

试论元胞自动机模型与 LUCC 时空模拟^①

汤君友¹ 杨桂山²

(1 东南大学交通学院 南京 210096; 2 中国科学院南京地理与湖泊研究所 南京 210008)

摘要 对土地利用变化过程的模拟和预测,需要地理信息系统(GIS)等相关技术的支撑。但目前 GIS 不能完整地表达地理实体的时态信息和时空关系,缺乏时空分析和动态模拟的能力。元胞自动机(Cellular Automata,简称 CA)是一种“自下而上”的动态模拟建模框架,具有模拟地理复杂系统时空演化过程的能力。本文从元胞自动机的原理和特征入手,介绍了 CA 模型的构造方法,对 CA 模型应用于土地利用变化过程的动态模拟及预测的可操作性进行了探讨,并分析了其应用现状,存在的问题及前景。

关键词 元胞自动机(CA);模型;土地利用/覆被变化(LUCC);时空模拟

中图分类号 P208

土地利用/覆被变化(LUCC)研究已经成为全球变化研究的前沿和热点课题,LUCC 模型是深入了解土地利用和覆被变化复杂性的重要手段,其作用和目的可以概括为:对土地利用和覆盖变化过程进行描述、解释、预测和制定对策^[1]。LUCC 过程是一种非线性动力学过程,具有复杂的自组织现象。自然因素和社会经济因素在不同时间、空间尺度上错综复杂,相互作用,影响土地利用变换,使这种变换具有较大不确定性。元胞自动机模型(CA)近年来被广泛运用于地理时空过程模拟中,因此,利用 CA 对 LUCC 进行动态模拟,定量探讨土地利用变化过程和驱动机制,并进行预测,对区域可持续发展、土地利用规划与土地管理决策意义重大。

1 LUCC 模型研究现状

目前国内一些学者对 LUCC 过程的监测和动态模拟分析大都采用遥感、全球定位系统、地理信息系统等空间信息技术,通过对多时相遥感图像或土地利用图进行空间叠加运算,求出各时期土地利用类型的转移矩阵(Conversion Matrix),进而分析引起土地利用变化的过程。研究土地利用变化机制,不仅要确定驱动因子,还要分析各驱动因子与 LUCC 之间的相互关系,度量各驱动因子对 LUCC 作用的程度^[2~8],数理统计法在这方面的研究中被广泛应用。

长期以来,人们从不同的目的出发,构造了许多有关 LUCC 的模型,尤以引入人文因子的驱动模

型居多,其目的一是对土地利用/覆被的变化过程及其驱动力等进行科学解释,二是预测未来一段时间内土地利用变化趋势,三是为可持续发展提供基础资料和理论依据。模型主要有:

(1) 回归模型。陈佑后等利用多尺度的统计方法建立的多元回归模型,比较研究了不同尺度规模、不同区域类型上中国土地利用的空间分布变化及其影响因素^[5],王良健等建立的梧州市耕地面积变化与驱动因子的多元线性回归模型,定量解释了耕地面积的变化及与8种主要驱动因子之间的关系^[4]。

(2) 马尔柯夫模型。史培军等利用马尔柯夫模型定量研究了深圳市1980~1994年各种土地利用类型的变化及其空间转化^[2];王良健等模拟了梧州市1980~1994年的土地利用的动态演变过程并预测了未来土地利用演变的趋势,指出未来梧州市人口多耕地少的矛盾将更加尖锐^[4]。

(3) 系统动力学模型。摆万奇利用系统动力学模型模拟了深圳市1950~2050年的土地利用变化过程及城镇用地呈S型增长趋势,认为1980~2030年是深圳市城镇用地的快速增长阶段,之后基本保持稳定的状态^[9]。

(4) GTR模型。GTR(Generalized Thunen-Ricardian)模型是传统杜能模型的扩展,它将城市化作为土地利用变化的主要驱动因子。当地的自然条件也被考虑到了模型中,并与城市化一起并列为模型的两大解释成分。其中的Thunen成分包括城市中心人口和农村与城市间的距离,代表着来

^①基金项目:中国科学院知识创新工程方向性项目 KZCX2-311 与 KZCX2-310 联合资助。

自区域城市中心的影响方面的两个状态变量。Ricardian成分包括代表当地自然条件的海拔和坡度这两个自然条件变量^[10]。龙花楼、李秀彬利用修订后的GTR模型,对长江沿线样带未来30年的土地利用变化进行了模拟。研究发现,东部地区的耕地面积将进一步减少,而全区的耕地和建设用地面积将增加^[11]。

