

土地利用/土地覆被变化 CLUE-S 模型与应用分析 ——以扬州市为例

唐智华¹, 朱现龙², 李 成³

(1. 湖南省国土资源规划院, 长沙 410000; 2. 中南大学地学与环境工程学院, 长沙 410083;

3. 清华大学建筑学院, 北京 100084)

摘要: 本文以扬州市市辖区为例, 利用 2001 年的 ETM 影像与 2007 年的 ALOS 影像两期遥感数据, 采用面向对象的信息提取方法, 获取了扬州市 2001 年与 2007 年两期土地利用空间分布图。在此基础上, 研究了 CLUE-S 模型的原理及 CLUE-S 模型的应用; 探讨了 CLUE-S 模型所需数据、驱动因子选取、模拟参数设置、模拟结果获取等, 进而运用 CLUE-S 模型, 以 2001 年土地利用分布图为模型输入数据, 模拟预测了扬州市 2002 - 2007 年的土地利用空间分布格局; 最后, 利用面向对象方法所获取的 2007 年土地利用空间分布图, 对 2007 年的模拟结果进行了检验, 研究分析 CLUE-S 模型的可应用性。结果显示, CLUE-S 模型可以较好地模拟较小尺度区域城市空间发展分布格局, 能为较小尺度城市的发展规划提供指导, 是值得推广应用的土地利用与土地覆被变化模型。

关键词: CLUE-S 模型; 土地利用/土地覆被变化; 遥感

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00695

1 引言

当今, 土地利用/覆被变化(Land Use and Cover Change, LUCC)研究日益成为国际领域研究的热点问题。土地利用变化研究的途径与目标, 是以土地利用变化模型逐步提高对土地覆被变化的解释能力。经近二十年的发展, 土地利用/覆盖变化模型已在理论与实践方面取得了极大发展, 但探讨土地利用的时空演变的动态模型并不多见^[1]。根据 Lambin 的分类^[2-3], 土地利用/覆盖模型基本上可以分为 5 类: 行为者的土地利用/覆盖变化模型 (Agent-Based Models of Land-use/Land-cover Change, ABM/LUCC)、经验统计模型 (Empirical Statistical Models)、最优化模型 (Optimisation Model)、动力模拟模型 (Dynamic Simulation Models)、混合/综合模型 (Hybrid/Integrated Models)。由 P. H. Verburg 等荷兰科学家组成的研究小组, 提出了“土地利用变化及其影响模型”CLUE (the conversion of Land Use and its Effects) 模型^[4-5]。

CLUE 模型是一种以系统理论, 考虑社会经济和生物物理驱动因子, 综合分析土地利用变化的多尺度动态模型。CLUE-S (the conversion of Land Use and its Effects at Small region extent) 模型是 CLUE 模型在小尺度区域的应用^[6-7], 该模型量化土地利用变化与驱动力之间的经验关系, 动态模拟土地利用变化, 是一种较理想的土地利用与土地覆被变化模型, 被应用到很多领域^[8-10]。

本文以扬州市为研究区域, 运用 CLUE-S 模型, 对扬州市 2002 - 2007 年的土地利用分布图进行模拟预测, 研究分析 CLUE-S 模型的基本原理及可应用性。

2 CLUE-S 模型与应用分析

CLUE-S 模型相对于其他模型而言, 它的优势是能够模拟同时发生的多种土地利用变化, 能较好地应用于较小尺度区域的土地利用研究。

CLUE-S 模型主要由两个模块组成^[11]: 非空间

收稿日期: 2010 - 09 - 28; 修回日期: 2011 - 09 - 20.

基金项目: 空间信息技术在大遗址保护中的应用——以京杭大运河为例(2006BAK30B01)。

作者简介: 唐智华(1983 -), 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事城市遥感与 GIS 在国土资源中的应用研究工作。

E-mail: gis_zhihua@126.com.

