面向土地利用总体规划的建设用地空间管制潜在冲突检测

马丹驯[1,2], 李满春[1,2], 金晓龙[1,2], 刘小强[1,2], 姜朋辉[1,2]

(1. 南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023; 2. 江苏省地理信息技术重点实验室, 江苏 南京 210023)

摘　要: [目的] 准确识别、检测建设用地空间管制分区与城市扩张之间的潜在冲突,以期为下一轮土地利用总体规划的实施与土地资源管理工作的开展提供理论参考与技术方法支撑。[方法] 基于 CA-Markov 模型模拟预测了 2020 年江苏省常州市土地利用状况,在此基础上集成 GIS 空间分析技术,识别并检测了常州市 2015—2020 年建设用地空间管制分区与城市未来发展之间的潜在冲突区域。[结果] ①2020 年常州市建设用地总量及新增量规模将分别达到规划目标的 101.16%,159.97%,即会突破土地利用总体规划目标;禁止建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积较少; ②限制建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积较大,约占新增建设用地面积的 59.23%,其中约有 59.15%的潜在冲突分布在武进区。[结论] 在常州市下一轮土地利用总体规划编制与实施过程中,应重点强化对限制建设区内潜在冲突区域的管控。

关键词: 土地利用总体规划; CA-Markov 模型; 空间管制冲突; 常州市

文献标识码: A　　**文章编号**: 1000-288X(2018)06-0298-06　　**中图分类号**: F301.24

文献参数: 马丹驯, 李满春, 金晓龙, 等. 面向土地利用总体规划的建设用地空间管制潜在冲突检测[J]. 水土保持通报,2018,38(6):298-303. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.06.045. Ma Danxun, Li Manchun, Jin Xiaolong, et al. Potential conflict detection in space control of construction land based on overall land use planning[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018,38(6):298-303.

Potential Conflict Detection in Space Control of Construction Land Based on Overall Land Use Planning

MA Danxun[1,2], LI Manchun[1,2], JIN Xiaolong[1,2], LIU Xiaoqiang[1,2], JIANG Penghui[1,2]

(1. *School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu* 210023, *China*;
2. *Jiangsu Provincial Key Laboratory of Geographic Information Science and Technology, Nanjing, Jiangsu* 210023, *China*)

Abstract: [Objective] In order to provide theoretical reference and technical methods for the implementation of the next round of overall land use planning and the carrying out of the land resources management, we aimed to accurately identify and detect the potential conflicts between land use control zones and urban expansion. [Methods] Based on the CA-Markov model, the land use status of Changzhou City, Jiangsu Province in 2020 was simulated. Then, the spatial analysis technology of GIS was applied to identify and detect the potential conflict areas between the spatial regulation zone of construction lands and the development trends of Changzhou City from 2015 to 2020. [Results] ① The total scale of construction land and the amount of newly increased construction land will reach 101.16% and 159.97% respectively, which will exceed the goal of the overall land use planning by 2020; ② Little potential conflicts between construction land and the prohibiting construction zone was detected during 2015—2020; there is more areas of potential conflict between construction land and the limiting construction zone compared with the prohibiting construction zone, and about 59.15% of the potential conflict areas are mainly distributed in Wujin District. [Conclusion] The goveronment of Changzhou City should strengthen the control and management of the potential conflict

收稿日期:2018-06-04　　**修回日期**:2018-06-21

资助项目:国家重点研究发展计划项目"'一路'重点区域国土安全监测系统集成与应用示范"(2017YFB0504205)

第一作者:马丹驯(1996—),男(汉族),重庆市彭水县人,硕士研究生,研究方向为土地变化与土地利用规划。E-mail:2739852953@qq.com。

通讯作者:李满春(1964—),男(汉族),江苏省常州市人,教授,博士生导师,主要从事地图学与地理信息系统、国土资源信息化管理等工作。E-mail:limanchun@nju.edu.cn。

areas in the limiting construction zone during the next round of land use planning.

