

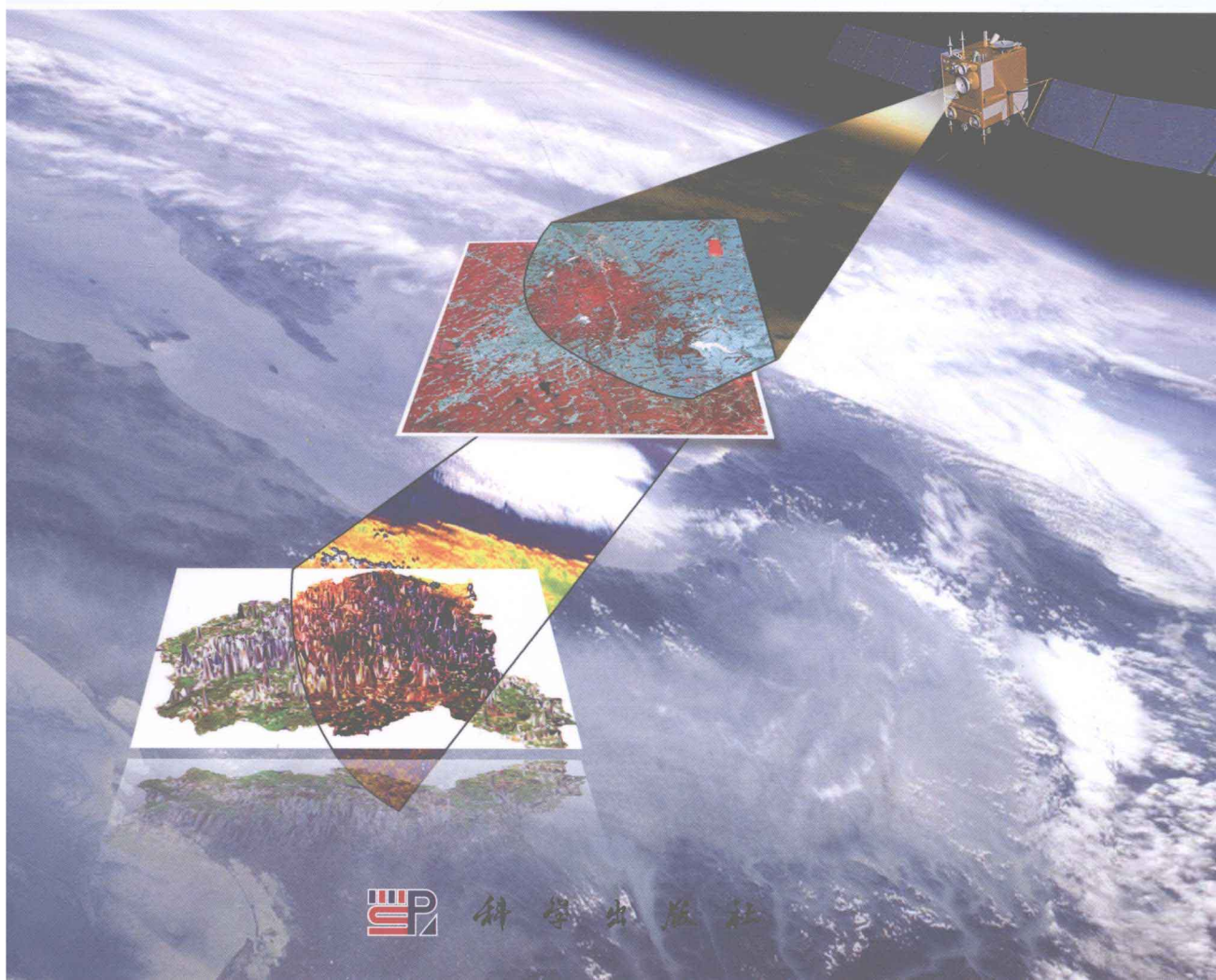


地球信息科学基础丛书

Geo-information Science

城市土地利用时空信息 数字重建、分析与模拟

匡文慧 著



科学出版社

地球信息科学基础丛书

城市土地利用时空信息 数字重建、分析与模拟

匡文慧 著

国家自然科学基金青年科学基金项目 (40901224)
国家重点基础研究发展计划项目 (2010CB950900)

资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书综合系统地阐述了城市土地利用时空信息数字重建、城市土地利用演化的“过程·格局·机制”分析以及城市扩张未来情景动态模拟的技术方法体系;应用高分辨率遥感图像、大比例尺地形图、历史资料与调查数据等翔实资料,揭示了近100年来长春城市内部土地利用结构与垂直空间演化时空特征以及驱动机制,进而模拟局地尺度不同情景城市土地利用扩张过程;并在北京城市以及京津唐城市群开展空间尺度拓展应用。本书通过城市立体空间演变的过程与格局再现解释城市演变现代过程的自然-人文作用机制,为城市地理、土地利用、地理信息系统与遥感应用学科交叉提供了新的研究范式。

