

土地利用变化反事实情景模拟与评价 ——以湖北省嘉鱼县为例

冯梦喆¹ 何建华^{1,2} 汤青慧³

(1 武汉大学资源环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

(2 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

(3 青岛理工大学管理学院,青岛市经济技术开发区长江中路 2 号,266520)

摘要:引入了反事实情景模拟方法来模拟土地利用变化的历史,通过重构土地利用变化历史情景来辅助评价土地利用政策实施效果。以我国的耕地保护政策对粮食安全和城市扩张影响为例,构建耕地保护政策干预下的事实情景和假设无耕地保护政策影响的反事实情景,并借助 CLUE-S 模型进行土地利用变化情景模拟。通过比较两种模拟结果在耕地数量、产能、空间分布以及城市建设用地数量、效益和空间扩张的差异,实现对耕地保护政策实施效果的评价。实例研究表明,现行的耕地保护政策在遏制耕地流失、提高粮食产量、调整耕地及建设用地空间布局等方面取得了积极效果。

关键词:土地利用变化;反事实情景模拟;CLUE-S

中图法分类号:P273

土地利用变化情景模拟是在深刻认识土地利用土地覆盖变化驱动力的基础上,模拟土地系统中各组成要素间的相互作用,为土地利用变化研究和区域社会经济发展和资源环境保护决策提供技术支持^[1-4]。现有的研究主要都着眼于模拟不同战略和政策情景下,区域土地利用系统未来可能出现的格局及其区域响应,服务于相关战略和政策制订前的预测评价与决策。然而,如何针对过去的土地利用变化历史过程进行情景模拟和分析,以服务于相关政策和重大战略决策实施效果评价的有待进一步研究。

本研究将反事实分析^[5-8]与情景模拟方法相结合,建立土地利用变化反事实情景模拟模型,并以耕地保护政策实施效果评价为例,建立假设耕地保护政策不存在的反事实情景,基于 CLUE-S 模拟系统^[2],从不同的视角再现区域土地利用时空演变历史过程,并通过对现实情景和反现实情景的时空对比分析,揭示在这一历史过程中耕地保护政策对耕地数量、产能、空间布局以及建设用地的数量增长、利用效益与空间格局等的影响。

1 土地利用变化的反事实情景模拟模型

反事实就是与已发生或存在的事实相反,反事实分析则是建立在反事实思维理论上的一种研究方法^[4,6-7]。在政策评价研究中,目标主体的状态变化不仅与政策的作用有关,有些无法被界定的混淆因子可能既受政策影响也对政策施加的对象产生作用,进而影响目标演化的结果。如果仅对结果进行分析,将目标主体在政策干预期间发生的变化作为政策效果的话,很可能得到的是完全错误的结论^[5]。反事实分析方法通过控制混淆因子,可以验证政策与结果间的关系^[6-7],但这个过程无法在现实世界中完成,因而需要通过土地利用变化动力机制分析和情景模拟的技术来实现。本研究选取基于灰色系统 GM(1,1)的 CLUE-S 模型分别对有严厉耕地保护政策作用的事实情景和没有政策作用的反事实情景下的土地利用变化进行模拟,并通过两种情景模拟结果的比较,实现耕地保护政策效果的直观呈现,开展土地利用变化反事实情景模拟主

收稿日期:2013-04-20。

项目来源:国家 863 计划资助项目(2011AA120304)。

要涉及反事实情景定义和基于 CLUE-S 的土地利用变化情景模拟两个关键问题。

1.1 耕地保护的反事实情景

本文主要考察以耕地总量动态平衡制度、基本农田保护制度和土地用途管制制度为主的耕地保护政策对区域土地利用变化的影响。事实情景下,土地利用变化受土地利用规划和相关政策的限制,耕地总面积需满足总量平衡要求,基本农田保护区内的耕地和其他农用地不能变更用途,一般耕地区域内的耕地向其他类型转出受到耕地占补政策控制,转入则受到一定程度的经济政策鼓励;而在反事实情景下,即假设不受任何耕地保护政策限制的情况下,土地利用变化将会朝着土地单元自组织特征决定的空间模式发展。