Keywords: overall land use planning; CA-Markov model; conflicts between spatial regulation zone and land use change; Changzhou City

土地利用总体规划的根本目的是加强对土地利用的宏观控制和统一管理，对十分宝贵和极其稀缺的土地资源进行优化配置，提高土地利用的综合效益[1]。建设用地空间管制分区是土地利用总体规划的重要组成部分，将规划区域土地划分为允许建设区、有条件建设区、限制建设区以及禁止建设区，以控制、引导建设用地的空间布局，协调各类用地之间的矛盾与冲突。城市化进程中，建设用地与农用地、生态用地等之间的用地竞争日益激烈，用地矛盾与冲突日益突出[2-3]。准确识别城市扩张与建设用地空间管制分区之间的潜在冲突分布区，对于合理编制土地利用总体规划，推进土地资源的节约集约利用均具有重要的意义。国外开展关于土地利用冲突的研究相对较早。20 世纪 70 年代，Alterman 和 Hill[4] 通过手绘单元格评价了土地实际利用与土地利用规划之间的“一致性和不一致性”问题，并尝试对“不一致性”做出解释。土地利用实际与土地利用总体规划之间关系的分析评价主要包含在土地利用总体规划的实施评价中。对土地利用总体规划的实施进行评价主要有两个不同的方向，分别是基于规划执行过程的评价与基于一致性的评价[5]。基于规划执行过程理论中，土地利用规划的作用在于引导决策，即虽然在执行过程中土地实际利用可能与规划不相符，但规划只要实现了正确的引导，那么规划实施仍然有效。具体研究过程中，基于规划执行过程的评价主要通过假设没有规划的情况下土地利用状况的差异，开展土地利用总体规划的实施效果分析研究[6-8]。基于一致性的评价则是建立在明确土地利用结构与布局的基础上，以此为土地利用总体规划实施应达到的目标，进而通过分析土地利用实际与规划之间的一致性程度来评价土地利用总体规划的实施效果[9-11]。国内关于土地利用总体规划实施评估的研究起步较晚，主要研究内容包括了评价指标体系构建、指标权重确定、评价方法研究等，并在土地利用总体规划理论、方法以及实践方面等取得一系列研究成果[12-13]。然而，已有研究构建评价指标体系的方式过于综合，难以实现土地实际利用与土地利用总体规划之间关系的空间可视化分析。对此，部分学者基于“一致性”评价的分析思路与研究方法，逐渐转向通过土地实际利用与土地利用总体规划之间关系的空间分析，探索二者之间的时空响应机理[14-15]。但是，已有研究多聚焦于历史或现行土地利用过程，对未来潜在的土地利用与土地利用总体规划之间的空间互动关系尚未充分重视。土地利用总体规划最重要的功能是其对未来土地利用的时空导向性，因此如何对土地利用总体规划执行过程中可能发生的冲突进行预测，这将是未来土地利用总体规划编制与实施过程中需要集中突破的科学问题之一[16]。为此，本文基于“一致性”的评价分析理念，结合多源国土空间信息数据，通过集成 CA-Markov 土地利用过程模拟模型和 GIS 空间分析技术，在模拟研究区未来土地利用时空格局的基础上，识别与分析土地利用时空过程与土地利用总体规划之间的冲突，以期对下一轮土地利用总体规划的实施与土地资源管理工作的开展提供理论参考与技术方法支撑。