本书可供土地利用规划与管理、城市地理学、城市规划学、遥感与地理信息系统等科研领域的研究人员、政府决策相关人员和高校师生参考使用。

图书在版编目 CIP 数据

城市土地利用时空信息数字重建、分析与模拟/匡文慧著. —北京:科学出版社, 2012

(地球信息科学基础丛书)

ISBN 978-7-03-032859-5

I. ①城… II. ①匡… III. ①城市土地-土地利用-遥感图像-数字图像处理 IV. ①F293.2②TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 240850 号

责任编辑: 杨帅英 朱海燕 马云川 / 责任校对: 张凤琴

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达欣艺术印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年4月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012年4月第一次印刷 印张: 14

字数: 330 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

21 世纪, 气候变化问题、能源问题与粮食安全问题是继人口-资源-环境问题后受到国际社会广泛关注的重大问题。粮食作物和能源作物的种植以及全球范围内快速的城市扩张正在激烈地争夺有限的土地空间。2005 年国际地圈-生物圈计划 (International Geosphere-Biosphere Programme, IG-BP)、国际全球环境变化人文因素计划 (International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP) 发布全球土地计划 (Global Land Project, GLP)。同年, IHDP 发布城市化与全球环境变化计划 (Urbanization and Global Environmental Change, UGEC)。这两大科学计划对城市化影响下的土地利用/覆被变化时空过程、幅度以及机制研究均给予高度的关注。城市作为人类高强度利用土地驱动环境变化最突出的标志, 随着 21 世纪世界城市人口比重超过总人口的 1/2, 城市化影响下的土地利用/覆被变化在局地、区域与全球尺度影响生态系统以及区域气候问题越来越成为科学家关注的重要科学命题。中国城市快速扩张与耕地“红线”问题、城市不透水地表快速增长与城市生态“绿线”与“蓝线”问题正成为城市理性增长与空间结构优化布局面临的重要科学问题。

城市空间结构布局历来是地理学家关注的焦点问题。16 世纪英国学者托马斯 (Thomas) 提出了乌托邦式的城市建设模式, 1826 年德国经济学家杜能 (Thünen) 在《孤立国同农业和国民经济的关系》一书提出农业区位理论, 1925 年伯吉斯 (Burgess) 提出了同心圆城市土地利用模式, 1939 年霍伊特 (Hoyt) 创立了城市土地利用的扇形理论。这些古典区位理论奠定了城市空间结构理论基础, 但是仍以静态模型为主。随着 21 世纪空间信息技术的高度繁荣, 融合了地理信息系统、全球定位系统、遥感、信息网络等多学科的地球信息科学理论与技术的发展, 为实现多尺度多维度城市土地利用时空信息的表达、重建以及动态模拟提供重要的技术支撑。

该书作者汲取了大量土地利用/覆被变化研究中的“营养”与“精华”, 在土地利用/覆被变化以及城市扩张遥感监测基础上, 深入城市内部三维结构, 开展城市土地利用时空信息的数字重建、分析与模拟, 应用现代地球信

息科学技术,通过横向与纵向比较解释“城市是如何演变的”这一科学问题。基于获得的长春城市半殖民地半封建社会时期、东北沦陷时期以及新中国成立以来完整时间序列的城市规划图、城市历史地图、城市地籍图以及高精度遥感信息等资料,开展多尺度城市土地利用数字重建及时空演变模式与驱动机制研究,模拟未来不同情景城市扩张过程。该书在高分辨率遥感与历史地理信息融合以及城市三维立体空间数字重建方法、近100年来长春城市演变的自然-人文作用机制以及在北京城市与京津唐城市群土地利用时空变化研究方面取得重要进展,为城市地理、土地利用、地理信息系统与遥感应用学科交叉提供了新的研究范式。特别是在如下两个方面研究意义重大,即多源数据融合与地学知识参与下解决了具有高度人文属性与多尺度特征的城市土地利用空间信息分类与历史重建这一难题;构建的区域尺度城市土地利用集成模型为解决大尺度土地利用变化-生态过程-区域气候交互作用机理研究提供重要方法与工具。该书的出版对促进现代地球信息科学发展具有重要意义,而且对城市规划与土地利用管理具有重要的科学指导作用与参考价值,是一部值得研读的著作。谨在此向作者表示祝贺,并提出更高的期待!