遥感、地理信息系统(GIS)空间分析技术与传统的模拟模型集成虽然能够模拟一些LUCC过程,但其准确度却因GIS传统薄弱的时间分析能力而受到限制,如何建立有效的时空数据模型来表述地理实体的时空特性,以及如何发展面向应用的时空分析模拟方法是目前GIS及其相关领域研究的热点问题。同时,GIS中对时空的表达都是离散的,而传统的地理过程模拟模型如系统动力学模型、社会物理学模型等,大都是基于微分方程的连续模型,缺乏对空间的表达,因而很难将两者进行有效的集成。近年来,建立于微观动态模拟理论上的一些微观离散模拟方法如元胞自动机、神经元网络和分形模型等,被引入GIS环境建立时空一体化的时空过程模拟分析引擎^[12]。LUCC过程的监测和动态模拟中的时间空间都是离散的,空间通常指某一地域空间内的地类或地块,时间的单位通常是一年或一个月,它不具有物理意义,这决定了对时空表达均离散的CA模型应用于LUCC动态模拟的适宜性。

2 元胞自动机的原理

2.1 元胞自动机的概念与原理

元胞自动机(Cellular Automata,简称CA)最早由著名数学家冯·诺依曼(Von Neumann)在20世纪40年代提出,而Conway JH在1970年编制的“生命游戏”(the Game of Life)是最为著名的一个在计算机上实现的元胞自动机模型。元胞自动机是时间、空间、状态都离散,(空间的)相互作用及(时间上)因果关系皆局部的网格动力学模型^[13]。不同于一般的动力学模型,CA模型没有明确的方程形式,而是包含了一系列模型构造的规则,凡是满足这些规则的模型都可以算是CA模型。因此,确切地讲,元胞自动机是一类模型的总称,或者说是一个方法框架。

CA系统中的所有元胞是相互离散的,构成一个元胞空间。在某一时刻一个元胞只能有一种状态,而且该状态取自一个有限集合。一个元胞下一时刻

的状态是上一时刻其邻域状态的函数,这是元胞自动机的原理。CA系统的时间也是离散时间,它不具有物理意义,和时态GIS中的系统时间具有相似的含义^[14]。用集合的语言可以将CA模型描述为:

$$S_{t+1} = f(S_t, N),$$

式中: S 为有限集合;代表元胞状态; N 代表元胞邻域; t 表示时间; f 为局部转换规则。

2.2 元胞自动机的组成与特征

一个标准的CA模型有5个基本构成要素:元胞空间、元胞及其状态、邻位的定义(邻域)、状态转换规则和离散的时间。(1)元胞空间(lattice)即元胞所分布的空间网点集合。理论上,它可以是任意维数的欧几里德空间,但目前研究多集中在二维和三维元胞自动机上,而且二维元胞空间通常可按三角、四方或六边形3种网格排列。(2)元胞又可称为单元,是CA的最基本的组成部分,是一种存储“状态”的元素。元胞分布在离散的一维、二维或多维欧几里德空间的晶格点上,具有离散、有限的状态(state)。状态可以是 $\{0, 1\}$ 的二进制形式,或是 $\{S_0, S_1, S_2, S_3, \dots, S_i, \dots, S_k\}$ 整数形式的离散集。(3)邻域是元胞周围按一定形状划定的元胞集合,它们影响该元胞下一个时刻的状态。通常以半径 r 来确定邻居,距离一个元胞 r 内的所有元胞均被认为是该元胞的邻居。(4)转换规则是CA的核心,它表述被模拟过程的逻辑关系,决定空间变化的结果。转换规则,就是一个状态转移函数。根据元胞当前状态及其邻居状况确定下一时刻该元胞状态的动力学函数,一个CA只有在引入了转换规则之后,才能模拟复杂的动态空间现象^[15]。(5)CA是一个动态系统,它在时间维上的变化是离散的,即时间 t 是一个整数值,而且连续等间距。一个元胞在 $t+1$ 时刻只决定于 t 时刻的该元胞及其邻居元胞的状态。