1　研究区概况与数据来源

1.1　研究区概况

常州市（31°09′—32°04′N，119°08′—120°12′E）位于江苏省南部，属长江三角洲沿海经济开发区，北倚长江，南与安徽省交界，东濒太湖与无锡市相连，西与南京、镇江两市接壤。区域地势西南略高，东北略低，高低相差 1.5～2 m。西、南分别为茅山山脉、天目山山脉，北部为宁镇山脉尾部，中部和东部为宽广的平原、圩区。常州市行政区划于 2015 年调整为下辖溧阳市及金坛、武进、新北、天宁、钟楼 5 区，2015 年年末常住总人口 470.14 万人，区域面积 437 243 hm^2；地区生产总值 5 273.15 亿元，居江苏省第 6。在建设用地空间管制分区结构与布局中，常州市允许建设区面积 108 769 hm^2，占比约 24.88%，主要分布在天宁区、钟楼区、新北区以及武进区。有条件建设区面积 8 968 hm^2，占比约 2.05%，主要围绕允许建设区分布。限制建设区面积 312 288 hm^2，占比约 71.42%，主要分布在金坛区、溧阳市、武进区南部以及新北区北部。禁止建设区面积 7 210 hm^2，占比约 1.65%，主要分布在长荡湖、滆湖、天目湖等水域范围。

1.2　数据来源

本研究中用到的数据包括土地利用总体规划数据、土地利用现状数据、自然地理数据以及社会经济数据等。土地利用总体规划数据来源于《常州市土地利用总体规划（2006—2020 年）》（调整方案）；土地利用现状数据来源于常州市土地利用变更数据；自然地理数据来源于中国科学院资源环境数据中心；社会经

济数据来源于中国科学院资源环境数据中心以及夜间灯光数据反演，夜间灯光数据来源于中国科学院资源环境数据中心；其他人口、GDP、城市化率等数据来源于《常州统计年鉴(2016 年)》。详见表 1。

表 1 数据与数据源

数据类型	数 据	数据属性	数据源	数据用途
土地利用数据	2010 年常州市土地利用变更数据	矢量数据	常州市国土局	模拟验证基期年
	2015 年常州市土地利用变更数据	矢量数据	常州市国土局	模拟验证目标年、模拟 2020 年土地利用基期年
人口数据	2010 年人口数据	栅格数据	中国科学院资源环境数据中心	适宜性评价
GDP 数据	2010 年 GDP 数据	栅格数据	中国科学院资源环境数据中心	适宜性评价
道路数据	2012 年道路数据	矢量数据	中国科学院资源环境数据中心	适宜性评价
NDVI 数据	2009 年 NDVI 数据	栅格数据	中国科学院资源环境数据中心	适宜性评价
	2014 年 NDVI 数据	栅格数据	中国科学院资源环境数据中心	适宜性评价
高程数据	常州 DEM 数据	栅格数据	中国科学院资源环境数据中心	适宜性评价
夜间灯光数据	2013 年夜间灯光数据	栅格数据	中国科学院资源环境数据中心	反演人口、GDP
社会经济数据	2015 年人口、GDP 等数据	统计数据	常州统计年鉴(2 016)	研究区概况、结果分析

1.3 数据预处理

结合《土地利用现状分类》中的土地分类、农村土地调查分类归并以及市级土地利用总体规划土地用途分类，根据研究目的将原始数据中的土地利用分类归并为耕地、园地、林地、草地、交通运输用地、水域、其他土地、城镇村及工矿用地、水利设施用地共 9 类。具体归并分类方式详见表 2。

表 2 土地利用分类

原始数据中类别	本研究分类
旱地、水浇地、水田	耕地
茶园、果园、其他园地	园地
灌木林地、其他林地、有林地	林地
天然牧草地、其他草地	草地
城市、建制镇、村庄、采矿用地、风景名胜及特殊用地	城镇用地
港口码头用地、公路用地、管道运输用地、机场用地、铁路用地	交通用地
沟渠、河流水面、湖泊水面、坑塘水面、内陆滩涂	水域
水工建筑用地、水库水面	水利用地
农村道路、设施农用地、田坎	其他土地

2 研究方法

2.1 CA-Markov 模拟模型

借助 IDRISI 软件 CA-Markov 模块模拟 2020 年常州市土地利用状况。CA-Markov 模型结合了元胞自动机(Cellular Automata，CA)模型和马尔可夫(Markov)模型，分别利用马尔可夫模型模拟预测土地利用面积转移概率，元胞自动机模型模拟预测土地利用的空间分布[17-18]。