模块和空间模块(图 1)。首先,利用非空间模块算出每年土地利用需求总量,然后,利用空间模块进行土地利用需求总量的空间分配。

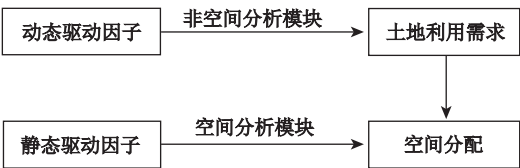


图 1 CLUE-S 模型结构示意图
Fig. 1 CLUE-S model structure diagram

本文采用的研究方法(如图 2):首先,分析研究区现状,进而根据研究区现状收集所需的各种数据;然后,对数据进行处理,利用面向对象信息提取方法,提取研究区的 2001 年与 2007 年两个时期的土地利用分布图;再建立模型,并以 2001 年土地利用分布图作为模型输入参数,模拟 2002-2007 年土地利用空间分布格局;最后,检验模拟结果与分析。

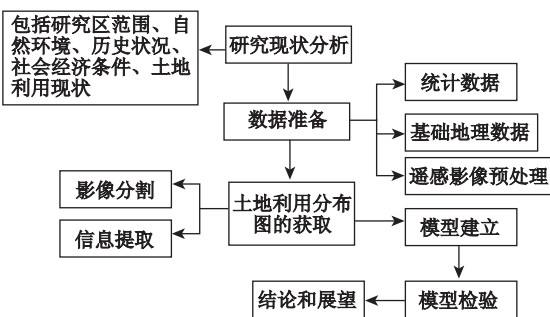


图 2 研究方法与技术路线图
Fig. 2 Research methods and technology roadmap

2.1 数据的采集处理

CLUE-S 模型的运行需要准备两大类数据:基础地理数据和统计数据。其中,基础数据包括土地覆盖分布图、交通图、水系图、城镇分布图、DEM 数据等,以及至少两年空间位置明确的空间数据,分别作为模型空间输入数据和模拟结果检验数据。另一类数据是统计数据^[12],即一般来源于统计报告^[13],这些数据按照统计单元排列,如区或省,并实现统计数据与地图行政单元的空间数据挂接。

土地利用覆盖分布图系选用:2001 年 ETM (120-37 和 120-38)与 2007 年 ALOS 多光谱数据(考虑能与 ETM 数据的匹配问题,ALOS 数据选用分辨率为 10m 的多光谱数据)。

首先,对遥感数据进行预处理,包括几何精纠正、镶嵌、裁切;然后,确定土地利用分类体系;最后,利用面向对象的方法提取分类信息。本文参考全国土地利用分类体系,根据研究区的特性及数据源分辨能力,将地类划分为 5 类:耕地、草地、林地、水域、建设用地(见图 3)。

