

CHENGSHI KONGJIAN
YANHUA JINCHENG DE FUXAXING YANJIU

城市空间演化进程 的复杂性研究

CHENGSHI KONGJIAN YANHUA JINCHENG
DE FUXAXING YANJIU

苗作华 著



中国大地出版社

城市空间演化 进程的复杂性研究

苗作华 著

中国大地出版社
· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

城市空间演化进程的复杂性研究/苗作华著. —北京:
中国大地出版社, 2007. 8
ISBN 978 - 7 - 80097 - 969 - 9

I. 城… II. 苗… III. 城市空间—空间规划—研究
IV. TU984. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 103816 号

责任编辑: 卢晓熙

出版发行: 中国大地出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话: 010 - 82329127 (发行部) 010 - 82329008 (编辑部)

传 真: 010 - 82329124

网 址: www.chinalandpress.com 或 www.中国大地出版社.中国

印 刷: 北京市地矿印刷厂

开 本: 850mm × 1168mm 1/32

印 张: 9.375

字 数: 220 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版

印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1—1000 册

书 号: ISBN 978 - 7 - 80097 - 969 - 9/F · 225

定 价: 20.00 元

版权所有·侵权必究

前 言

城市是地球表面一定的空间地域，是一定区域内人口最密集、人类活动最剧烈和人类影响最深刻的地域，是承载人类经济活动和社会文化活动的特殊空间，是人类文明的结晶。改革开放以来，我国经历了快速的城市化过程，伴随着人口的持续增长和经济的快速发展，中国的城市化过程将呈现出进一步加速的趋势。因此，开展对城市化过程中的城市空间演化研究，认识和理解中国城市化过程的基本特征规律，建立城市空间动态模型对城市发展变化过程中的动态行为进行有效的描述、模拟和分析，并在此基础上提供区域发展决策支持，从而降低中国城市化过程的风险水平，促使城市化与社会经济的协调发展，不仅具有重要的理论意义，而且也具有突出的现实意义。

城市空间演化模型的发展经历了从静态到动态的过程，近年来随着有关城市研究的深入，人们逐渐认识到城市系统是一个动态空间复杂系统，具有开放性、动态性、自组织性、非平衡性等耗散结构特征。城市的发展变化受到自然、社会、经济、文化、政治和法律等多种因素的影响，因而其行为过程具有高度的复杂性。静态、宏观和确定的传统城市模型受到前所未有的挑战，用传统的方法和理论研究其发展变化往往会导致模型的人为简单化，对城市化进程中复杂现象的描述，或者仅仅是静态的描述，没有时间的概念，或者仅仅是用量的描述，没有空间的概念。分形、人工神经网络、细胞自动机、遗传算法、多智能体技术等非线性科学研究理论、方法和模型的引入

城市空间演化进程的复杂性研究

CHENGSHI KONGJIAN YANHUA JINCHENG DE FUZAXING YANJIU

为城市时空演化分析和模拟提供了一种全新的探索工具。

全书共分7章。第1章首先概述了本书的研究背景,探讨了城市化与土地利用/覆盖变化的关系以及其对生态系统的影响,总结了城市空间演化模型从静态到动态的发展历程,指出了当前城市空间演化模型存在的局限性,在明确本书研究目标的基础上,给出了本书的研究内容和研究框架。第2章对本文研究的相关理论与方法进行了综述。首先阐述了城市化进程研究中所涉及的区位理论、经济理论和生态学理论;其次论述了复杂性科学研究理论在城市化进程研究中的应用,其中着重对细胞自动机模型的基本概念进行了概述,同时本章就多智能体技术的一些基本概念进行了详细的阐述,并就主体概念模型、基于主体的建模思想特点和步骤进行了详细的分析研究。第3章以复杂性理论为工具分析了城市空间演化进程中的复杂性过程、模式和动力机制。在总结城市空间系统演化模式的基础上探讨了导致城市空间演化的动力机制;阐述了在城市空间系统动态演化中存在复杂性现象,分析了城市空间系统复杂性的根源,本章还总结了CA理论在城市演化中的应用历程图谱,提出了该模型的发展趋势和改进方向,同时分析了基于多智能体建模在城市空间演化应用中存在的不足和改进思路。第4章阐述了马尔可夫模型在城市空间研究中的应用,首先论述了马尔可夫模型的基本理论原理,其次以某研究区的城市空间演化过程中的土地利用变化数据为例采用传统马尔可夫过程进行了实验研究,最后,在介绍基于绝对分布马尔可夫过程理论基础上,提出了对其改进的思路和方法,构建了基于加权的模糊马尔可夫模型,并以模型与传统模型进行了比较实验研究。第5章详细叙述了基于复杂性科学理论空间城市空间演化概念模型,在本章中首先就构建复合模型的可行性进行了分析,然后对复合模型中的细胞自动机模块和多智能体模块进行扩展。第6章

