

国内 LUCC 研究进展综述

刘新卫¹ 陈百明¹ 史学正²

(1 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101; 2 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 土地利用/覆被变化 (LUCC) 是全球环境变化的重要组成部分和主要原因之一, 本文综述了国内 LUCC 研究在动态信息获取、土地利用/覆被分类与制图、驱动力探讨与模型建立、LUCC 环境效应及与可持续发展关系等方面研究所取得的进展, 并针对当前国内 LUCC 研究中存在的一些问题, 认为今后 LUCC 研究应加强 RS 信息与其他来源信息的结合、完善 LUCC 模型功能以及构建综合的 LUCC 理论体系。

关键词 土地利用/覆被变化; 研究进展; 中国

中图分类号 F301.24

土地利用/覆被变化 (LUCC) 是全球环境变化的重要组成部分和主要原因之一, 由于涉及到自然与人文领域的诸多问题, 引起越来越多学者的注意。“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) 于 1995 年联合提出“土地利用/土地覆被变化”研究计划, 正是试图通过对人类驱动力 - 土地利用/覆被变化 - 全球变化 - 环境反馈之间相互作用机制的认识, 深入理解人为活动对土地覆被的影响, 从而更多从人类维度预测 LUCC, 进而评估生态环境变化, 并寻求积极的人为干预。作为 LUCC 研究计划最早发起者之一, 中国学者及时呼应并跟踪国际 LUCC 研究, 开展了许多相关工作, 以深化对土地、环境、人口与发展之间相互关系的认识, 在整体把握人类驱动力与土地利用之间因果关系的基础上提高对土地利用变化的模拟与预测水平, 从而引导我国土地资源的合理利用。本文将介绍中国 LUCC 研究在以下几个方面的进展情况。

1 LUCC 研究进展情况

1.1 LUCC 动态信息的获取

揭示 LUCC 变化的过程与机制需要一定精度与深度的土地利用/覆被及其变化数据, 否则, 难以鉴别促其发生的驱动力, 也不可能深入研究 LUCC 及其影响, 而 LUCC 研究目前面临的最大困难正是数据问题, 中国的情况同样如此。具有多光谱与多时相特征的遥感 (RS) 是中国当前获取 LUCC 信息的

最有效和最可靠工具。但在实际工作中, 人们意识到遥感图像空间分辨率、比例尺、成像机理、分类方法自身固有的及其他与解译人员绘图技巧、工作经验、地学知识掌握程度等有关的误差, 使得对常用资源卫星影像 (中、小比例尺) 判读结果不尽如人意, 如解译土地利用变化范围和土地覆被类型区所得界限在应用于大比例尺图件的绘制时常常仅具示意性; 另外, RS 无法正确反映因权属划拨所引起的用地类型改变 (该地块物理波谱未变)。基于此, 人们发展了面向工程目标并借助 3S (RS、GPS、GIS) 集成技术的土地利用动态监测方法^[1]: 首先遵循“同物同谱”原理, 解译不同时期资源卫星影像或与以前土地利用图等进行比较; 在发现变化区域后运用后处理差分 GPS 技术实地获取该区域空间位置, 与此同时人为记录当地土地利用/覆被状况以备属性数据处理之需; 然后利用 GIS 进行空间数据组织、管理、分析与可视化。因而, 该集成系统面向多源数据 (RS 数据、GPS 数据、GIS 数据)、多结构数据 (矢量、栅格、GPS 点数据、GIS 多边形弧段数据)、多坐标系统数据 (北京 54 系统、WGS-84 系统)^[2], 而且监测结果明显优于当前常规方法, 体现了“系统总体最优”原则。

1.2 土地利用/覆被分类与 LUCC 制图

土地利用/覆被分类是 LUCC 研究基础, 也是随着 RS 技术发展而出现的针对土地分类的新概念^[3]; 而 LUCC 制图是以图件形式反映 LUCC 研究成果, 同时是 LUCC 研究的主要表现形式。

