DOI:10.13203/j.whugis20250193 文章编号:1671-8860(2025)08-1732-01

# 顾及空间异质性和差异化演变特征的土地利用变化模拟和预测

宋友城 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

# Simulation and Prediction of Land-Use Change Taking into Account Spatial Heterogeneity and Differentiated Change Characteristics

*SONG Youcheng* School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

中图分类号:P208 文献标志码:D

元胞自动机(cellular automata,CA)模型因其框架简单、开放且易于其他方法耦合的优势,被广泛运用于土地利用变化模拟和预测研究中。CA模型转换规则的构建直接影响着其土地利用变化模型的准确性和科学性,其改进和优化是提升CA模拟准确性和科学性的重点研究内容。本文以邻域效应和转移可能性矩阵为改进转换规则的主要切入点,主要内容及研究结论可概括如下:

1)评价土地利用变化模拟中的空间异质性挖掘能力的指标构建。空间异质性是指地理空间中不同区域在自然特征、经济发展和社会构成等方面的差异。在土地利用变化研究中,空间异质性影响土地适宜性、资源分布和环境承载力,但现有评价指标往往忽视对空间异质性挖掘能力的评估。因此,本文提出一种新指标——Fuzzy FoM(fuzzy figure of merit),通过模糊矩阵分析引入位置模糊性,评估模型在挖掘空间异质性的能力。Fuzzy FoM能够反映土地利用模拟结果的空间异质性特征的挖掘能力,且通过可视化结果比较不同区域的模拟准确性。

2)顾及空间异质性特征的自组织式转换规则的构建。土地利用变化受多种因素影响,传统CA模型往往简化土地利用变化过程,忽视空间异质性。因此,构建顾及空间异质性的转换规则至关重要。本论文采用卷积神经网络(convolutional neural network,CNN)模型训练区域空间数据以获得土地利用转移适宜性,并提出自适应型空间异质性邻域(adaptive spatially heterogeneous neighborhood,ASHN),通过距离衰减函数挖掘不同位置的权重差异。结合遗传算法(Genetic algorithm,GA),对距离衰减函数的衰减指数进行优化,构建了ASHN-CNN-CA模型。结果表明,该模型在模拟精度以及空间异质性的挖掘能力上优于传统CNN-CA模型,尤其在复杂土地利用变化细节的刻画上具有显著优势。

3)顾及差异化土地利用演变特征的土地利用转移可能性矩阵的构建。土地利用变化是全球环境与可持续发展研究的重要研究内容,尤其是耕地、林地和建设用地的变化。然而,现有模型存在忽视不同土地利用类型的演变模式的差异性,导致各土地利用类型的演变特征不显著。因此,本论文构建差异化的土地利用转移可能性矩阵,以精确反映不同类型间的转移特征。本论文采用基于马尔科夫模型生成的转移矩阵作为优质种子点引入GA进行参数优化,构建了自适应型转移可能性矩阵(adaptive transformation possibility matrix with quality seeds,ATMPS),并与CA模型耦合,构建了ATPMS-CNN-CA模型用于模拟研究区的土地利用变化。结果表明,该模型显著提升了土地利用变化的细节刻画,能够增强土地利用变化模拟模型的准确性和科学性,并且能够量化区域内不同土地利用类型之间的变化特征。

4)耦合空间异质性和差异化演变特征的CA建模及情景模拟。本论文构建了耦合空间异质性和差异化演变特征(spatial heterogeneity and diverse patterns of change,SHDPC)的转换规则,构建了SHDPC-CNN-CA模型以预测土地利用变化。该模型显著提升了模拟精度和空间异质性的挖掘能力。结合长江中游的国土空间规划及联合国政府间气候变化专门委员会的气候情景,本论文构建了双层系统动力学模型,预测了2030年和2060年各土地利用类型的面积,并分析了不同气候情景下陆地生态系统的碳汇/源动态变化。研究结果表明,不同碳排放情景所导致的气候变化对区域陆地生态系统的碳汇/源变化起主导作用,而不同土地利用变化情景则会加速或减缓这种变化。

作者简介:宋友城,2025年6月毕业于武汉大学,获管理学博士学位(指导教师:王海军教授),研究方向为城市土地利用时空演变与模拟。songyoucheng@whu.edu.cn

引文格式:SONG Youcheng.Simulation and Prediction of Land-Use Change Taking into Account Spatial Heterogeneity and Differentiated Change Characteristics[J].Geomatics and Information Science of Wuhan University,2025,50(8):1732.DOI:10.13203/j.whugis20250193.(宋友城.顾及空间异质性和差异化演变特征的土地利用变化模拟和预测[J].武汉大学学报(信息科学版),2025,50(8):1732.DOI:10.13203/j.whugis20250193.)