CA模型以其框架的简单、开放和可以模拟十分复杂的系统行为而具有很强的生命力,从目前的研究看,它具有以下特点:(1)空间性,反映在以栅格单元空间来定义元胞自动机,因而能很好地和许多空间数据集相互兼容。(2)离散性,即空间的离散性、时间的离散性、状态的离散性。(3)同步性,可以将元胞自动机的状态变化看成是对数据或信息的计算或处理,这时的重要特征是计算的并行性。(4)局部性,每一个元胞的状态,只对于其周围半径为 r 的领域内的元胞在下一时刻的状态有影响。(5)高维数,在动力系统中一般将变量的个数称为维数,

从这个角度看,元胞自动机的维数是无穷的。

3 基于 CA 模型的 LUCC 模拟与预测

3.1 CA 模型在地理研究中的应用现状

目前 CA 模型在地理研究中应用主要侧重于对森林火灾、交通流、城市热岛效应、虚拟的和真实的城市土地利用时空变化的模拟和预测。Tobler 在 20 世纪 70 年代认识到 CA 在模拟地理复杂现象方面的优势,首次正式采用 CA 的概念来模拟当时美国五大湖区底特律城市用地的迅速扩展^[15]。Henlen Couclelis 对 CA 模型在城市发展动态模拟中的应用作了开创性的工作^[16]。Green 和他的同事基于 CA 设计了灌木丛林的野火扩散模型^[17];Michael Batty 等利用 CA 和分形理论对城市的形成和扩展进行了深入细致的研究^[18]。Xie Yichun 以 ArcView 为平台,用 Avenue 开发了基于 CA 的城市动态演变模型,对 Buffalo 的城市土地利用变化进行了模拟与预测^[19]。White 等应用 CA 模型对美国辛辛那提(Cincinnati)市的城市增长、全球气候变化对加勒比(Caribbean)岛的土地利用构成变化影响进行的系列研究^[20];Wu Fulong 集成 CA 模型和多因子评价模型(Multicriteria Evalution, MCE)并在 Arc/Info 中应用 AML 和 C 语言,在统一的界面上实现了 GIS、CA 和 MCE 模型的集成,对广州的城市土地扩张进行了模拟^[21]。

此外,受国际研究的推动,国内地理学界近年来也开始了类似的研究尝试,周成虎等于 1999 年出版了《地理元胞自动机研究》一书,对相关工作进行了介绍和总结,并提出了地理元胞自动机(GeoCA)的概念^[22]。黎夏、叶嘉安在对广东东莞土地利用变化系统研究的基础上,提出基于约束性的 CA 模型,直接利用 Arc/Info Grid 来开发模型,并应用于广东省东莞市城市可持续土地发展规划^[23]。张显峰、崔伟宏在 Arc/Info Grid 环境下,运用 AML 和 VB 开发地理时空动态模拟引擎,并用之于建立城市土地利用演化过程模拟预测模型(LESP 模型),对包头市城市土地利用演化过程进行了模拟与预测^[24]。

3.2 LUCC 时空动态模拟

3.2.1 CA 模型应用于 LUCC 时空动态模拟的可行性 LUCC 过程模拟是一项十分复杂的系统模拟,从微观的角度入手建构新的方法从而揭示系统的规律性,一直是复杂系统研究较为活跃的领域。CA 模型的特点,决定了它适合于空间信息的时空

动态分析,尤其是时空动态过程的模拟。这是因为:

(1) CA 模型采用“自下而上”的构模方式,而且没有一个既定的数学方程,只是一个建模原则,因此具有很好的开放性和灵活性,更符合人们认识复杂事物的思维方式。(2) CA 模型是一个基于微观个体相互作用的时空动态模拟模型,将地理实体的空间和时间特性统一在模型中,通过划分研究对象的元胞空间和研究初始状态及状态转换规则,CA 模型就可以自行迭代运算,模拟系统演化过程。(3) CA 模型将空间和时间离散化,适合于建立计算机模型,具有并行计算特征,因为计算机对客观世界的表示是离散的。(4) CA 模型具有不依赖比例尺的概念,元胞只是提供了一个行为空间,本身不受元胞空间测度和时间测度的影响,时空测度的影响通过转换规则体现。因此 CA 模型可以用来模拟局部的、区域的或大陆级的演化过程。(5)从数据模型的角度看,CA 模型中的元胞和基于栅格 GIS 中的栅格一样,所以 CA 模型易于和 GIS、遥感数据处理等系统集成^[23]。

3.2.2 基于 CA 的 LUCC 时空动态模拟 由于 LUCC 过程的复杂性,须对 CA 模型从以下几个方面进行扩展,才能满足时空模拟的需要,更加真实准确地模拟和预测 LUCC 过程。