1.2.1 土地利用/覆被分类 土地利用/覆被类型划分应遵循相似的社会、环境条件以及产生相似 LUCC 模式的相似人类驱动力，国内目前开展的相关研究大多是基于光谱信息统计模式算法，如监督分类和非监督分类^[4]。这些分类方法除要求较多反映土地利用/覆被的指标（主要是自然环境方面）和研究区基础图件等本底数据外，研究者还应掌握遥感地学规律，否则，不仅难以把握分类标准，也不能真实反映特殊地学分布现象。为提高 RS 影像分类准确率，国内有些学者丰富了特征信息来源，他们以传统遥感影像分类结果作为初始值，再利用辅助地理数据和知识库进行不精确推理，最后确定像素所属类别^[5]。但该方法以像素单元为单位，过多着眼于局部而忽略了附近整片图斑的纹理情况，而且不能排除图斑外像素的影响。所以，该方法并不很适于高分辨率、纹理粗糙的影像。为进一步提高高分辨率影像分类精度，程昌秀等^[6]从 RS 影像和 GIS 矢量数据一体化角度出发，将二者配准叠置，利用矢量数据的图斑边界信息提取边界内相元灰阶信息；基于灰阶信息，统计出图斑灰度特征；压缩灰阶信息并统计灰度关于方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息以反映图斑纹理特征；基于图斑矢量边界坐标，统计出图斑形态特征；最后，根据灰度特征、纹理特征和形态特征，提出相应决策树和判决规则，识别图斑类别。实验结果表明，该方法准确率较其他的高。

1.2.2 LUCC 制图 刘纪远认为^[7]，随着 RS 与 GIS 技术的发展与多源数据、多时相数据、多尺度数据的融合，中国 LUCC 制图更为系统、客观和快速准确。近年来，不断有全国尺度^[8]和地方与区域尺度的^[9] LUCC 图问世便验证了这一点。颇值一提的是，叶庆华等学者^[10]以地学信息图谱理论、地球空间信息认知理论、地球系统科学与地理综合体理论、地理信息系统中时空复合体模型为依据，提出了研究 LUCC 的、记录时空复合信息的基本单元——“图谱单元”，以及研究 LUCC 图谱的概念模型。在此模型帮助下，张天宇等人深入研究了黄河三角洲 LUCC 时空复合变化，并取得很好效果^[11]。由于中国当前并未完全弄清 LUCC 机理，所以从土地利用/覆被空间格局及其变化过程表象出发，通过对其外部特征各种尺度的图形表达，可以研究 LUCC 及其环境因素之间规律性的空间关系，从而为 LUCC 驱动力诊断与机理模型构建提供依据。

1.3 LUCC 驱动力研究与模型建立

1.3.1 LUCC 驱动力研究 鉴于 LUCC 研究的关键是要弄清驱动力及其驱动机制，我国学者广泛应用多种系统分析与数理统计方法从各个角度开展了 LUCC 驱动力研究。例如，史培军等^[12]通过回归分析，得出深圳市土地利用变化的内在与人文驱动力；摆万奇^[13]采用系统动力学方法，将主要驱动力与土地利用类型置于统一系统中以考察长期动态趋势，并定量诊断出各驱动因子贡献大小。在中国开展的广泛区域性个例研究中，所选地区均具典型性，或者是人文和自然驱动力活跃的“热点地区”，如苏、锡、常^[14]等地区，或者是人口、资源、环境、发展协调欠佳的生态脆弱区，如河西走廊^[15]等地区。这些研究通过代表性地区的选取呼应了国际 LUCC 研究计划，而且随着经验证据的积累、系统案例比较研究的发展而有助于土地覆被变化模型的建立和模拟效果的改善。在区域 LUCC 主要驱动力比较方面，目前较为一致的意见是：自然因素在很大程度上决定了高原、山地等自然条件复杂地区的土地利用状况，而经济发展、人口增长及政策等是影响人类扰动强烈、开发历史悠久而较少受自然条件约束地区的主要因素。

1.3.2 LUCC 模型建立 中国目前所建立的 LUCC 模型大多是区域规模的土地利用行为模型，与区域内市场、经济与人口增长、农业现代化过程、技术进步、城市化进程等相联系，以认识各种自然人文过程影响土地利用/覆被格局的机理，从而为区域未来发展提供决策支持。这些已建立的模型大致可分为系统诊断模型、土地利用动态变化模型和土地利用变化综合评价模型 3 种^[16]。其中，系统诊断模型多为基于经验的统计模型，如陈佑启等^[17]利用多尺度统计方法建立的多元回归模型等；中国农业科学院资源区划所与荷兰瓦赫宁根农业大学开展合作，在 GIS 空间分析功能辅助下建立的中国土地利用变化及其影响模型^[18]可以认为是国内土地利用变化综合评价模型研究的突出成就；而土地利用动态变化模型研究工作大致从土地资源数量变化、土地需求量预测与土地利用时空变化等方面展开，这方面的研究有：摆万奇运用系统动力学模型对深圳市 1950 ~ 2050 年土地利用变化进行了模拟^[13]，基于细胞自动机原理，黎夏等建立了适于模拟复杂、具自组织结构系统的约束性单元自动演化 CA 模型并对可持续城市发展形态进行了模拟^[19]。