以武汉市城市演化进行了实例研究,首先从地理空间、国民经济和城市空间演化史等方面对武汉市的概况进行了简要的描述,其次设计了细胞自动机模块层和多智能体模块的系统实现,最后利用收集到的自然环境和社会经济资料对武汉市的未来城市演化进行了模型模拟,并就模拟结果进行科学的定性分析。第7章对本书的研究内容和成果以及后续研究展望进行了总结,提出了基于复杂性理论的城市空间研究模型的研究方向和内容。

模拟实验表明,基于细胞自动机模型和多智能体理论的复合模型在反映研究区域空间信息的同时,也注重了微观上人的主观能动性,结合两者的优势,避免了各自的不足,使得演化过程更接近实际情况。然而,从客观上而言,该模型还有许多不足,存在数据质量不确定性,算法复杂以及精度有待提高的问题,其并不能完全替代城市规划工作者的工作。但是,这种基于复杂性科学理论的研究模型在城市空间演化应用上还是体现了很好的先进性,具有较大的发展潜力。

本书的主要创新点包括:①以复杂性科学研究的理论方法和观点来分析城市空间演化的复杂过程;②提出基于细胞自动机理论和多智能体模型的城市空间演化模拟的复合地理计算概念模型;③对传统细胞自动机模型进行了扩展,采用面向对象思想设计了细胞单元实体结构,将四叉树思想引入到细胞空间的动态划分中,采用多层次理论描述模型转换规则,并以模糊理论的方法来确定模型演化规则;④给出了用于城市空间演化的多智能体模型体系结构,智能体规则语法定义,建立了基于关系数据库的智能体知识表达机制,提出智能体的知识 E-R 推理模式结构体系以及基于模糊多因素多层次决策方法的智能体优选方案确定方法;⑤利用面向对象的开发语言开发了基于扩展的细胞自动机模块和多智能体模块的复合城市演化模拟系统,并以武汉市城市空间演化为例进行了实例研究。

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.1.1 全球变化与土地利用/覆盖变化研究 ...	(2)
1.1.2 城市化与土地利用/覆盖变化	(6)
1.1.3 城市化与土地生态系统研究	(8)
1.2 研究动态	(11)
1.2.1 城市空间演化研究动态	(11)
1.2.2 当前国内外研究存在的不足	(16)
1.3 研究意义和内容	(19)
1.3.1 研究目的和内容	(19)
1.3.2 研究意义	(21)
1.3.3 本书框架	(23)
1.4 本章小结	(27)
第2章 相关研究理论与方法	(28)
2.1 城市化进程中的区位理论	(28)
2.2 城市化进程中的经济理论	(32)
2.2.1 土地稀缺性原理	(32)
2.2.2 地租地价理论	(33)
2.2.3 替代原理	(37)
2.2.4 城市化进程中的可持续发展理论	(38)

