球环境保护的土地利用研究(LU/GEC)项目,主要着眼于亚太地区可持续的土地利用。并与亚太网络组织(Asia Pacific Network)合作开展了亚洲温带地区的土地利用与土地覆盖变化的研究计划。此外在欧洲^[58]、南美等地都有着各自的区域性研究计划,如欧盟环境属的研究计划以及巴西等多国开展的 LBA 研究计划。

总的看来,上述对土地利用与土地覆盖变化研究简史表明,因为研究的目的、手段以及区域等方面的差异,逐渐形成了不同的学术流派,基本上可以分成北美流派、日本流派以及欧洲流派三种,现就此详述如下。

1.3.2 土地利用 / 覆盖变化研究学术流派

1. 北美流派

北美流派,也可称为定性流派、宏观流派,顾名思义,其研究工作即是从宏观的角度出发,定性地研究全球规模大尺度上的土地利用与土地覆盖变化状况及其与全球环境变化的相互关系。当今 IGBP-IHDP 有关的 LUCC 研究计划,在很大程度上体现着这一研究流派的主要观点,土地利用与土地覆盖变化研究的主要网站(<http://www.icc.es/lucc>)也主要是反映该流派的主要内容。该流派主要的代表人物包括美国克拉克大学的 B. L. Turner 教授与密歇根州立大学的 D. Skole 教授等人。前一节中介绍的 LUCC 计划主要受此学术流派的影响。

从 1990 年起,Turner 等人先后出版了《由人类活动所改造的地球:过去 300 多年以来生物圈的全球与区域变化》^[39]、《土地利用与土地覆盖变化——全球性透视》^[11]、《受到威胁的环境中风险比较分析》^[37]以及《全球土地利用变化:对美洲的透视》^[59]等专著,并编著了关于 LUCC 研究的 IGBP 第 24 号报告(HDP 第 5 号报告)^[3]以及其后的 IGBP 第 35 号报告(HDP 第 7 号报告)^[2],此外还发表了诸多的相关文章^[24,54,60]。在这些著述之中较完整地体现出了该流派的研究内容、研究手段以及研究方式,并在一定程度上代表了国际土地利用与土地覆盖变化研究方向的主流。

有关该流派研究的主体框架,见图 1-1。从中可以看出,对于土地利用与土地覆盖变化的研究,北美流派一般是在:①土地利用的驱动力;②土地利用对土地覆盖的影响;③土地利用与土地覆盖动态的时空变化性;④土地利用与土地覆盖变化区域性与全球性模型和预测等这些方面进行研究。并主要集中于三个研究的中心环节上,即是:①采用案例比较研究的方法进行土地利用变化与土地管理过程的分析与建模;②通过对引起土地覆盖变化的诸多因素的直接观察与测量发展有关土地覆盖变化的经验模型与诊断模型,并以此为基础进行土地覆盖变化的区域性评价;③利用以上的研究成果推导综合性与预测