1.4 LUCC 环境效应与可持续发展

1.4.1 LUCC 环境效应 土地利用通过改变地表土地覆被状态而影响周围环境,因而成为全球环境变化的一个“源”。国内学者对 LUCC 环境效应的研究既包括全球性系统变化,也包括区域性累积变化。如在对全球变化影响方面,李克让等通过研究认为 LUCC 对气候影响的生物物理反馈主要因为改变了地表光学特性、粗糙度和水文循环而影响了地面与大气间辐射、热量动量和水分交换,而生物地球化学反馈则因为生态系统碳和养分循环的变化影响了地面与大气间交换温室气体和气溶胶并导致气候变化^[20];而 LUCC 区域环境效应的研究集中在 LUCC 水文效应、对生物多样性影响与环境质量等方面,如李昌峰阐述了土地利用变化对水资源量、质和空间分布的影响并探讨了当前研究中存在的问题及今后研究趋势^[21],丘君研究了土地利用类型转变、土地利用管理强度变化、生境破碎化与土地利用调整等对区域生物多样性的影响^[22],曹慧研究了太湖丘陵地区高强度开发背景条件下土壤肥力质量的空间变异特点并认为应重视农业结构调整过程中出现的类似新问题^[23]。诸多研究均表明:土地质量退化、空气污染、水质恶化等生态环境问题的出现总是与不合理的土地利用联系在一起,而土地利用合理往往会促使区域生态环境向适应人类需求的良性方向发展。

1.4.2 LUCC 与可持续发展 由于土地资源的短缺和退化、土地资源的多功能性、土地利用与其他资源利用的密切联系以及工业化城市化过程中对土地资源的蚕食,LUCC 成为中国现代化进程中可持续发展的焦点所在。因而,中国科学院与国土资源部相继将 LUCC 研究列为重点项目^[24],其可持续性研究的目标正是系统探究土地利用变化的机理、过程及其未来趋势,尤其是研判我国加入 WTO 后 LUCC 的驱动机制和未来情景,从而为确保我国粮食安全、资源安全、生态安全和经济持续增长,在国家和地方国土规划编制、土地用途管制实施、土地可持续管理标准建立等方面提供科学依据。这方面开展了很多研究工作,如陈百明阐述了中国土地可持续利用指标体系的理论与方法以及分区方案的制定^[25],史培军等人认为要建立符合区域自然生态系统空间格局的“生态-生产范式”、探求“小面积搞生产、大面积搞生态”的高效安全土地利用模式以及建设不同区域生态环境安全条件下的土地利用/覆

盖空间宏观格局^[26],王建国通过对经济发达地区低山丘陵土地利用经验的总结提出了该类型地区土地资源持续利用和优化利用的标准、问题与建议^[27]。

2 存在问题与展望

2.1 对其他来源信息重视不够

为揭示不同尺度土地利用/覆被的数量与空间变化特征,我国已开展了国家^[8]、区域^[14]和县级^[11]3种不同尺度的 LUCC 动态监测与研究。但目前 LUCC 信息的获取偏重 3S 技术,特别是 RS。由于不可避免误差、错误等情况的存在,3S 数据未必能真正全面显示 LUCC 过程,更不能仅据此分析驱动力。所以,应重视通过诸如国土勘测、地形图查询、实地访问、问卷调查等传统方法获得的信息,在此过程中,应确保地理学家的参与,这样才能正确使用大多数适宜工作方法并且导致系统综合,否则,这种方法系统的综合会因为没有专家的参与而缺失。