2011年12月10日

前言

“城市化与全球环境变化”正成为 21 世纪人们关注的核心问题。21 世纪被认为是城市化的世纪, 2008 年全球城市人口超过总人口的 50%。中国自改革开放以来, 城市以史无前例的速度快速增长, 特别是 21 世纪以来, 正经历着高速的城市化过程, 京津唐、珠江三角洲、长江三角洲三大城市群正向着都市连绵区态势发展。由此也引起了众多科学家对我国快速城市化引发的生态、气候问题以及粮食安全问题, 乃至环境健康问题的高度关注。

受全球土地计划和城市化与全球环境变化计划两大科学计划的启发, 笔者一直以来坚持在大尺度土地利用/覆被变化与局地尺度城市土地利用两个方面以尺度耦合方式开展研究工作, 希望能够通过佩戴一只“望远镜”与一只“显微镜”来洞察与识别地球表层系统各地理要素的演变过程、格局以及机理。在大尺度方面, 试图通过遥感监测、模型模拟等手段综合评价人类土地利用行为对地表土地覆被状态、生态环境以及区域气候变化产生的效应; 在局地尺度方面, 试图通过高精度时空信息、实验观测以及实地调查来揭示城市土地利用演化机制、机理以及对生态过程的影响。

在局地尺度上笔者从两个阶段递进式开展研究工作。2005~2010 年阶段性任务着重解决“城市是如何演变的”这一科学问题。2011~2015 年进一步在“城市演变对生态环境影响程度以及交互机理”方面开展工作, 通过国家、区域以及局地尺度不透水地表遥感时空信息的介入开展城市化以及相关的生态环境效应研究, 目前已经取得了初步的进展。本书试图用城市土地利用时空信息的数字重建、分析与模拟来解释“城市是如何演变的”, 本书的出版是对局地以及区域尺度城市演化机理研究阶段性工作的总结与整理。

城市土地利用的“过程·格局·机制”是城市地理学研究的三个重要主题, 城市土地利用时空信息的数字重建、分析与模拟是阐述这三个主题的重要方法。其中, 数字重建是基础, 分析是关键, 模拟是手段。多尺度城市土地利用的“过程·格局·机制”研究是本书的核心内容。本书中的城市土地利用时空信息, 包括内部功能结构、空间扩张以及相关的自然-人文信息。本书通过数据、方法、模型的集成以 100 年时间尺度从城市的水平结构以及垂直结构三维立体空间分析其演变过程以及作用机制, 模拟未来城市动态演变情景, 进而在北京城市与京津唐城市群进行空间尺度拓展应用。具体取得以下重要的研究成果:

(1) 系统揭示长春与北京城市土地利用演变的时空特征以及作用机制, 是城市地理学研究的重要内容。通过第一手翔实的数据资料从多时空尺度研究城市演变过程以及时空模式, 对解释城市演变机理、提升对城市认识的理论水平具有重要意义。

(2) 本书基于“3S”技术发展了多尺度、多源数据融合技术, 构建局地尺度城市水平结构与垂直结构三维立体空间数字重建方法以及多尺度城市土地利用模拟模型。这

不仅具有较强的可拓展性与普适性,而且对土地管理与城市规划等具有重要的参考与应用价值。

(3) 本书从 100 年时间尺度重建长春城市内部结构与垂直建筑楼层高度的演变过程,揭示不同社会政治制度背景下的城市土地利用时空演变模式与驱动机制;构建局地尺度元胞自动机模型与多主体模型集成的城市土地利用动态模拟模型(LUSM),开展长春城市土地利用时空结构演变未来情景模拟;构建区域尺度城市土地利用动态模拟模型(RUSM),开展京津唐城市群未来情景城市扩张模拟,为进一步开展城市化与全球环境变化研究提供前提基础。

本书前期研究与出版也得到了中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-320-1)、遥感科学国家重点实验室开放基金(2009KFJJ005)、国家高技术研究发展计划项目(2009AA122002)、瑞典研究链接(Swedish Research Links)项目(2006-24724-44416-13)以及资源与环境信息系统国家重点实验室开放基金(A0725)的资助。硕士生以及博士生导师张树文研究员、博士后合作导师刘纪远研究员、邵全琴研究员在本书研究内容、框架设计方面给予了悉心的指导,在此表示深切感谢。感谢研究生迟文峰与李全峰完成全书制图工作。感谢各位编辑在本书出版过程中付出的辛勤劳动。感谢其他给予支持与帮助的领导、老师、同事与同学。

作者在前期研究中参阅了大量的文献,主要观点均做了引用标注,如有疏漏,在此表示歉意。由于作者水平与能力有限,书中不足之处在所难免,敬请批评指正!

匡文慧

2011 年 12 月 1 日于北京

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 背景与意义	1
第二节 前沿与进展	2
一、科学计划与学科前沿	2
二、国内外研究进展	5
第三节 本书内容与框架	15
第二章 城市土地利用时空信息数字重建	19
第一节 城市系统作用理论基础与时空信息表达	19
一、城市系统作用理论基础	19
二、城市土地利用时空信息表达	23
第二节 城市土地利用内部空间结构数字重建	28
一、城市土地利用分类与数字重建方法	28
二、城市多尺度空间定位与多源空间信息融合	36
三、城市空间扩张数字重建	43
四、城市内部空间结构数字重建	46
第三节 城市土地利用垂直空间结构数字重建	48
一、城市建筑垂直高度空间表达	48
二、城市建筑高度遥感信息反演方法	49
三、城市建筑垂直高度空间信息重建	50
第四节 城市土地利用时空信息集成	55
一、城市土地利用时空信息数据管理	55
二、城市土地利用时空信息数据集成	55
第三章 城市土地利用时空过程分析	57
第一节 城市基础地理概况	57
一、地理位置与行政区划	57
二、自然地理环境	57
三、社会经济因素	59
四、城市化过程与发展战略分析	60
第二节 城市建设规划与职能演变分析	60
一、城市建设规划简史	60
二、城市职能演变过程	64