(1) 元胞与元胞空间的扩展。元胞空间不再是抽象的空间,而与笛卡儿坐标下的实际地理空间相对应,并可以抽象为二维的地域或研究区。每一个元胞可以具有地理含义,如最小地理单元、地理区划单元或者是一定大小的土地利用单元。

(2) 元胞状态的扩展。地理元胞可以有多种状态,其状态集合定义为表征地理实体或现象的指标(土地的适宜性等)、土地利用类型(城市用地、耕地、林地、园地或者城市用地内部的居住用地、工业用地、商业用地等等)或等级(土地质量等)的集合。

(3) 元胞状态转换规则的扩展。转换规则可以视为宏观的 LUCC 的本质规律在微观个体变化规律的体现,表现为各种由于土地利用单元的动态演化十分复杂,除受局部个体间相互作用的影响外,还受各种区域的和政策因素的影响,因此,CA 模型中状态转换规则必须兼顾微观、区域和政策,与宏观社会经济模型集成,建立综合的多层次规则。而且规则在元胞空间和时间上应该是不同构的,随区域差异和时间而调整。

(4) 时间概念的扩展。CA模型中的模拟时间必须和LUCC的真实时间建立对应关系,否则,建模就失去了利用价值。一般采用历史数据和其他社会经济模型预测数据来建立两者之间的联系。因此,如何建立CA转换规则体系和模型时间的校准是LUCC时空模拟必须解决的核心与关键问题。

这样基于CA的LUCC时空动态模拟模型就可以建成,模型的主体源数据通常是几个研究时相的历史土地利用图,同时,可以引入地形图、地貌专题图、交通图和城市规划图等等或者根据研究区土地利用的特点,绘制土地利用适宜性分布图作为背景限制因素。目前国内外在区域或城市土地利用变化研究的实践中,通常将几个时相的土地利用图和相关图件按需要的分辨率栅格化处理,一个元胞相当于栅格化后的一个象元,元胞空间通常是覆盖研究区的矩形框内的地理区域,而元胞状态集选取按一定分类标准下的各种土地利用类型,如水田、旱地、草地、林地、园地、城镇居民点、水体、交通用地等或者城市用地内部的居住用地、工业用地、商业用地、特殊用地等或者城镇用地、非城镇用地、农业用地、非农业用地等等,依据模拟土地单元空间结构的变化不同尺度,选取不同的状态集和选择不同大小的邻域半径。而元胞状态的转换规则就是不同用地类型间转化的地理规律,土地利用类型间的转化规律是十分复杂的,它因时因地而不同,研究实践中通常将规则按邻域距离和限制因素简化成转化的概率、转化的方向和实现转化的状态,表现为模型参数的设定,如何准确的定义转换规则,设定模型参数是基于CA的LUCC时空动态模拟和预测成败的关键。然后将各元胞视为有生命发展周期的智能体,相互间按照给定规则发展演化,通过模型时间校正,从而实现LUCC时空过程的动态模拟与预测。

对LUCC实际过程重建和未来可能的发展趋势进行预测,目的着重于提供区域发展的决策支持。与微分方程模型、回归模型等相比,基于CA的模型表现出以下优点:一是更为简单、自然;二是建立在空间相互作用,而不是社会、经济指标间的相互影响关系的基础上,更能反映空间格局变化以及由此带来的进一步的反馈作用;三是由于模型中的元胞可以取非常小,能够在精细的尺度上模拟土地单元空间结构的变化,也可以取得较大,如地理区划单元,在宏观大尺度上模拟区域LUCC。基于CA

的土地利用变化模型能够较好地模拟LUCC过程,并可以对未来变化趋势进行预测。不仅能够模拟土地利用类型转化的数量,而且能够模拟变化的空间分布特征,优于传统基于微分方程或物理学的模拟模型,克服了传统模型中不能很好表达空间和时间信息的缺陷^[25]。

4 CA模型应用存在的问题与挑战

CA模型是一种模拟城市和区域土地利用变化的比较有前景的框架,但由于CA模型框架的简单性和LUCC本身的复杂性,基于CA的模拟也面临着以下一些问题与挑战。

(1) CA模型需要的源数据质量问题。CA模拟要在深入研究区域或城市LUCC的特征、驱动机制的基础上进行,模拟需要高精度的标准化历史数据。而中国城市与区域发展的历史系列数据,尤其是空间数据由于各种原因,很难得到或者精度很低。如何集成应用3S技术提供高精度可信数据,是模型模拟的前提。