2.2 模型功能欠完善

目前国内已建立的众多模型,主要考虑了土地利用对土地覆被变化的影响及后者对环境变化的反馈,但由于数据数量和质量问题以及对动力机制的认识尚不明朗,所建模型大多功能不完善。为克服这一缺陷,我们一方面要借助 3S 技术集合区域内自然和人文等多方面信息(配以其他途径获取的数据),开展综合研究,并根据已有信息完备程度、信息处理目的和各类模型本身特点,挑选现已建立的模型;另一方面,要加强 GIS 与其他用户模型的集成,这不仅是当前 GIS 发展的一个重要方向,同样也是土地利用变化研究需要努力的方面^[28]。

2.3 理论体系有待健全

对土地利用变化的解释和预测依赖于土地利用的理论建设^[29],所以,当前由于缺乏统一理论的指导,不同研究者出于各自目的对同一地区的研究结果互不相同,所采用的研究方法以及建立的模型也不能应用于其他地区。虽然中国学者从未停止过对土地利用理论的探讨,如李秀彬在综述那些直接或间接涉及土地利用变化理论基础,提出了解释土地利用变化的概念框架^[30],可以认为这是对中国 LUCC 理论建设做出的有益探索和重大贡献。但是,植根于人地关系理论的 LUCC 理论当前更多的是散见于地理学、农业经济学、生态学与可持续发展等理论中,亟需系统归纳与总结,以形成综合的 LUCC

科学理论体系。

参考文献

- 1 张显峰, 崔伟宏. 运用 RS、GPS 和 GIS 技术进行大比例尺土地利用动态监测的实验研究. 地理科学进展, 1999, 18 (2): 137 ~ 145
- 2 王晓栋, 崔伟宏. 县级土地利用动态监测技术系统研究. 自然资源学报, 1999, 14 (3): 265 ~ 270
- 3 骆剑承, 周成虎, 杨艳. 遥感地学智能图解模型支持下的土地覆盖/土地利用分类. 自然资源学报, 2001, 16 (2): 179 ~ 183
- 4 程昌秀, 严泰来, 朱德海. GIS 辅助下的图斑地类识别方法研究—以土地利用动态监测为例. 中国农业大学学报, 2001, 6 (3): 55 ~ 59
- 5 术洪磊, 毛赞猷. GIS 辅助下的基于知识的遥感影像分类方法研究. 测绘学报, 1997, 26 (4): 329 ~ 336
- 6 程昌秀, 严泰来, 朱德海, 张玮. GIS 与 RS 集成的高分辨率遥感影像分类技术在地类识别中的应用. 中国农业大学学报, 2001, 6 (3): 50 ~ 54
- 7 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996
- 8 高志强, 刘纪远, 庄大方. 基于 RS 和 GIS 的中国土地利用/覆盖的现状研究. 遥感学报, 1999, 3 (2): 134 ~ 138
- 9 陈维明. 景观生态分类与制图浅议. 地球信息科学, 2002, (2): 61 ~ 65
- 10 叶庆华, 刘高焕, 陆洲, 龚争辉, Marco. 基于 GIS 的时空复合体—土地利用变化图谱模型研究方法. 地理科学进展, 2002, 21 (4): 349 ~ 357
- 11 Zhang Tianyu, Ye Qinghua, Zhou Chenghu, et al. Tupu analysis on land use change in the Yellow River Delta and its possible structure by Markov prediction, Landscape Change and Human Activity, Lanzhou, The 2nd IALE Asia ~ Pasific Region Conference, China. Sept, 22 ~ 25th, 2001
- 12 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. 地理学报, 2000, 55 (2): 151 ~ 160
- 13 摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析. 自然资源学报, 2000, 15 (2): 112 ~ 116
- 14 陈宁强, 戴锦芳. 苏南现代化进程中的遥感土地利用动态监测—以苏、锡、常地区为例. 长江流域资源与环境, 1999, 8 (3): 288 ~ 293
- 15 蒙古军, 李正国, 吴秀芹. 河西走廊 LUCC 研究—以张掖绿洲为例. 见: 中国地理学会自然地理专业委员会编. 土地覆被变化及其环境效应. 北京: 星球地图出版社, 2002
- 16 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展, 1999, 18 (1): 81 ~ 87
- 17 陈佑启, Peter H Verbury. 中国土地利用/覆被的多尺度空间分布特征分析. 地理科学, 2000, 20 (3): 197 ~ 202
- 18 陈佑启, Peter H Verbury, 徐斌. 中国土地利用变化及其影响的空间建模分析. 地理科学进展, 2000, 19 (2): 116 ~ 127
- 19 黎夏, 叶嘉安. 约束性单元自动演化 CA 模型及可持续城市发展形态的模拟. 地理学报, 1999, 54 (4): 289 ~ 298
- 20 李克让, 陈育峰, 黄玫, 李小兵, 叶卓佳. 气候变化对土地覆被变化的影响及其反馈模型. 地理学报, 2000, 55 (增刊): 57 ~ 63
- 21 李昌峰, 高俊峰, 曹慧. 土地利用变化对水资源影响研究的现状和趋势. 土壤, 2002, 34 (4): 191 ~ 197
- 22 丘君, 陈利顶, 傅伯杰. LUCC 对生物多样性影响. 见: 中国地理学会自然地理专业委员会编. 土地覆被变化及其环境效应. 北京: 星球地图出版社, 2002
- 23 曹慧, 杨浩, 孙波, 赵其国, 臧波. 太湖流域丘陵地区土壤养分的空间变异. 土壤, 2002, 34 (4): 201 ~ 205
- 24 刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与 LUCC 研究. 地理研究, 2002, 21 (3): 324 ~ 330
- 25 陈百明. 基于区域制定土地可持续利用指标体系的分区方案. 地理科学进展, 2001, 20 (3): 247 ~ 253
- 26 史培军, 宋长青, 景贵飞. 加强我国 LUCC 及其对生态环境安全影响的研究—从荷兰“全球变化开放科学会议”看人地系统动力学研究的发展趋势. 地球科学进展, 2002, 17(2): 161 ~ 168
- 27 王建国, 杨林章, 马毅杰. 经济发达地区低山丘陵土地持续利用和优化利用研究—以苏州市旺山村为例. 土壤, 2002, 34 (4): 179 ~ 184
- 28 朱会义, 何书金, 张明. 土地利用变化研究中的 GIS 空间分析方法及其应用. 地理科学进展, 2001, 20 (2): 104 ~ 110
- 29 蔡运龙. LUCC 研究: 寻求新的综合途径. 地理研究, 2001, 20 (6): 645 ~ 652
- 30 李秀彬. 土地利用变化的解释. 地理科学进展, 2002, 21(3): 195 ~ 203