城市空间演化进程的复杂性研究

CHENGSHI KONGJIAN YANHUA JINCHENG DE FUZAXING YANJIU

2.3 城市化进程中的生态学理论	(43)
2.3.1 城市生态位理论	(43)
2.3.2 最小因子理论	(44)
2.3.3 环境承载力原理	(44)
2.4 复杂性科学研究理论	(45)
2.4.1 复杂性概念	(45)
2.4.2 复杂性特征	(47)
2.4.3 复杂系统概念	(47)
2.4.4 复杂系统特征	(48)
2.4.5 复杂性科学研究	(49)
2.5 细胞自动机基本理论	(52)
2.5.1 细胞自动机的起源	(52)
2.5.2 细胞自动机的定义	(53)
2.5.3 细胞自动机的构成	(54)
2.5.4 细胞自动机的特征	(60)
2.5.5 细胞自动机的分类	(61)
2.5.6 细胞自动机的相关理论	(63)
2.6 多智能体基本理论	(71)
2.6.1 主体的基本概念	(72)
2.6.2 主体概念模型	(75)
2.6.3 主体体系结构	(76)
2.6.4 基于主体的建模	(82)
2.7 本章小结	(88)
第3章 城市空间系统演化的复杂性研究	(90)
3.1 基本概念与内涵	(91)
3.1.1 空间	(91)
3.1.2 城市空间	(93)

3.1.3 城市空间系统	(96)
3.2 城市空间系统演化的复杂过程	(99)
3.2.1 城市空间系统演化概述	(100)
3.2.2 城市空间系统演化的时空复杂性	(103)
3.2.3 城市空间系统演化的自组织	(105)
3.2.4 城市空间系统演化的混沌边缘	(109)
3.2.5 城市空间系统的适应性	(110)
3.2.6 城市空间系统演化复杂性的根源	(113)
3.3 城市空间系统演化模式与动力机制	(115)
3.3.1 城市空间系统演化模式	(116)
3.3.2 城市空间系统演化动力机制	(118)
3.4 城市空间系统演化与细胞自动机理论	(122)
3.4.1 细胞自动机理论在城市演化中的应用	(123)
3.4.2 细胞自动机理论在城市演化应用中的 趋势	(126)
3.5 城市空间系统演化与多智能体理论	(129)
3.5.1 多智能体理论在城市演化中的应用	(129)
3.5.2 多智能体理论在城市演化中的应用 特征	(132)
3.6 本章小结	(134)
第4章 马尔可夫链模型的应用	(136)
4.1 研究方法 with 模型	(137)
4.1.1 传统马尔可夫链模型	(137)
4.1.2 传统数学模型法	(139)
4.1.3 模型与方法的实例研究	(140)
4.2 扩展马尔可夫链模型的应用	(145)
4.2.1 基于绝对分布的马尔可夫模型	(146)

城市空间演化进程的复杂性研究

CHENGSHI KONGJIAN YANHUA JINCHENG DE FUZAXING YANJIU

4.2.2	基于加权的模糊马尔可夫模型	(150)
4.3	本章小结	(159)
第5章	复合城市空间演化模型建模	(160)
5.1	复合城市空间演化模型的可行性分析	(161)
5.1.1	多智能体模型与细胞自动机模型相结合	(161)
5.1.2	复合演化模型与 GIS 相结合	(168)
5.2	复合演化模型体系结构	(170)
5.3	细胞自动机模块扩展	(175)
5.3.1	细胞自动机模块体系结构	(175)
5.3.2	扩展的细胞自动机模型运行机理	(180)
5.3.3	扩展的细胞自动机模型概念表述	(182)
5.3.4	扩展的细胞自动机模型演化规则	(189)
5.4	多智能体模块扩展	(198)
5.4.1	多智能体模块体系结构	(198)
5.4.2	智能体模型结构	(201)
5.4.3	智能体语法定义	(205)
5.4.4	智能体行为规则	(207)
5.4.5	智能体决策优选方案选择	(212)
5.5	本章小结	(215)
第6章	武汉市城市空间演化实例研究	(217)
6.1	研究区域分析	(218)
6.1.1	地理空间分析	(218)
6.1.2	国民经济分析	(220)
6.1.3	空间演化分析	(222)
6.2	实验系统的实现	(226)
6.2.1	系统基本流程	(226)