马尔可夫模型是基于马尔可夫过程而形成的预测事件发生概率的一种方法，常用于具有无后效性特征地理事件的预测[19-20]。在土地利用变化预测中，可用式(1)对土地利用变化进行预测[19]：

$$S_{(t+1)}=P_{ij}\cdot S_{(t)} \tag{1}$$

式中：$S_{(t+1)}$，$S_{(t)}$——$t+1$ 时刻和 t 时刻的状态；P_{ij}——状态转移概率矩阵，可由公式(2)表示：

$$\boldsymbol{P}_{ij}=\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{31} & P_{32} & \cdots & P_{3n} \end{bmatrix} \quad \left[0\leqslant P_{ij}<1 \text{ 且} \sum_{j=1}^{N} P_{ij}=1 \quad (i,j=1,2,\cdots,n)\right] \tag{2}$$

元胞自动机模型是模拟和预测复杂系统行为的强有力工具，其“自下而上”的研究思路充分体现了复杂系统局部个体行为产生全局、有秩序模式的理念，非常适用于复杂地理过程的模拟和预测[21-22]。模型运算法则可用公式(3)表达[22]：

$$S^{t+1}=f(S^{t},N_{t}) \tag{3}$$

式中:S^{t+1}——元胞在下一时刻的状态;S^t——元胞在上一时刻的状态;N_t——元胞在上一时刻邻域的状态;f——转换规则。

具体模拟过程中,综合考虑精度要求与计算效率,本文研究尺度选取 100 m×100 m 栅格大小。模拟预测 2020 年土地利用状况之前,先以 2010 年为基期年模拟 2015 年土地利用状况,对比 2015 年土地利用模拟状况与土地利用实际状况,验证 CA 模拟的准确度和精确性。

2.2　GIS 空间分析建设用地空间管制冲突

GIS 空间分析主要通过空间叠置和栅格计算的的方式识别满足条件的区域。建设用地空间管制潜在冲突检测步骤分 3 部分(具体流程如图 1 所示)。本研究中定义的建设用地空间管制冲突主要存在于禁止建设区与限制建设区内。《常州市土地利用总体规划(2006—2020 年)》调整方案规定:限制建设区内禁止中心城区、县级市的城区、县城和大中型工矿,以及纳入允许建设区的重要镇村建设,控制线型基础设施和独立建设项目用地;禁止建设区内严格禁止与主导功能不相符的建设活动,除法律法规另有规定外,规划期内禁建边界不得调整。综合考虑土地利用总体规划对管制分区的规定、社会经济发展对道路交通、水利设施等基础设施建设的需要以及数据可获得性,本文识别的建设用地空间管制冲突包括禁止建设区内的所有建设用地和限制建设区内的城镇村及工矿用地。