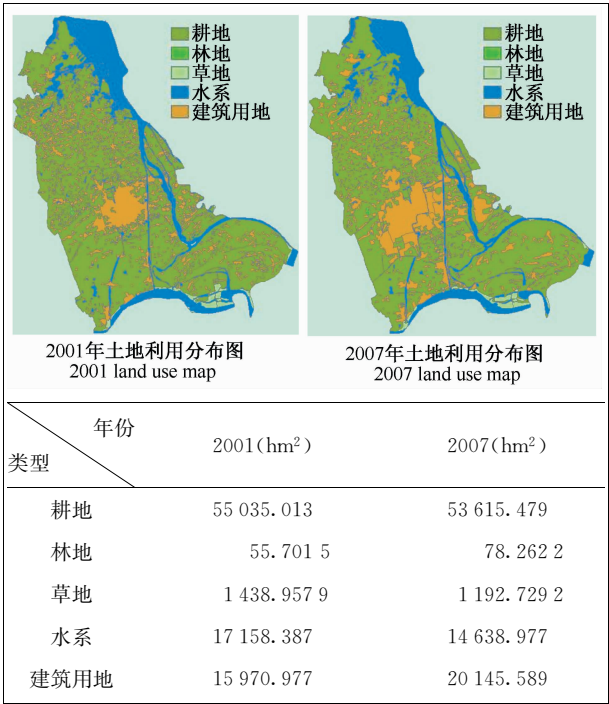


图 3 土地利用信息提取结果
Fig. 3 The result of information extraction

2.2 土地利用动态变化的模拟分析

2.2.1 驱动因子选取

驱动因子选取主要遵循以下原则:驱动因子的状态相对较稳定,不会出现跳跃式变化,并且对土地利用变化的影响也持续稳定。参照以上的选取原则,本文选取了 6 个驱动因子:到市中心、镇政府驻地、古运河、主干道、高速公路的距离、DEM。利用 GIS 空间分析工具,得到了各种驱动因子的空间分布图。由于篇幅关系,图 4 列出了具有代表性的 2 个例子。

2.2.2 模拟参数设置

此模型模拟中,需要设置的参数包括 8 个文件^[14],如表 1。

(1)main1 参数设置

main1 文件编辑模型中主要参数的设置^[11,13],其详细内容见表 2。

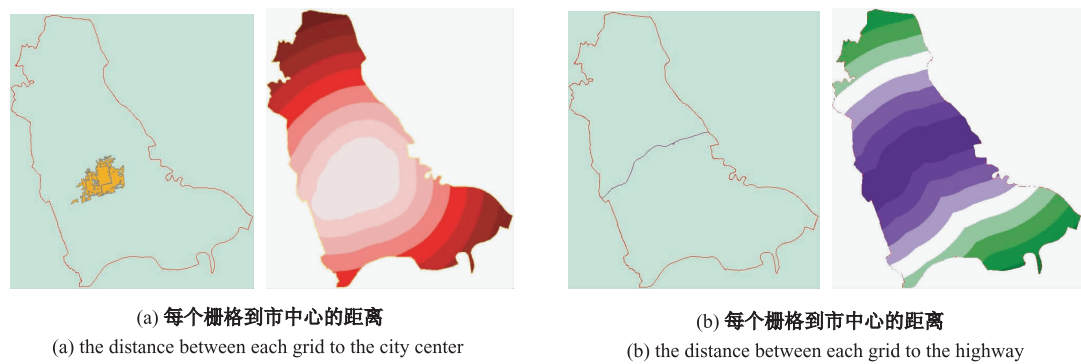


图 4 驱动因子

Fig. 4 Driving factors

表 1 模型需求文件

Tab. 1 Model requirement documents

文件名	说明	文件名	说明
Name	Description	Name	Description
Main1	编辑模型的主要参数	Demand. in *	不同情景下土地利用需要输入文件(* 表示不同的约束文件)
Alloc. reg	编辑回归方程	Cov_all. 0	模拟开始年份的土地利用分布图
Allow. txt	编辑土地利用转换矩阵	Sclgr*. fil	模拟驱动力文件(* 表示不同的约束文件)
Region*. fil	区域约束文件(* 表示不同的约束文件)	Prob* (可选项)	计算回归方程的概率地图(* 表示不同的约束文件)

表 2 main1 主参数设置

Tab. 2 Main parameter setting

序号	描述格式	数据类型	本文设置	序号	描述格式	数据类型	本文设置
Number	Description	Data type	Text setting	Number	Description	Data type	Text setting
1	土地利用类型数	整数	5	11	转换弹性编码	小数	0 0.8 0.6 0.4 1
2	区域数	整数	1	12	迭代变量	小数	0 0.30 1
3	回归方程独立变量的最大值	整数	10	13	模拟的起止年	整数	2001,2007
4	总驱动力数目	整数	12	14	每年变化的解释因子的编码	整数	0
5	行数	整数	979	15	输出文件选择	1,0,-2,2	1
6	列数	整数	877	16	区域特定回归选择	0,1,2	0
7	栅格面积(hm ²)	小数	0.25	17	土地利用历史设定初值	0,1,2	1,1
8	左上角 X 坐标(m)	小数	1 315 321	18	邻域计算选择	0,1,2	0
9	左上角 Y 坐标(m)	小数	3 518 400	19	优先增加土地类型变量	整数	0
10	土地利用类型编码	整数	0,1,2,3,4	20	迭代参数设置	小数	