第三节 城市土地利用变化特征分析	66
一、城市土地利用扩张过程分析	66
二、城市土地面积-人口关系分析	69
三、城市土地利用类型变化特征分析	70
四、城市土地利用类型增长特征分析	72
五、城市土地利用类型内部转换特征分析	72
六、城市土地利用变化区域差异分析	73
第四章 城市土地利用时空格局分析	77
第一节 城市土地利用方位特征分析	77
一、城市土地利用空间重心转移分析	77
二、城市土地利用距离谱空间分析	80
第二节 城市土地利用空间演变均质性分析	85
一、城市土地利用空间结构均质性表达与原理	85
二、城市土地利用信息熵空间变异模型	85
三、城市土地利用结构信息熵分析	86
四、城市土地利用演变信息熵空间变异分析	88
第三节 城市土地利用空间演变分形特征分析	90
一、城市土地利用分形模型	90
二、城市土地利用扩张分形特征分析	91
三、城市土地利用演变面积-周长分形特征分析	91
四、城市土地利用演变集聚分形特征分析	92
第四节 城市垂直空间演变楼层高度空间分异分析	93
一、不同土地利用类型垂直空间高度比较分析	93
二、地价对城市垂直结构演变空间分异影响	94
三、城市垂直高度变化对土地利用收益的影响	94
第五节 城市土地利用时空演变特征与模式分析	95
一、城市土地利用演变特征分析	95
二、城市土地利用演变模式分析	96
三、城市土地利用空间结构存在主要问题	97
第六节 城市土地利用演变生态效应分析	98
一、城市土地利用空间演变模式对生态环境影响分析	98
二、城市内部空间功能结构调整对生态环境影响分析	100
三、城市垂直空间结构演变对生态环境影响分析	101
第五章 城市土地利用时空作用机制分析	102
第一节 自然地理因素分析	102
一、城市发育的亲水性	102
二、地形因素分析	103
三、地貌因素分析	104

第二节 人口与经济驱动因素分析	105
一、人口驱动因素分析	105
二、经济增长与产业发展驱动因素分析	106
三、城市土地利用与驱动因素相关性模型分析	109
第三节 空间区位与政策驱动因素分析	110
一、交通道路因素牵引影响分析	110
二、地价因素影响分析	111
三、土地利用政策与城市规划因素分析	113
第四节 城市土地利用驱动因素时空作用方式分析	117
一、城市土地利用时空作用驱动因素分类	117
二、城市土地利用时空作用过程分析	117
三、城市土地利用时空作用方式分析	118
第六章 城市土地利用时空动态模拟	120
第一节 局地尺度城市土地利用动态模拟模型	120
一、局地尺度元胞自动机与多主体模型集成方法	120
二、局地尺度城市土地利用动态模拟模型结构与框架	123
第二节 城市土地利用动态模拟实现方法	125
一、模型实现流程	125
二、模型功能与实现方法	126
三、城市土地利用动态模拟主体交互规则	132
第三节 局地尺度城市土地利用模拟与结构优化分析	133
一、局地尺度城市动态多智能体模拟平台	133
二、城市土地利用模拟精度分析	134
三、城市未来扩张对区域生态环境影响情景分析	136
四、城市土地利用空间结构优化措施	136
第七章 城市土地利用时空信息数字重建的应用拓展	139
第一节 城市土地利用时空信息数字重建	139
一、城市空间扩张时空信息数字重建	139
二、城市土地利用变化时空信息数字重建	140
第二节 城市土地利用空间扩张时空特征分析	144
一、城市土地利用扩张特征分析	144
二、城市空间蔓延时空变化特征分析	152
第三节 城市土地利用变化时空特征分析	156
一、城市土地利用变化与功能区结构转换特征分析	156
二、城市土地利用变化与功能区结构转换模式分析	159
三、城市土地利用变化与功能区结构转换影响因素分析	163
第八章 城市土地利用时空模拟空间尺度拓展	166
第一节 区域尺度城市土地利用动态模拟模型	166

一、当前城市土地利用动态模拟模型局限性分析	166
二、区域尺度城市土地利用动态模拟模型结构以及基本功能	166
第二节 城市群区域空间与功能结构演变过程分析	167
一、京津唐城市群自然地理概况	167
二、城市群产业带发展与区域空间结构演变	168
三、城市群产业转移与功能结构调整	170
第三节 城市群城市土地利用动态变化过程与特征分析	171
一、城市群土地利用变化时空特征分析	171
二、城市群城市扩张时空特征分析	175
三、城市群城市扩张的经济、政策人文驱动因素分析	177
第四节 城市群城市空间扩张模拟方法与技术流程	179
一、模型理论基础与框架	179
二、模型实现与技术流程	181
三、空间影响因素识别与分析	182
四、城市空间扩张模拟与算法实现	184
第五节 城市群城市空间扩张情景模拟	185
一、城市空间扩张模拟精度评价	185
二、城市空间扩张未来情景时空特征分析	186
第九章 总结与展望	192
参考文献	198