(下转第 140 页)

INDUSTRIAL UPGRADING AND CULTIVATED LAND QUALITY PROTECTION UNDER WTO FRAME

ZHAI Wen-xia¹ HUANG Xian-jin¹ ZHANG Qiang²

(1 *Department of Urban & Resource Sciences, Nanjing University, Nanjing 21009;*

2 *Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Abstract The industrial structure upgrading has great affections on cultivated land quality protection by changing mode and degree of regional land use. The industrial promoting under WTO frame will affect cultivated land quality protection by dual direction in China: it will benefit to cultivated land quality protection for fetching in advanced science and technology, on the other hand, it has disadvantageous because of speeding up environment deteriorating by rapid industrialization. The agricultural development has straightly impactions on farmland quality, rural environment and farmer behavior of land protection. The non-agriculture industrial development has impactions on cultivated land quality by pollution diffuseness, influencing agriculture development and farmer behavior. To achieve the goals of cultivated land quality protection, it is necessary to adjust the strategies of cultivated land quality protection on time according to situation of the different industrial structure upgrading under WTO frame. Given that, there are some suggestion for cultivated land quality protection.

Key words World Trade Organization, Industrial structure upgrading, Strategies of cultivated land quality protection, Farmer behavior

(上接第 135 页)

A REVIEW OF THE RESEARCH ON LAND USE AND LAND COVER CHANGE IN CHINA

LIU Xin-wei¹ CHEN Bai-ming¹ SHI Xue-zheng²

(1 *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101;*

2 *Institute of Soil Sciences, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

Abstract Land use and land cover change is not only one of the significant components but also one of the major reasons of global environmental changes. This paper reviewed progresses in the LUCC research in China and its application to the fields of acquiring dynamic data, classifying land use and land cover and mapping, exploring driving forces, establishing models, and probing into LUCC's effects on the environment and relationship between LUCC and sustainable development. Based on the problems exiting in the current LUCC research in China, the paper suggested that more efforts should devoted to integrating data from RS with those from other sources, perfecting the functions of the LUCC models and setting up an integrated theoretical system.

Key words Land use/cover change (LUCC), Research progress, China