6.2.2 相关模块的系统实现	(228)
6.2.3 系统界面及主要功能	(237)
6.3 系统运行与结果分析	(241)
6.3.1 数据、资料预处理	(241)
6.3.2 系统模拟结果	(247)
6.3.3 模型评价	(250)
6.3.4 模拟结果分析	(252)
6.4 本章小结	(255)
第7章 总结与展望	(257)
7.1 研究内容总结	(257)
7.2 研究成果总结	(260)
7.3 后续研究展望	(262)
参考文献	(264)
后 记	(285)

第1章 绪论

1.1 研究背景

随着世界经济、社会和科学技术的发展,地理学研究领域由矿产型向社会型拓展,其研究对象不仅由传统的矿产资源向广义的国土资源延伸,而且越来越注重生态环境、自然灾害、气候变化、生命起源和演化等人与自然关系的研究,人口、资源、环境作为人类社会与经济可持续发展的重大问题,已成为地理学研究的前沿课题。全球变化研究(Global Change Study)是上个世纪80年代兴起的迄今规模最大的国际合作研究活动,其研究表明人类的生存和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变化的重要组成部分和主要原因。城市化是人类改造自然环境、利用自然资源的典型过程,是土地利用与覆盖变化的主要驱动力之一。

构建合理的城市空间结构和形态,通过模型来有效模拟城市的空间演化过程,为城市规划工作者的决策提供有力的支持一直以来都是城市地理学家研究的重点和方向。基于“自下而上”的复杂系统研究方法所采用的建模思想可以很好的模拟复杂的城市空间系统。然而,细胞自动机理论长于表述空间

城市空间演化进程的复杂性研究

CHENGSHI KONGJIAN YANHUA JINCHENG DE FUZAXING YANJIU

信息的演进,弱于对社会经济政治现象的表达;而多智能体模型则相反。单纯的基于细胞自动机理论的城市空间演化模型仅以局部邻域空间细胞的互作互动,在基于离散地理空间的演化规则作用下,模拟空间现象交互作用的自组织演化过程,其与周围环境的信息交流能力较弱,在模拟以人等能动主体参与的城市演化方面存在局限;基于多智能体理论的建模则能在表现复杂系统自组织特性的前提下,很好的反映城市内部如社会、经济和政治等智能主体对城市发展的内力推动作用,然而,单纯的基于多智能体的城市演化模型对城市地理空间信息数据的支持和利用的能力比较薄弱。将两者结合起来,对现有的多智能体模型和细胞自动机模型进行适当的改进和扩展,则可以更好的模拟城市演进历程,揭示区域发展规律。

1.1.1 全球变化与土地利用/覆盖变化研究

全球变化研究(Global Change Study)是上个世纪80年代兴起的跨学科的、综合性的、迄今规模最大的国际合作研究活动,涉及地球科学、生物科学、环境科学、天体科学和遥感技术、数据库及网络化技术应用等众多的学科领域,以地球系统科学理论为指导,强调跨学科、交叉学科和跨部门、多国参与研究,强调全球性诸多环境问题的区域尺度和全球模式的研究。由于全球变化研究的深入和发展,同时也鉴于其重要性,1986年,国际科学委员会(The International Council for Science, ICSU)创立了国际地学与生物圈研究计划(International Geosphere - Biosphere Program)简称IGBP。IGBP的目标在于阐述和理解地球系统和人类居住环境中的物理的、化学的以及生物的相互作用及人类活动对其的影响。该计划涉及大气科学、陆地生态、海洋科学、水文学和联系自然和社会科学的交