第一章 绪 论

第一节 背景与意义

全球环境变化与可持续发展是当前人类社会面临的两大重要挑战。全球变化实际上是人与自然之间关系的变化 (IGBP, 2001)。随着全球变化与人类活动相互作用机制认识的深入, 国际上越来越多的学者、研究团体、决策机构加大了对全球变化与人类活动相互作用研究的力度。全球变化研究涉及自然和社会领域的各个方面, 特别是与社会、政治、经济和外交等多个领域的结合促使一些跨学科研究热点的出现。全球变化研究, 不仅需要关注其科学内涵和学术价值, 更要考虑如何为生存空间的可持续发展提供科学背景和依据 (Steffen et al., 2001; 李家洋等, 2005)。国际地圈-生物圈计划与国际全球环境变化人文因素计划构建了新的研究框架, 将全球变化与陆地生态系统 (Global change and terrestrial ecosystems, GCTE) 和土地利用/覆被变化 (Land use/cover change, LUCC) 两个核心计划发展为全球土地计划, 主要研究土地系统变化的原因和本质、土地系统变化的后效性以及土地可持续性的综合集成和模拟, 目的是分析陆地人类-环境耦合系统的变化, 以及局地、区域和全球尺度上该系统的承载能力 (IGBP, 2005)。

城市是一个在局地、区域和全球尺度上的社会经济、地缘政治和环境过程交互作用产生的复杂动态系统。目前, 全球人口约 1/2 居住在城市地区 (UNCHS, 2002; UN, 2004a; UN, 2004b; IHDP, 2005), 预计到 2030 年大约 60% 的人口居住在城市。其中约 90% 的人口增长将集中于城市, 并且主要集中于发展中国家 (IHDP, 2005)。在经济全球化的影响下, 全球城市化正在加速发展, 由于城市化引起土地利用/覆被变化, 从而导致社会、经济和环境的进一步变化 (Weber and Puissant, 2003)。城市土地利用成为影响陆地生态系统的重要因素 (Wang and Zhang, 2001)。

城市化引起土地利用/覆被的剧烈变化, 从而影响区域生态环境或通过影响区域生态环境以累积方式进一步影响全球环境变化 (Townshend et al., 1991; Loveland et al., 1991; Dale et al., 1993; Romero et al., 1999; Weber and Puissant, 2003)。IHDP 核心计划提出应寻求更好地理解局地、区域和全球尺度城市化与全球环境变化之间的交互和反馈, 特别是人文与自然过程之间的交互作用和产生的结果 (IHDP, 2005)。城市土地利用空间结构是城市产生与发展的外在表现。在局地尺度上理解城市空间结构演变过程及模拟空间扩张是在区域尺度或全球尺度上解释与预测城市化对土地利用/覆被变化以及生态环境影响的一项重要内容。因此, 在研究城市土地利用空间结构演变过程、演变规律以及与人类活动的作用机制的基础上, 准确预测其未来变化过程是城市化与全球环境变化研究的基础。

城市是社会经济发展到一定阶段的产物,是社会文明的象征。在城市发展初始阶段由于城市化水平不高,城市发展对生态环境影响甚小。随着城市发展速度的加快,城市建设与人类活动的加强导致城市地区自然生态系统逐渐被人工生态系统所替代,城市成为人类活动最为剧烈的区域。城市是自然、人文要素组成的复杂系统,是区域人口、经济、文化中心,具有内部和外部物质流、能量流和信息流的循环(林琨等,1996)。它的形成和发展是系统中各个组成要素相互作用的结果。目前,城市已成为人类物质财富和精神财富生产、积聚和传播的中心,其发展直接关系到国家经济发展和现代化进程(陈述彭,1999)。随着全球城市化水平的不断提高,城市作为一个复杂的系统,对地区社会经济发展起着重大的推动作用。世界正处于快速的城市化过程中,2008年居住在城市中的人口已经超过了世界人口的1/2,到2050年将有2/3的人口居住在城市。发展中国家,特别是亚洲的发展中国家,正处于快速城市化过程的转型时期。

21世纪以来,中国以年均1.2%的城市化速度增长,2008年中国城市化水平达到45.77%,到2011年底中国城市化水平已超过50%。21世纪是世界城市化时期,中国正经历快速的城市化过程。在此期间受到“西部大开发”等国家层面国土开发战略、国际大都市(都市圈)等区域开发策略、重大建设工程实施等一系列因素的影响,加之中国经济快速增长,导致中国城乡建设用地快速扩张。这些现象引起了科学家的关注与担忧,认为21世纪的中国正经历“冒进式增长”或“大跃进”等城市化现象(陆大道等,2007)。中国的快速城市化过程带来的严重的环境影响也受到科学家的广泛关注。快速的城市化及城市土地利用空间结构的不同配置方式对全球环境变化的影响较大,其中包括城市布局不够紧凑导致对基础设施的需求增加,交通格局不合理对能源需求的增长以及城市无序扩张对全球食物安全的影响(Camagni et al., 2002)。