其中,1—17 是必设选项,后 3 个是可选项。

(2)alloc. reg 参数设置

alloc. reg 是回归结果参数文件:第一行是土地利用类型的数字编码,第二行是土地利用类型的回归方程常量,第三行是回归方程的解释因子数及其编码;接下来重复另一种土地利用类型^[11,13]。根据本文研究目的,本文采用二分 logistic 回归分析获取其结果。分析前需要把五种土地利用类型和驱动因子文件通过 CLUE-S 模型提供的 file convert 软件转换成单一的记录文件,输入到具有二分 logistic 回归分析功能的数学统计软件中,得到相应的系数。

根据 logistic 回归分析的结果,利用 Pontius 等提出的 ROC 方法对驱动因素的解釋能力进行检验^[15],结果显示 ROC 曲线数值均大于 0.7,耕地 0.704,林地 0.960,草地 0.970,水系 0.900,建筑用

地 0.755,说明模型的拟合程度较好,能够进行模型模拟。

(3)allow. txt 参数设置

allow. txt 参数是各主要地类之间相互转移的可能性矩阵^[12],若 A 地类可以转化为 B 地类,则为 1,否则为 0,研究区各类型都可以相互转换,都为 1。

(4)region*. fil 参数设置(区域约束)

region*. fil 文件主要是用三类数值标识允许用于土地利用变化的区域、受控制或受限制区。0 表示允许土地利用变化的区域,−9999 表示不属于研究区域,−9998 表示受约束的区域。在本文研究中,不设置受限制区域,整个研究区都允许发生土地利用变化。

(5)demand. in* 参数设置(需求情景假设)

demand. in* 文件用来记录模拟年份每种土地利用类型的面积,第一行表示模拟年数,之后每行表示每一个模拟年份的各种土地利用类型面积,而且土地利用类型的顺序要与主参数文件的顺序一致^[14]。

(6)Cov1_#.0 参数设置(最初的土地利用配

置)

模拟最初年份的土地利用图,在本文中模拟开始年份是 2001 年。

(7)Sclgr* 参数设置(驱动力)

在 CLUE-S 模型中,需要将驱动因子按照一定的顺序制作成“*. fil”文件(表 3),供模型运行。

表 3 模型驱动力文件

Tab. 3 Model driving files

驱动力文件	说明	驱动力文件	说明
Drive file	description	Drive file	description
sclgr0. fil	到市中心的距离	sclgr3. fil	到主干道的距离
sclgr1. fil	到镇政府驻地的距离	sclgr4. fil	到高速公路的距离
sclgr2. fil	到古运河的距离	sclgr5. fil	DEM