在具体的模型实现中,主要包括两个步骤:

① 选取土地利用空间分布驱动力因子,通过回归分析得到因子与土地利用空间布局之间的关系^[11-12],从而推算出土地利用类型转换发生的可能性;② 通过 CLUE-S 模型的参数设置,定义用地类型需求面积、区域限制条件、土地利用类型转换弹性等来控制土地利用类型的转换方向,从而实现耕地保护的反事实情景模拟。

1.2 土地利用变化反事实情景模拟

CLUE-S 模型包括非空间分析和空间分析两大模块。其中,非空间模块从宏观的区域角度出发,计算各土地利用类型数量变化,对于事实情景下土地利用变化的数量结构直接取模拟目标年份的真实土地利用数据;对反事实情景,则以严格耕地保护政策实施前的区域土地利用变化历史数据为基础,使用 GM(1,1)模型预测无耕地保护政策的情况下各土地利用类型可能的数量变化。其空间分析模块则从局部用地单元出发,根据土地利用类型转化规则,通过反复迭代将各地类面积分配到栅格系统中,最终实现土地利用变化的空间模拟,对其核心参数土地利用变化驱动因子与转换概率的求取,本研究采用 Logistic 逐步回归方法进行因子筛选和回归系数的确定,并以此为基础进行转换概率的计算。

2 基于反事实情景模拟的耕地保护政策实施效果评价

耕地保护政策对土地利用变化的影响通过对事实与反事实情景模拟结果差异的对比分析来呈现,且这种影响体现在土地系统本身以及区域生态环境、社会经济状况等多个层面。本研究侧重于研

究耕地保护政策对城镇扩张和粮食安全的影响,通过选取评价指标从数量、质量和空间分布的角度来识别政策的效果。本研究选取了耕地面积、建设用地面积、粮食产量、建设用地集约度和建设用地集聚度等 6 个指标,以分别量化事实和反事实情景下土地利用系统的状态,并据此对政策效果进行评价。

3 实例研究

3.1 实例区与数据

嘉鱼县位于湖北省东南部,长江中游南岸和江汉平原边缘,总面积约为 1 017.31 km²;是我国中部地区重要的“鱼米之乡”;2010 年末全县总人口约 36.36 万人,GDP 约 90.58 亿元。在快速城镇化和人口增长的双重压力下,研究耕地保护政策对其土地利用格局影响具有现实意义。实验数据包括 2005、2010 年土地利用数据、遥感数据、DEM 数据和社会经济统计数据等。对土地利用数据的分类方式进行统一合并为未利用地、耕地、园地、林地、建设用地和水域等 6 类,将矢量土地利用数据转化为 100 m×100 m 栅格数据。

3.2 模拟结果与精度评价

将上述参数和数据文件导入模型,经过迭代到模拟年土地利用需求数量达标,得到的事实和反事实情景模拟结果如图 1 所示。

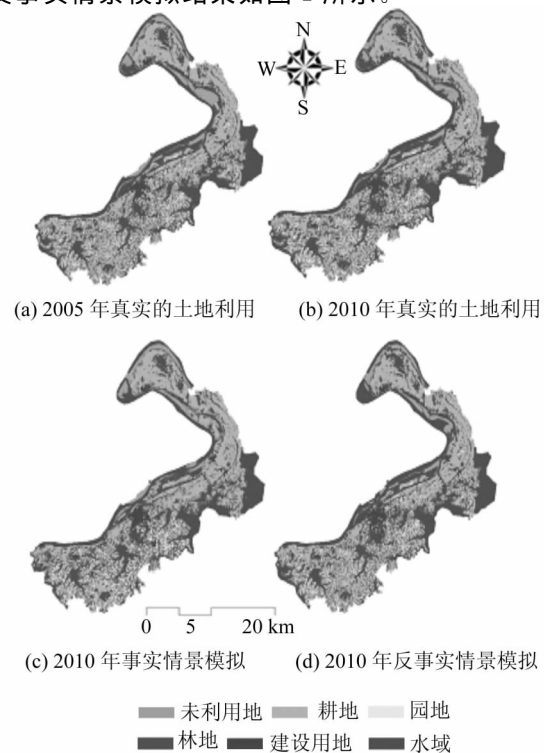


图 1 模拟结果

Fig. 1 Results of Simulation Under Two Scenarios

利用 Map Comparison Kit 工具计算 2010 年事实情景模拟结果图像与 2010 年真实土地利用图像的 Kappa 值,以衡量模拟的精度,未利用地、耕地、园地、林地、建设用地、水域的 Kappa 值分别为 0.72、0.85、0.76、0.79、0.88、0.89。总体上,全域范围的模拟正确率达到预期,模型对嘉鱼