第二节 前沿与进展

一、科学计划与学科前沿

(一) 国际科学研究计划

2005年国际地圈-生物圈计划和国际全球环境变化人文因素计划启动全球土地计划,对全球变化和陆地生态系统与土地利用/覆被变化及生物多样性等计划开展集成研究。全球土地计划强调对局地、区域尺度上的人类-环境耦合系统的变化及其对地球系统的物质、能量循环以及生态服务功能的影响进行研究。全球土地计划主要将社会和自然及人类科学领域的研究者集中起来致力于解答这些问题。

全球土地计划研究目标是量测、模拟和理解人类-环境耦合系统,具体包括:①识别陆地生态系统人类-环境耦合的内在动因、结构和本质,目的是定量分析其对土地系统产生的影响;②评价土地变化如何影响生态系统服务功能;③识别人类-环境耦合系

统的脆弱性和持续性与干扰（包括气候变化）相互作用机制及动力学。它主要围绕三个主题：第一，土地系统变化的动力学；第二，土地系统变化的后果；第三，土地可持续性的集成分析和模拟（IGBP, 2005）。

同年，IHDP 第 15 号报告《城市化与全球环境变化》提出通过采用时空尺度交叉、时空尺度比较以及公众与政策制定者之间的交流等方式加强城市化与全球环境变化之间关系的研究，核心是要加强在局地、区域以及全球尺度城市化与全球变化之间的交互与反馈的理解，开展与环境问题相关的社会、政治、经济、文化与生物物理因素的多维集成研究。该计划主要包括四个研究主题：①与全球环境变化相关的城市化过程；②全球环境变化以何种途径影响城市系统；③城市系统人类与环境之间的交互与响应；④城市系统对全球环境变化影响的交互作用的后果。该计划的提出是针对陆地生态系统中的城市化与全球环境变化之间交互关系问题，在研究中更重视人文科学与自然科学的耦合与交叉解决人类活动-环境系统的耦合关系（IHDP, 2005）。

2005 年联合国出版的千年生态系统评估（Millennium Ecosystem Assessment, MA）报告《生态系统与人类福祉：现状与趋势》中对城市系统进行专门的评价，认为城市人口与经济的发展将对全球范围内的生态系统产生更大的压力，进而影响生态系统服务功能；特别强调低海岸带（low elevation coastal zones, LECZ）受全球变化的威胁更大，城市生态系统受全球气候变化的影响变得更加脆弱（McGranahan et al., 2007）。

（二）学科前沿与热点问题

2008 年全球城市人口超过了 50%，而且该年也是中国改革开放 30 年，*Science* 发表了 *Global change and the ecology of cities* (Grimm et al., 2008); *The urban transformation of the developing world* (Montgomery, 2008); *The size, scale, and shape of cities* (Batty, 2008) 关注发展中国家的城市化问题。城市化影响下的土地利用/覆被变化，城市一区域到全球尺度的生物地球化学循环的改变，城市化与气候变化、生物多样性是重要的研究主题。

2009 年 10 月 *Science* 发表了美国国家海洋和大气管理局（NOAA）科学家 David Parrish 和北京大学环境科学与工程学院朱彤教授联合撰写的文章《超大城市的清洁空气》（*Clean air for megacities*），提出超大城市空气污染对人体健康有重要影响，包括中国的北京和上海在内的全球 19 个千万级人口的超大城市空气污染的治理为控制气候变化提供了重要契机（Parrish and Zhu, 2009）。

为什么城市化带来的环境问题受到国际社会与科学界的广泛关注？人类在有限的地域空间上，从事农业活动以满足粮食需求的生产空间、城市建设的生存空间等用地需求、维系生态功能的生态用地之间构成激烈的竞争关系。生物质能源原料生产用地需求的增大对有限的土地空间产生更重要的影响，使得这一竞争关系变得更加剧烈。城市化影响下的地域空间内城市居住用地、工业和商业等产业用地、城市生态绿地等之间产生更激烈的竞争。上述关系越来越受到全球城市化的兴起、全球气候变化等因素的影响，

气候变化维-人类活动维-生态环境维（CHE）的关系更加复杂，具体表现在土地利用/覆被变化-全球气候变化-生态系统的交互关系方面，并促成了全球土地计划和城市化与全球环境变化研究计划的产生（图 1.1）。