(2) CA模型的自组织来自于系统元素的局部相互作用,状态变化取决于自身和邻居的状态组合,尽管可以模拟出各种复杂系统,但LUCC并不仅仅取决于本身局部规则的作用,而是各种尺度的多种因素的综合作用结果。另外,在CA模型中,土地利用的空间分布机制是一种市场经济的配置方式,模型本身对区域经济政策、户籍制度等法规对LUCC的影响考虑较少。因此,宏观规划和微观决策如何整合到统一的模型中成了对CA模型的一个挑战。

(3) CA空间尺度的划分问题。不同的空间尺度下,由于模型的表现效果以及影响模型的各种外在因素作用程度的差异,系统单元表现的规律也不相同,因此,根据研究的需要,如何确定合适的空间分辨率也是一个需要考虑的问题^[25]。

(4) CA模型时间的校准问题。CA模型的时间是一个抽象的概念,那么它的一个循环如何与实际的时间尺度如年月相对应是困扰CA模型的一个难题。目前主要是利用LUCC的历史数据来校准模型的时间概念,即计算模型运行结果与某时段LUCC在土地单元总数上相对应时模型所运行的循环次数,得到一个时间对应关系。但这种方法局限性在于一般只适用于LUCC为线性的情况。因此,如何利用社会经济指标与LUCC的相关关系,将模拟结

果的土地单元统计量与社会经济指标统计量相对应, 准确的判断模型某时刻应当对应的实际时间是研究的关键。

(5) CA 模型与宏观经济、人口模型以及其它的微分方程模型、人工神经网络 (ANN) 模型、GIS 空间分析方法的集成问题。如何将宏观经济、人口模型动态地嵌入 CA 模拟过程中, 自动调整模型参数和规则定义; 将模糊推理与 CA 时空动态模拟结合, 建立智能化类似于专家系统的规则体系; 如何在 CA 中引入随机干扰因素, 如何在 CA 中根据不同的区域特征和土地利用发展的不同阶段, 调整各种影响因素和单元演化规则, 也是这类模型面临的问题。这些问题的深入研究与解决, 将使得 CA 模型在越来越多的时空分析领域发挥巨大的作用。

参考文献

- 1 摆万奇, 赵士洞. 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述. 自然资源学报, 1997, 12 (2): 169~175
- 2 史培军, 陈晋等. 深圳市土地利用变化机制分析. 地理学报, 2000, 55 (2): 151~160
- 3 张明. 区域土地利用结构及其驱动因子的统计分析. 自然资源学报, 1999, 14 (4): 381~384
- 4 王良健, 刘伟, 包浩生. 梧州市土地利用变化的驱动力研究. 经济地理, 1999, 14 (4): 74~79
- 5 陈佑启, Peter H Verburg. 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
- 6 华文, 丁建中, 张燕, 彭补拙. 温州市土地利用变化与利用效率分析. 土壤, 2001, 33 (2): 81~85
- 7 刘晶, 彭补拙. 锡山市土地利用变化的社会驱动力分析. 土壤, 2001, 33 (6): 295~299
- 8 李勇, 苏文贵, 肖笃宁. 地理信息系统在典型区土地利用适宜性评价中的应用——以大洼县小三角洲为例. 土壤, 1996, 28 (1): 14~20
- 9 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题. 地理科学进展, 2002, 21 (1): 51~57
- 10 Konagaya K, Morita H, Otsubo K. Chinese landuse predicted by the GTR model. Discussion paper in the 1999 open meeting of the human dimensions of global environmental change reserch community, Tokyo, 1999, 212~219
- 11 龙花楼, 李秀彬. 长江沿线样带土地利用变化时空模拟及其对策. 地理研究, 2001, 20 (6): 660~668
- 12 杜宁睿, 邓冰. 细胞自动机及其在模拟城市时空演化过程中的应用. 武汉大学学报 (工学版), 2001, 34 (6): 8~11
- 13 黎夏. 主成分分析与 CA 在空间决策与城市模拟中的应用. 中国科学 D 辑, 2001, 31 (8): 683~690
- 14 贾华, 祝国瑞. 土地利用变化研究中的 CA 与灰色局势决策. 武汉测绘科技大学学报, 1998, (6): 165~169
- 15 Tobler WR. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region, Economic Geography. 1970, 46: 234~240
- 16 Couclelis H. Cellular Worids: a Framework for Modeling Micro-Macro Dynamics. Environment and Planning A. 1985, 17: 585~596
- 17 Green DG and Tridgell A. Interactive Simulation of Bushfires in Heterogeneous Fuels. Mathematical Computation and Modeling, 1990, 13 (12): 57~66
- 18 Batty M, Xie Y. Modeling inside GIS: Part1. Model structures, exploratory spatial data analysis and aggregation; Part2. Selecting and calibrating urban models using ARC/INFO. International Journal of Geographical Information Systems, 1994, 8: 291~307, 451~470
- 19 Xie Y. A generlized model for cellular urban dynamics. Geographical Analysis, 1997, 28: 350~373
- 20 White RW. Cellular automata and fractal urban form: a cellular modeling approach to the evolution of urban land use patterns. Environment and Planning A, 1993, 25: 1175~1189
- 21 Wu FL. SimLand: A prototype to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP-Driven transition rules. Int. J. Geographical Information Science, 1998, 12 (1): 63~82
- 22 周成虎. 地理元胞自动机研究. 北京: 科学出版社, 1999: 27~48
- 23 张显峰, 崔伟宏. 集成 GIS 和元胞自动机模型进行地理时空过程模拟与预测的新方法. 测绘学报, 2001, (5): 48~155
- 24 黎夏, 叶嘉安. 基于神经网络的单元自动机 CA 及真实和优化的城市模拟. 地理学报, 2002, 57 (2): 159~166
- 25 崔伟宏, 张显峰. 土地资源的动态监测和动态模拟研究. 地球信息科学, 2002, 3 (1): 79~85