2.3 模拟结果分析

模拟结果都以 ASCII 格式输出,可以转化成所需的其他格式数据,用以跟其他已有数据作对比分析。本文统一转化成 SHP 格式的矢量数据。模拟结果见图 5。

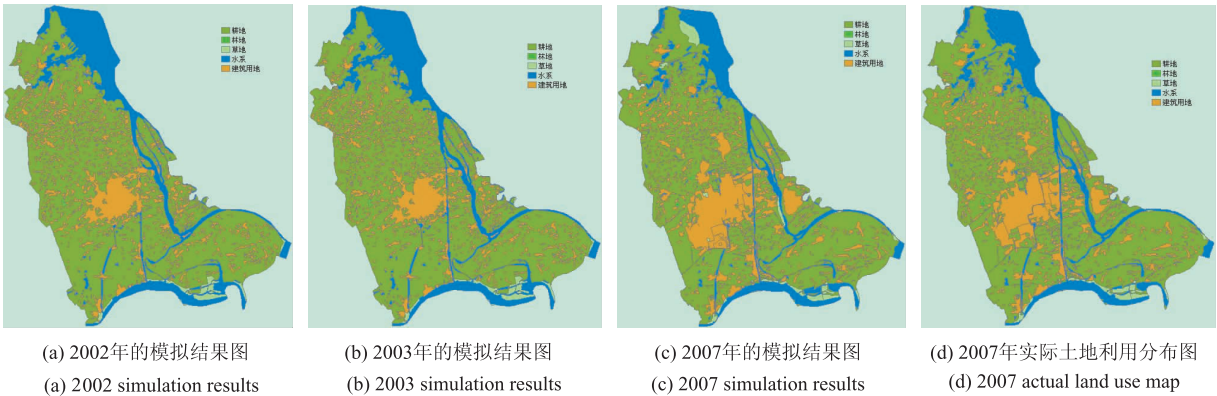


图 5 模拟结果图对比

Fig. 5 Simulation result comparison

利用面向对象提取的 2007 年的土地利用分布图,对比其模拟结果进行精度检验。利用 GIS 工具对不同年份的同一土地利用类型进行叠加分析。结果表明,该模型能较好地模拟扬州市市辖区土地利用与土地覆被变化能力,其精度可以达到 65% 以上。

从模拟结果看,扬州城市产业布局的演变可以用轴向-同心圆模式来解释。城市中心位于老城区内,在老城区周围分布的居住、商业、工业等具有极强的向心性;同时,由于古运河、大运河、江阳路、扬

子江路和环城高速的影响,城市又呈现出组团分区发展的形态。城市内部不断更新的同时,郊区与乡村建设也在快速发展,但在发展过程中仍存在问题。例如:城乡空间割裂,城市规划区范围与行政区划范围脱节,城市产业拓展呈“摊大饼”式蔓延等问题。因此,在扬州城市日后的发展过程中,应注意克服片面求规模“大”、定位“高”、产业“全”等问题;应将沿江开发放在极其重要的地位,加快推进沿江开发;从扬州传统运河文化入手,增强扬州城市的文化竞争力,使经济与文化相互融合,相互

促进,共同发展。

表 4 模拟结果精度评价
Tab. 4 Simulation result precision appraisement

类型	模拟图中的 面积(hm ²)	实际面积 (hm ²)	重叠面积 (hm ²)	精度 (%)
耕地	62 965. 259 7	63 615. 478 5	59 624. 790 4	93. 73
林地	84. 800 7	78. 262 2	51. 200 4	65. 42
草地	1 294. 866 9	1 192. 729 2	869. 469 1	72. 89
水体	13 793. 235 9	14 638. 977 3	12 619. 825 2	86. 21
建筑用地	21 532. 872 8	20 145. 588 8	18 935. 155 4	93. 99

3 结论和展望

本文以扬州市市辖区为研究对象,对扬州市的土地利用空间格局与演变进行了模拟分析,结果表明,其与实际变化之间具有较高的一致性。CLUE-S 模型具有模拟较小区域城市土地利用时空动态变化的能力,能为城市的发展规划提供参考和借鉴,是值得推广和应用的土地利用覆被变化模型。

但 CLUE-S 模型中参数 ELAS 的设置,目前主要依靠专家知识经验,通过不断的调试过程进行修正,缺乏相应的理论支撑。在日后的研究中,应对其进行进一步的研究,以便找到更有效、更科学的参数设置方法。

CLUE-S 模型是当前国际上广泛应用的土地覆被变化模型,其势将被应用到更广泛的区域。

参考文献:

[1] 陈佑启, Peter H. Verburg. 基于 GIS 的中国土地利用变化及其影响模型[J]. 生态科学, 2000, 19(3): 1-7.
[2] Lambin E F, Rounsevell M D A, Geist H J. Are Agricultural Land-use and Land-cover Change Science/research Plan[R]. Stockholm and Agriculturae, Ecosys-

tems and Environment, 2000, 82: 321-331.
[3] Verburg P H, Paul Schot, et al. Land Use Change Modelling: Current Practice and Research Priorities[J]. Geojournal; in press.
[4] Veldkamp A, Fresco L. CLUE-CR: An Integrated Multi-scale Model to Aimulate Land Use Change Scenarios in Costa Rica[J]. Eco1. Model, 1996, 91: 231-248.
[5] Verburg P H, Veldkamp A, de Koning G H J, et al. A Spatial Explicit Allocation Procedure for Modelling the Pattern of Land Use Change Based upon Actual Land Use[J]. Ecological Modeling, 1999, 116: 45-61.
[6] 张永民, 周成虎, 郑纯辉, 等. 沽源县土地利用格局的多尺度模拟与分析[J]. 资源科学, 2006, 28(2): 88-96.
[7] 摆万奇, 张永民, 阎建忠, 等. 大渡河上游地区土地利用动态模拟分析[J]. 地理研究, 2005, 24(2): 206-214.
[8] 朱现龙. 扬州市市辖区土地利用/覆被变化模拟研究[D]. 中南大学硕士学位论文, 2009.
[9] 张永民, 赵士洞, 张克斌. 科尔沁沙地及其周围地区土地利用变化的时空动态模拟[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(3): 68-73.
[10] 蔡玉梅, 刘彦随, 宇振荣. 土地利用变化空间模拟的进展—CLUE-S 模型及其应用[J]. 地理科学, 2004(4): 63-70.
[11] 谢峰. 基于 CLUE-S 模型的吐鲁番市土地利用动态变化模拟研究[D]. 新疆大学硕士学位论文, 2007.
[12] 吴桂平. CLUE-S 模型的改进与区域土地利用变化模拟[D]. 中南大学硕士学位论文, 2008.
[13] 张华. 基于水资源约束机制的张掖市土地利用/覆盖变化模拟研究[D]. 西北师范大学硕士学位论文, 2004.
[14] 王秀梅. 基于 RS 和 GIS 的鄂托克旗土地利用与土地覆被变化模拟研究[D]. 内蒙古师范大学硕士学位论文, 2007.
[15] Pontius Jr. R G, Schneider I C. Land-cover Change Model Validation by an ROC Method for the Ipswich Watershed, Massachusetts, USA[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001, 85: 239-248.

Analysis of Land Use/Land Cover Change in Yangzhou City Based on CLUE-S Model

TANG Zhihua¹, ZHU Xianlong², LI Cheng³

(1. *Hunan Planning Institute of Land And Resources*, Changsha 410000, China;

2. *School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University*, Changsha 410083, China;

3. *Architecture School, Tsinghua University*, Beijing 100084, China)

Abstract: Based on the principle of the CLUE-S (the conversion of land use and its effects at small region extent) model, taking Yangzhou City area as an example, we firstly collected the required data, including basic geographic data (vector data and image data) and statistics data, then preprocessed the image data, including ETM images in 2001 and ALOS images in 2007, and took use of object-oriented information extraction method to obtain a land use map for two periods (2001 and 2007). We selected the driving factors and used GIS spatial analysis tools to get a variety of spatial distribution of all the driving factors, set the model parameters, and took the land-use map in 2001 as the model input data to simulate the spatial pattern of land use of 2002 – 2007 in Yangzhou City area. Finally, we obtained the actual land use map of 2007 in Yangzhou City area by using the object-oriented data extraction method, and tested the simulation results of 2007 in Yangzhou City area and analyzed the applicability of the CLUE-S model. The result shows that the CLUE-S model could simulate preferably the spatial distribution pattern on a small-scale. Therefore, it could provide guidance for small city planning. So the CLUE-S model is one of the land use / land cover change models that worth to be made more widespread.

Key words: CLUE-S model; land use / land cover change; remote sensing