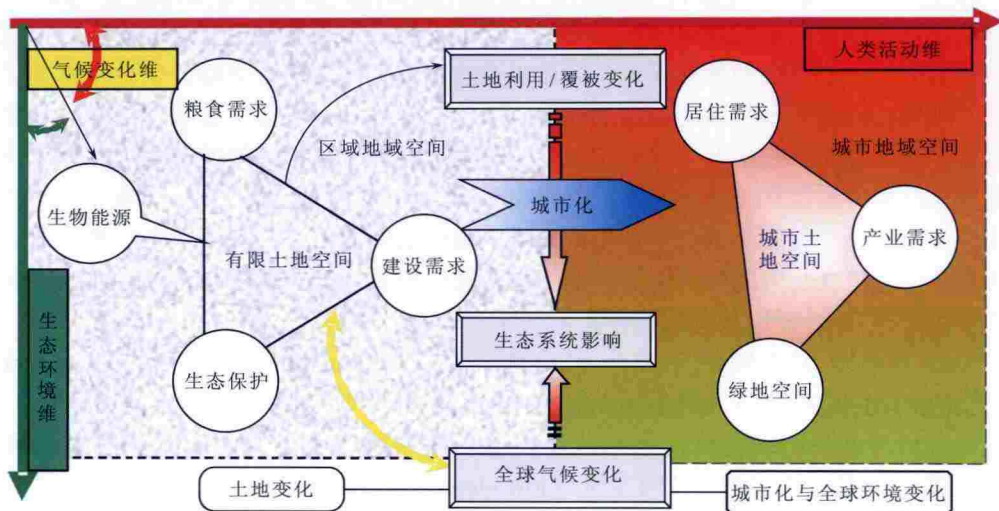


图 1.1 土地利用竞争关系及生态环境效应热点问题

城市化过程既作为一种自然景观的转换过程又作为一种社会现象，是一种人类对地球的剧烈的、一般不可逆转和客观的作用过程。城市地区成为引发全球环境变化的焦点区域。城市化与全球环境变化之间的交互带来两类重大问题：城市活动对全球环境变化带来一定的消极影响以及全球环境变化对城市发展带来负面影响。

城市化引起的全球环境变化成为科学界高度重视的问题。城市化进程中，乡村不断向城市输入食物、建筑材料等生产生活消费品。同时，城市也不断向农村输出垃圾、废气、污水等对生态环境产生重大影响的废弃物。在城乡动态交互过程中，我们将城乡地域空间划分为城市（人工生态系统为主）、乡村（自然生态系统为主）、城乡过渡带（半人工半自然生态系统）三个部分。城乡交互过程对自然生态系统的影响主要表现在城市扩张与演变过程中对耕地的吞噬、林地的占用以及湿地的退缩等生态消耗问题。城市作为一种人工生态系统对环境的影响主要表现为城市水污染、城市土壤污染、城市热岛效应等环境问题。城市化与环境变化之间的关系见图 1.2。城市土地利用作为城市化过程中城市系统与环境变化之间最直接、最强烈的反映，从城市土地利用空间行为-空间格局-空间过程角度研究城市土地利用演变过程、驱动机制，并在此基础上进行扩张模拟，进而提高对城市土地利用演变机理的认识，是城市化与全球环境变化科学研究的基础。