县土地利用变化情景模拟是有效的。

基于已构建的耕地政策实施效果评价指标体系,针对反事实和事实情景模拟结果,逐一计算得到 2010 年土地利用系统的各项指标值,结果如表 1 所示。

表 1 两种情景的评价指标计算结果

Tab. 1 Results of Evaluation Under Two Scenarios

	耕地面积/ (hm^2)	建设用地面积/ (hm^2)	粮食产量/ (kg)	建设用地集 约度	耕地集聚度 指数/%	建设用地集聚度 指数/%
事实情景	37 851	7 064	214 463 704	0.99	74.42	51.08
反事实情景	37 165	8 278	210 359 274	0.85	62.92	35.86
差值	686	-1 214	4 104 430	0.15	11.49	15.22

3.3 结果分析与评价

3.3.1 对城市扩张影响

从表 1 可看出,耕地保护政策的介入显著减少了建设用地面积的增加,减少幅度达 17%,同时提高了建设用地集聚度 15.22%。比较两种情景下的建设用地空间分布特征可知,如图 2,事实情景下城镇扩张主要集中在中心城镇鱼岳镇、西北沿江的簪洲湾镇、西南沿江的陆溪镇及靠近码头和湖泊的平原区域;而反事实情景下城镇沿交通干线放射状扩张的特征明显,平原和耕地集中区农村居民点的散乱分布情况也更为严重。由此可见,耕地保护政策对控制城镇规模的扩张和改善农村居民点布局的无序性都有积极的作用,促进了建设用地的集约利用。

3.3.2 对粮食安全的影响

政策对粮食安全的影响主要体现在对耕地面积流失的遏制和对粮食单产的提高两方面。

首先,从表 1 可知,虽然耕地保护政策的介入未能扭转耕地面积减少的趋势,但在一定程度上减缓了耕地流失的速率。分析两种情景下耕地流转的途径和数量:转入方面,开发未利用地是耕地补充的重要来源,农业结构内部调整、低产林地、滩涂的开发也是增加耕地数量的途径,而耕地保护政策对未利用地开发成为耕地的刺激作用明显;转出方面,主要途径包括建设用地占用耕地和农业内部结构调整,有政策介入时耕地向其他类型土地的转化得到有效控制,且建设用地占用耕地的数量在事实与反事实情景下相差最大,可见耕地保护政策对建设用地占用耕地的制约作用显著。以上结果可解释为:总体上耕地总量平衡制度自上而下约束了耕地面积流失的幅度,土地用途管制制度增加了耕地向其他土地利用类型转化的经济成本和审批难度,限制了现有耕地的转出,

而土地开发整理复垦制度推动了以未利用地为主、包括其他利用率较低的土地类型对耕地的补充。

进一步从表 1 结果计算得到,事实情景下的耕地平均产量比反事实情景高 0.10%,虽然提高率很小,但可以看出耕地保护政策在增加耕地总面积的同时也提升了耕地的产能。从空间分布来看,事实情景下的耕地集聚度比反事实情景高 11.49%,即政策干预下的耕地更易于朝着农用地利用等级较高的区域集中,而无政策干预的耕地则倾向于在原有范围及水域附近扩张。以上结果可能归功于基本农田保护政策的实施和农用地分等定级、农用地整理工程的开展,这些措施保护了高质量耕地不被侵占,促进了耕地向更高效的空间布局转换,也为先进农业管理和经营技术的推行奠定了基础,有效提高了耕地的平均质量。