(下转第 480 页)

因此,通过土壤诊断定量的分类研究,了解各土系的具体特性及区域分布位置,将可为土壤资源的科学管理提供依据。在该地区的农业实践,要充分考虑到土壤固有的属性,因土制宜,用养结合,方可做到土壤资源的可持续利用。

参考文献

- 1 龚子同等. 中国土壤系统分类——理论方法实践. 北京: 科学出版社, 1999
- 2 杜国华, 张甘霖, 龚子同. 淮北平原样区的土系划分. 土壤, 1999, 31 (2): 70~76
- 3 杜国华, 张甘霖, 龚子同. 土系的基本特点与划分. 土壤通报专辑, 1999, 30: 10~12
- 4 杜国华, 张甘霖, 龚子同. 论特征土层与土系划分. 土壤, 2001, 33 (1): 1~6
- 5 顾也萍, 吕成文, 刘付程, 程翔, 贾宏俊. 安徽宣城样区土系的划分. 土壤, 2001, 33 (1): 7~12
- 6 中国科学院南京土壤研究所中国土壤系统分类课题组. 中国土壤系统分类 (修订方案). 北京: 中国农业科技出版社, 1995
- 7 李承绪等. 河北土壤. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1990

CLASSIFICATION AND BASIC PROPERTIES OF SOILS IN LUANCHENG COUNTY

Zhu Anning Zhang Jiabao Zhang Yuming

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008;

2 Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021)

Abstract An overall soil survey was carried out in Luancheng County, Hebei Province. According to the principle of the Chinese Soil Taxonomy and based on the characteristic soil horizons identified, the soils were classified into sixteen soil series, of which basic properties and distribution were determined preliminarily.

Key words Soil series, Characteristic soil horizons, Basic properties

(上接第 460 页)

CELLULAR AUTOMATA MODEL AND SPATIO-TEMPORAL SIMULATION OF LUCC

Tang Junyou¹ Yang Guishan²

(1 Transportation College, Southeast University, Nanjing 210096;

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

Abstract In modeling of spatial-temporal process of Land Use/Cover Change(LUCC), support of the Geographical Information System (GIS) and other relative technologies are needed. But the present GIS cannot completely express the temporal information and spatial-temporal relationship of geographical entities, lacking the capability of spatial-temporal analysis and dynamical modeling. Cellular Automata (CA) are a kind of dynamically modeling framework “ from bottom to top” and possess the capability of modeling spatial-temporal evolvement process of a complicated geographical system. To proceed with the principle and features of CA, the paper introduces the method for structuring the model and explore feasibility and operability of the CA model in modeling and forecasting spatial-temporal process of Land Use/Cover Change (LUCC). In the end, status, existing problems and prospects of its application are analyzed.

Key words Cellular Automata (CA), Model, Land Use/Cover Change (LUCC), Spatio-temporal simulation