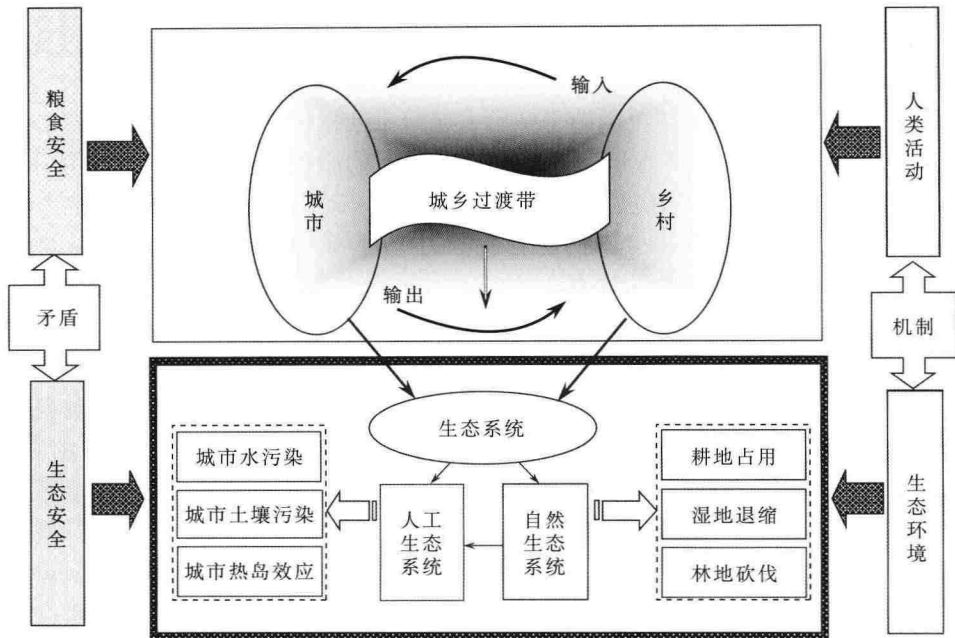


图 1.2 城市化与环境变化之间的关系

二、国内外研究进展

（一）城市土地利用数字重建研究进展

1. 城市土地利用遥感监测信息源的发展

遥感为人类从多视角与多尺度认识地球提供新的方法与手段。20 世纪初航空摄影测量技术在军事与地形图绘制等方面得到广泛应用。1957 年人类进入航天时代，极大地提高了人类认识地球的能力。1972 年美国第一颗陆地卫星的发射为人类的遥感研究奠定了基础。20 世纪 70 年代学者开始利用 Landsat MSS 影像进行城市遥感研究。Landini 和 McLeod (1979) 研究了城市发展与人口之间的关系。由于 MSS 分辨率较低，不能完全满足城市遥感应用中分类精度高的要求。20 世纪 80 年代 Landsat-4 成功发射，将 Landsat TM 影像的空间分辨率提高到 30m，提高了卫星影像在城市监测中的应用价值。Welch (1982) 分析了北美、欧洲和亚洲的城市研究对遥感影像空间分辨率的不同要求。Haack 等 (1987) 评价了 Landsat MSS 与 TM 影像在城市及郊区土地覆被分类中的应用潜力。1986 年法国发射 SPOT 遥感卫星为城市空间信息分类与制图提供了较高的研究价值。2000 年美国发射 IKONOS 商业遥感卫星，可以提供 1m 分辨率的图像数据。随着更高分辨率商业遥感卫星，如 QuickBird 卫星成功发射，把遥感图像全色波段分辨率从 1m 提高到 0.61m，多光谱图像分辨率从 4m 提高到 2.5m。将高空间

分辨率卫星影像数据应用于城市监测,极大地提高了遥感在城市土地利用变化的应用能力。但是,由于不同分辨率遥感影像对空间信息的综合能力不同,针对一定的应用需求选择较为合适的遥感数据源对实现特定应用目的是非常重要的。其中,Ramsey (2003)利用 ASTER 遥感数据对全球范围的 100 个大城市土地覆被进行监测。我国国土资源部门 1999 年以 Landsat TM 影像和 SPOT 影像为主要的的数据源对北京、天津等 66 个 50 万人口以上的大城市土地利用进行了监测,这些城市占全国 50 万人口以上城市总数的 78.6%,监测区内耕地面积占全国耕地总面积的 19.5%。由于遥感信息源空间分辨率的改善,城市监测能力得到不断提高。

2. 城市土地利用遥感信息提取方法

遥感空间信息分类与提取是研究城市土地利用变化的基础与关键。多源数据融合技术、自动化提取技术及知识规则的参与极大地改善了遥感的分类精度。人工神经网络、遗传算法、人工智能、有限元方法、模糊数学、专家知识等方法成为近年来研究热点。Jensen 和 Toll (1982) 提出了城市边缘居民地扩张信息提取的二分法十阶段模型。Haack (1983) 研究了城市居民地分析中 Landsat TM 数据的应用方法。Goodenough (1988) 研究了 Landsat TM、SPOT 影像与地理信息系统整合在城市道路更新应用中面临的问题。Gong 和 Howarth (1990) 利用纹理信息改进了城乡边缘区土地覆被分类的精度。Weber 和 Hirsch (1992) 研究了利用 SPOT 影像区分城市生活质量的方法。

遥感是研究城市区域特征与分析城市空间增长的重要手段。前人利用遥感图像对城市变化监测作了大量的研究工作。这些研究主要包括图像-图像的比较或图形-图形的比较。基于图像的比较虽然更精确,但是难以提供各种城市土地利用类型变化的更为详细的信息 (Ridd and Liu, 1998)。相反,图形-图形的比较或分类后比较的方法对探测城市土地利用/覆被变化的特征具有很大的潜力。特别是更高分辨率遥感影像应用以及图像分类方法的不断改善,使得高精度制图能够满足更高要求的城市土地利用/覆被变化研究 (Jensen and Cowen, 1999)。

在监督分类中训练样本具有很强的区域特征,很难找到普适的样本规则进行大面积的遥感分类。人机交互解译在专家知识参与下更能够适应于大面积遥感调查与多源空间信息集成下的变化监测。在城市土地利用分类中,需要一些地理信息或其他辅助信息(如城市规划、大比例尺地形图等)以及一些先验的知识,以便能更准确地区分居住、工业、商业等用地类型 (Kuang et al., 2010)。

3. 城市土地利用数字重建研究进展

在空间信息技术及对地观测技术高度发展的今天,为满足城市化快速发展的需求,日本、美国等发达国家从不同尺度对城市土地利用空间结构进行重建。Bounfour 和 Lambin 认为,由于我们不能以一种连续的方式长期监测土地利用变化致使我们对驱动力的理解并控制变化过程受到了限制 (Bounfour and Lambin, 1999; Weber and Puitsant, 2003)。遥感作为分析和模拟城市扩张和土地利用变化的重要数据源对城市制图具有重要的价值 (Herold et al., 2003)。基于“3S”技术集成遥感影像、地形图及历史