叉科学。随着全球变化研究的日益深入,各国科学家越来越感到人类活动对环境变化的影响,特别是人类的生存和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变化的重要组成部分和主要原因。因此,IGBP 和全球环境变化中的人文领域计划(IHDP)在1995年联合提出“土地利用和土地覆盖变化”(Land use and Land cover, LUCC)研究计划(陈佑启,杨鹏,2001;摆万奇等,1997;何国松,2004;苗作华,2006)。

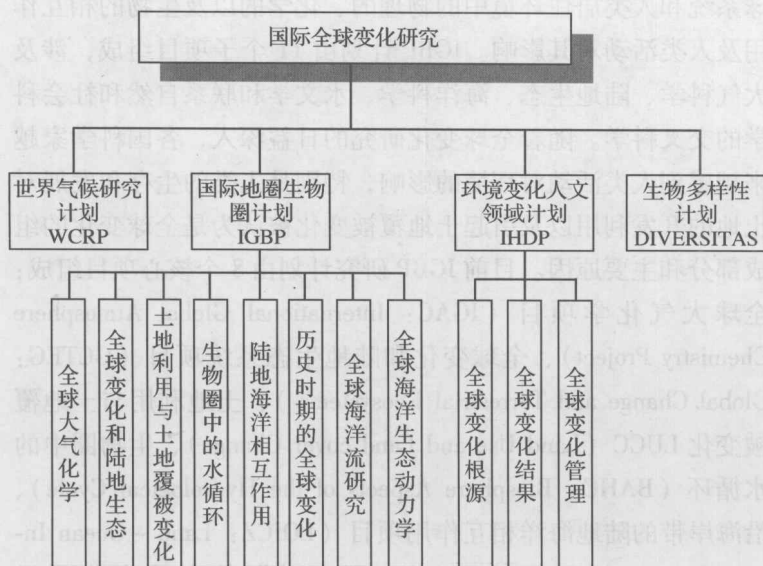


图 1-1 国际全球变化研究

广义的国际全球变化研究是一个庞大的计划体系,就目前的发展来看,它由4个相对独立又相辅相成的计划组成:①世界气候研究计划(WCRP: World Climate Research Programme);

城市空间演化进程的复杂性研究

CHENGSHI KONGJIAN YANHUA JINCHENG DE FUZAXING YANJIU

②国际地圈生物圈计划 (IGBP: International Geosphere_ Biosphere Programme); ③全球环境变化的人文因素计划 (IHDP: International Human Dimensions Programme on Global); ④生物多样性计划 (DIVERSITAS)。鉴于土地利用与土地覆被变化 (LUCC: Land Use and Land Cover Change) 研究对于深入认识全球环境变化的重要性, IGBP 与 IHDP 于 1995 年正式确立了共同的核心计划——LUCC。

国际地圈生物圈计划 (IGBP) 的目标在于阐述和理解地球系统和人类居住环境中的物理的、化学的以及生物的相互作用及人类活动对其影响。IGBP 计划由 11 个子项目组成, 涉及大气科学、陆地生态、海洋科学、水文学和联系自然和社会科学的交叉科学。随着全球变化研究的日益深入, 各国科学家越来越感到人类活动对环境的影响, 特别是人类的生存和发展对土地的开发利用以及引起土地覆被变化被认为是全球变化的组成部分和主要原因。目前 IGBP 研究计划由 8 个核心项目组成: 全球大气化学项目 (IGAC: International Global Atmosphere Chemistry Project)、全球变化和陆地生态系统项目 (GCTEG: Global Change and Terrestrial Ecosystems)、土地利用与土地覆被变化 LUCC (Land Use and Land cover Change)、生物圈中的水循环 (BAHC: Biosphere Aspects of the Hydrological Cycle)、沿海岸带的陆地海洋相互作用项目 (LOICZ: Land - Ocean Interactions in the Coastal Zone)、历史时期的全球变化项目 (PAGES: Past Global Change)、全球海洋流研究项目 (JGOFS: Joint Global Ocean Flux Study)、全球海洋生态动力学研究项目 (GLOBEC: Global Ocean Ecosystem Dynamics) (刘纪远, 张增祥, 庄大方等, 2003)。