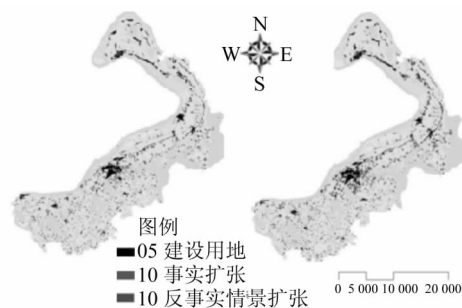


图 2 两种情景下建设用地扩张示意图

Fig. 2 Expansions of Constructive Land Under Two Scenarios

参 考 文 献

- [1] 唐华俊,吴文斌,杨鹏. 土地利用/土地覆被变化模型研究进展[J]. 地理学报, 2009, 64(4): 456-468
- [2] Verburg P H. Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model[J]. Environ-

- mental Management, 2002, 30(3): 391-405
- [3] 邓祥征, 林英志, 黄河清. 土地系统动态模拟方法研究进展[J]. 生态学报, 2009, 28(10): 2 123-2 129
- [4] Xie Yichun, Mei Yu. Socio-Economic Driving Forces of Arable Land Conversion: A Case Study of Wuxian City, China[J]. Global Environmental Change, 2005(15): 238-252
- [5] Baer W C, Fleming S M. Counterfactual Analysis: An Analytical Tool for Planners[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1976, 42(3): 243-252
- [6] Ferraro P J. Counterfactual Thinking and Impact Evaluation in Environmental Policy[J]. New Directions for Evaluation, 2009, 122: 75-84
- [7] 傅晓霞, 吴利学. 中国地区差异的动态演进及其决定机制: 基于随机前沿模型和反事实收入分布方法的分析[J]. 世界经济, 2009(5): 41-55
- [8] 陶庄, 杨功焕. 反事实和归因疾病负担研究[J]. 中华流行病学杂志, 2010, 31(4): 466-468
- [9] Lambin E F, Rounsevell M D A, Geist H J. Are Agricultural Land-use Models Able to Predict Changes in Land-use Intensity[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000(82): 321-331
- [10] 刘小平, 黎夏, 张啸虎. 人工免疫系统与嵌入规划目标的城市模拟及应用[J]. 地理学报, 2008, 63(8): 882-894
- [11] Trisurat Y, Alkemade R, Verburg P H. Projecting Land-Use Change and Its Consequences for Biodiversity in Northern Thailand [J]. Environmental Management, 2010, 45(3): 626-639
- [12] 蒙吉军, 严汾, 赵春红. 大城市边缘区土地利用变化模拟研究——以北京市昌平区为例[J]. 应用基础与工程科学学报, 2010, 18(2): 187-208

第一作者简介: 冯梦喆, 硕士生, 研究方向为土地利用动态分析与模拟。

E-mail: fmz_yumeko@yahoo.com.cn

Counterfactual Scenario Simulation and Evaluation of the Land-Use and Land-Cover Change of Jiayu County

FENG Mengzhe¹ HE Jianhua^{1,2} TANG Qinghui³

(1 School of Resource & Environmental Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(3 School of Management of Qingdao Technological University, 2 Changjiang Middle Road, Qingdao 266520, China)

Abstract: Scenario simulation of land-use and land-cover change is gaining importance in global change research and for sustainable use of land resources. Most of the existing research has focused on simulating and identifying the possible land use allocation in the future. How to represent historic land use change under different scenarios is an issue for assessing the relative effect of implemented policies. An innovative counterfactual simulation model was proposed for assessing the effects of China's farmland protection policies on food security and urban sprawl. The CLUE-s model and GM(1,1) approach were combined to forecast land use changes and simulate their spatial locations in a study area. Jiayu County was taken as an example to test the validity of the proposed model. The results showed that farmland protection policies played an effective role in reducing the rate of cultivated land loss, restricting the expansion of disorderly construction and optimizing the spatial distribution of land-use allocations in Jiayu County.

Key words: land use dynamics; counterfactual scenario simulation; CLUE-S model

About the first author: FENG Mengzhe, postgraduation, majors in land use dynamic simulation.

E-mail: fmz_yumeko@yahoo.com.cn