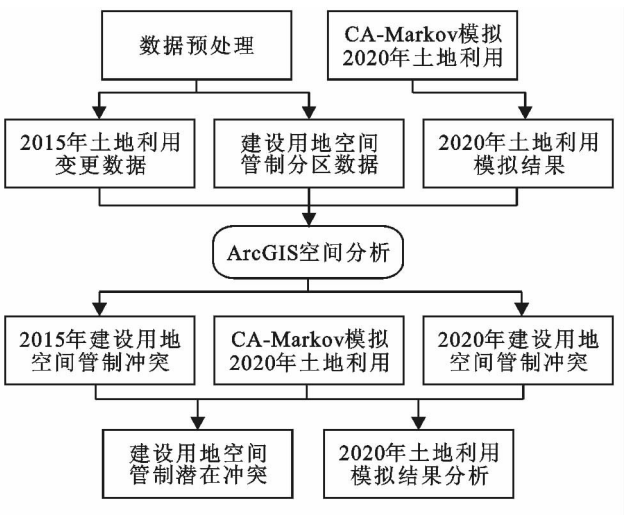


图 1　研究技术流程

3　结果分析

3.1　2020 年土地利用模拟

3.1.1　CA 模拟模型验证　模型验证过程中,通过 ArcGIS 空间分析计算 2010—2015 年土地利用面积转移矩阵,然后以 2010 年为基期年模拟 2015 年土地利用状况。2015 年土地利用模拟与土地利用实际状况如附图 5 所示。采用 IDRISI 软件 Cross Tab 模块计算 2015 年土地利用现状与 2015 年土地利用模拟之间的 Kappa 系数,计算得到总体 Kappa 系数为 0.924 3,模拟精度较高。每一类土地利用的 Kappa 系数中草地的 Kappa 系数最小,为 0.8771,这与常州市草地面积总量小、面积变化量大有关,常州市 2010 年草地面积在常州市各类用地中面积占比最小,而在 2010—2015 年面积变化中变化率最大。

3.1.2　2020 年模拟结果分析　模拟 2020 年土地利用过程中,首先采用 Markov 模型预测 2015—2020 年的土地利用面积变化,得到 2015—2020 年的土地利用面积变化转移矩阵(表 3)。然后以 2015 年为基期年,模拟 2020 年土地利用状况,模拟结果如附图 6 所示。2015—2020 年常州市土地利用面积变化预测结果中,2020 年建设用地总规模为 122 503 hm^2,将会达到规划目标的 101.16%,即将会突破规划目标。2015—2020 年新增建设用地面积 8 163 hm^2,其中,占用耕地面积 4 870 hm^2,将分别达到规划目标的 159.97%,130.63%,即新增建设用地规模与占用耕地面积都将突破规划目标。

如附图 6 所示,2020 年土地利用模拟空间分布中,建设用地主要分布在常州市市中心区域。具体而言,武进区、溧阳市、新北区以及金坛区建设用地分布数量较多;钟楼区、天宁区、新北区以及武进区建设用地分布密度较大。2015—2020 年新增建设用地在金坛区、武进区、新北区、天宁区、钟楼区、溧阳市内面积分布比例约为 1.11%,54.73%,16.17%,7.90%,12.77%,7.31%。超过 1/2 的新增建设用地分布在武进区内,金坛区内新增建设用地面积分布最少,其他各区(县级市)中新北区、钟楼区新增建设用地面积分布相差不大,天宁区、溧阳市新增建设用地面积分布接近。

3.2　建设用地空间管制冲突分析

3.2.1　2015 年建设用地空间管制冲突现状分析　在完成土地利用总体规划中期评估的基础上,常州市以 2014 年为基期年对《常州市土地利用总体规划(2006—2020 年)》进行了调整完善,经调整完善后,现存的用地矛盾在一定程度上得到了缓解,2015 年常州市存在的建设用地空间管制冲突较少。除溧阳市外,禁止建设区内基本不存在建设用地空间管制冲突。金坛区、武进区、新北区、天宁区、钟楼区的限制建设区内建设用地空间管制冲突面积都比较小,面积

分别为23,63,13,1,3 hm^2。溧阳市限制建设区内建设用地空间管制冲突面积为599 hm^2,分布面积较大,分布不集中,呈零星分布状态。这可能与溧阳市内限制建设区面积较大有关,另外,溧阳市城镇化率仅约59.00%,在常州市各区(县级市)内城镇化率最低,市内有大量村庄建设用地分散分布。