全球变化的人文领域计划 (IHDP) (或 HDP 计划) 由国

际远景研究机构联合会 (IFIAS)、国际社会科学联合会 (ISSC) 和联合国教科文组织 (UNESCO) 联合制定、组织和协调, 时间跨度为 10 年。1988 年 9 月和 1990 年 11 月分别在日本和西班牙召开了有关国际学术讨论会, 确定了该计划研究内容、方法、近期实施安排等。该计划研究的主要内容包括: ①全球变化的根源, 主要是人为根源; 仔细区分自然趋势引起和由人类活动所造成的两类变化; ②由于地圈/生物圈的其它部分和直接由于人类作用系统所引起的变化的后果; ③对全球变化的管理。大致有三个对策可供选择: 防止变化, 充分发挥人类的主观能动性; 适应那些人类无法调控的变化; 复原或重建原来的系统。随着全球变化的深入研究, 这些问题的解决不仅需要“常规科学”, 而且需要借助新型的被称之为复杂系统理论的科学范式。这种新的范式强调非平衡、不稳定、非线性和不可逆性, 所有这些观点都适用于研讨全球变化中近年来出现的易损性和恢复力等概念, 风险评估的概念和方法, 使全球变化的研究趋于全面。

土地利用和土地覆被变化之间的相互作用是一个自然科学和社会科学的交叉研究领域。由于土地利用变化与土地覆被变化联系在一起, 简称 LUCC。由 IGBP 和 IHDP 提出的 LUCC 研究计划确定了 4 个目标和 3 个研究重点, 如图 1-2 所示。

其中, 4 个研究目标为: ①认识全球土地利用/覆被的驱动力; ②调查和描述土地利用/土地覆被动力学中的时空可变性; ③确定各种土地利用和可持续发展的关系; ④认识 LUCC、生物地球化学和气候之间的相互关系 (陈佑启, 杨鹏, 2001)。3 个研究重点包括: ①土地利用动力学: 该研究重点将采用案例比较研究方法, 目的在于了解土地利用变化的自然和人文驱动力, 从而有助于建立复杂的区域和全球模型。②土

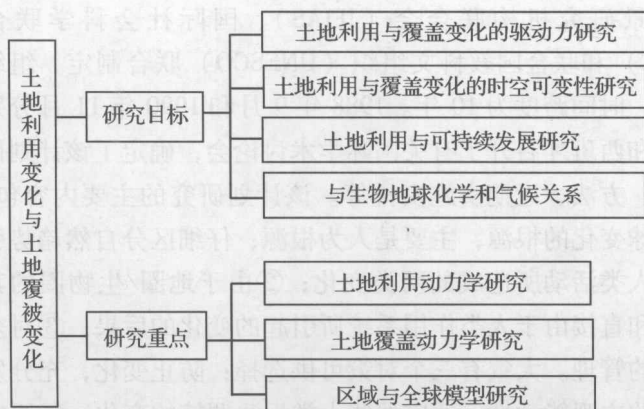


图 1-2 土地利用变化与土地覆被变化

地覆被动力学：通过直接观察和建立诊断模型对土地覆被进行区域评价。③区域和全球综合模型：研究目的是改造现有模型和建立新模型。用于预测各种动因下的土地利用变化。它主要包括土地生产模型、土地覆被以及环境影响模型、土地利用分配模型、经济模型，同时还将建立一个能够将不同方法综合起来的模型结构。

1.1.2 城市化与土地利用/覆盖变化

地球表层系统最突出的景观标志便是土地利用与土地覆盖。土地利用是指人类利用土地的自然属性和社会属性不断满足自身需求的行为过程，是人类有目的地开发利用土地资源的一切活动，如农业用地、工业用地、交通用地、居住用地、城市建筑等都是土地利用的概念。而土地覆盖是“地球陆地表层和近地面层的自然状况，是自然过程和人类活动共同作用的结果”，如与前面所述的各种用地相关的物质现状包括各类作