表3 常州市2015—2020年土地利用面积转移 hm^2

项目		2020年面积									
		耕地	园地	林地	草地	交通用地	水域	其他用地	城镇用地	水利用地	求和
2015年面积	耕地	149 714	3	15	0	768	19	588	4 093	9	155 209
	园地	183	31 479	0	0	112	2	112	898	5	32 791
	林地	14	0	18 925	0	0	0	15	60	1	19 015
	草地	93	0	0	1 494	6	0	5	265	0	1 863
	交通用地	18	0	0	0	14 322	0	1	48	0	14 389
	水域	2 449	0	4	0	342	93 075	211	1 032	34	97 147
	其他用地	219	0	8	0	94	1	14 157	441	3	14 923
	城镇用地	1 861	7	2	0	138	3	17	92 661	0	94 689
	水利用地	40	0	0	0	9	0	3	7	7 155	7 214
	求和	154 591	31 489	18 954	1 494	15 791	93 100	15 109	99 505	7 207	437 240

3.2.2 2020年建设用地空间管制冲突模拟预测 根据模拟预测结果(表4),2020禁止建设区内建设用地空间管制冲仅存在于武进区和溧阳市内。限制建设区内建设用地空间管制冲突中金坛区面积最小,新北区、天宁区以及钟楼区面积相差不大,溧阳市面积仅次于武进区,武进区面积最大,大于其他各区(县级市)限制建设区内建设用地空间管制冲突面积之和。

3.2.3 建设用地空间管制潜在冲突分析 如表4所示,常州市建设用地空间管制潜在冲突中,禁止建设区内潜在冲突面积较少。禁止建设区内潜在冲突仅存在于武进区、溧阳市内,面积为5,1 hm^2。武进区禁止建设区内原本不存在建设用地空间管制冲突,但由于武进区新增建设用地面积较大,因此存在少量建设用地会分布在禁止建设区内的可能性,但可能性不大。溧阳市禁止建设区内原本存在建设用地,因此存在建设用地分布在原有基础上往外扩张的可能性,但可能性也不大。限制建社区内建设用地空间管制潜在冲突总面积4 021 hm^2,新增建设用地中城镇村及工矿用地面积为6 789 hm^2,即新增建设用地中城镇村及工矿用地约有59.23%分布在限制建设区内,限制建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积较大。在空间分布上,各区(县级市)的限制建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积大小主要由区域内新增城镇村及工矿用地面积大小决定。武进区内模拟预测新增城镇村及工矿用地面积约占总面积的59.15%,远高于常州市其他区(县级市),因此武进区限制建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积最大。金坛区内模拟预测新增城镇村及工矿用地面积仅约占总面积的0.68%,因此金坛区限制建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积远小于其他各区(县级市)。

表4 常州市建设用地空间管制冲突面积 hm^2

冲突类型	时段	地区					
		金坛	武进	新北	天宁	钟楼	溧阳
限制建设区内冲突	2015年	23	63	13	1	3	599
	2020年	39	2525	457	326	409	910
	2015—2020年潜在冲突	16	2463	444	325	406	367
禁止建设区内冲突	2015年	0	0	0	0	0	692
	2020年	0	5	0	0	0	693
	2015—2020年潜在冲突	0	5	0	0	0	1

4 讨论与结论

(1) 2020年常州市建设用地总规模、新增建设用地总规模以及新增建设用地占用耕地面积都将突破土地利用总体规划目标,2015—2015年新增建设用地主要分布在武进区。

(2) 禁止建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积较少,继续坚持对禁止建设区内建设用地的严格管制,禁止建设区内出现建设用地的可能性不大。

(3) 限制建设区内建设用地空间管制潜在冲突面积较大,预测新增建设用地中接近 3/5 的城镇村及工矿用地将分布在限制建设区内;在空间分布上,潜在冲突区主要分布在武进区。

总的来说,常州市的建设用地空间管制潜在冲突主要分布在限制建设区内,禁止建设区内建设用地空间管制潜在冲突较小,常州市在下一轮土地利用总体规划编制实施过程中,在相应的土地资源管理工作中需要继续坚持对禁止建设区内建设开发的严厉管控,继续强化对限制建设区内潜在冲突区建设开发的严格管控与合理布局。本研究仅分析了建设用地与土地利用总体规划中建设用地空间管制分区之间的冲突,土地利用总体规划还包括了基本农田保护区、土地利用功能分区等多方面的内容,相关的土地利用与规划之间的冲突、潜在冲突都可以用类似的方法进行研究。

[参 考 文 献]

[1] 彭补拙. 土地利用规划学[M]. 江苏 南京:东南大学出版社,2003.

[2] Carr M H, Zwick P. Using GIS suitability analysis to identify potential future land use conflicts in North Central Florida[J]. Journal of Conservation Planning, 2005,1:58-73.

[3] 刘巧芹,赵华甫,吴克宁,等. 基于用地竞争力的潜在土地利用冲突识别研究:以北京大兴区为例[J]. 资源科学,2014,36(8):1579-1589.

[4] Alterman R, Hill M. Implementation of Urban Land Use Plans[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1978,44(3):274-285.

[5] Laurian L, Day M, Berke P, et al. Evaluating plan implementation: A conformance-based methodology[J]. Journal of the American Planning Association, 2004,70(4):471-480.

[6] Feitelson E, Felsenstein D, Razin E, et al. Assessing land use plan implementation: Bridging the performance-conformance divide[J]. Land Use Policy, 2017,61:251-264.

[7] Mastop H, Faludi A. Evaluation of strategic plans: The performance principle[J]. Environment & Planning B Planning & Design 1997,24(6):815-832.

[8] Frenkel A, Orenstein D E. Can urban growth management work in an era of political and economic change? [J]. Journal of the American Planning Association, 2012,78(1):16-33.

[9] Loh C G. Assessing and interpreting non-conformance in land-use planning implementation[J]. Planning Practice and Research, 2011,26(3):271-287.

[10] Padeiro M. Conformance in land-use planning: The determinants of decision, conversion and transgression [J]. Land Use Policy, 2016,55:285-299.

[11] Abrantes P, Fontes I, Gomes E, et al. Compliance of land cover changes with municipal land use planning: Evidence from the Lisbon metropolitan region(1990—2007)[J]. Land Use Policy, 2016,51:120-34.

[12] 洪武扬,李飞雪,李满春,等. 土地利用总体规划实施定位评估研究:以江苏省常州市新北区为例[J]. 资源科学,2013,35(10):2075-2081.

[13] 任奎,周生路,廖富强,等. 基于可持续度的连云港市土地利用总体规划实施评价[J]. 资源科学,2008,30(2):241-246.

[14] 吕晓,黄贤金,钟太洋,等. 土地利用规划对建设用地扩张的管控效果分析:基于一致性与有效性的复合视角[J]. 自然资源学报,2015,30(2):177-187.

[15] 王婉晶,揣小伟,黄贤金,等. 基于空间吻合性的土地利用总体规划实施评价方法及应用[J]. 农业工程学报,2013,29(4):1-14.

[16] 王万茂. 规划的本质与土地利用规划的多维思考[J]. 国土资源,2001,16(3):29-31.

[17] 余德贵,吴群. 基于 Logistic-Markov 方法的土地利用结构变化多因素驱动预测模型研究与应用[J]. 水土保持通报,2017,37(1):149-154.

[18] 刘培,贾守军,马朝阳,等. 基于 GlobeLand30 数据和 CA_Markov 模型的郑州市 2000—2020 年地表覆盖变化特征及预测分析[J]. 水土保持通报,2017,37(4):282-287.

[19] 赵建军,张洪岩,乔志和,等. 基于 CA-Markov 模型的向海湿地土地覆被变化动态模拟研究[J]. 自然资源学报,2009,24(12):2178-2186.

[20] 朱会义,李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报,2003,58(5):643-650.

[21] 黎夏,刘小平. 基于案例推理的元胞自动机及大区域城市演变模拟[J]. 地理学报,2007,62(10):1097-1109.

[22] 杨青生,黎夏,刘小平. 基于 Agent 和 CA 的城市土地利用变化研究[J]. 地球信息科学学报,2005,7(2):78-81.