

[文章编号] 1003—4684(2022)02-0105-05

武汉市主城区土地利用演变特征研究

林 凯, 李雪松, 姚文萃, 舒禹龙, 韩 蔚, 林莘栋, 王梦琪

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 为促进武汉市未来土地资源的合理配置与健康发展,以武汉市主城区为研究对象,从历史与未来两个角度切入,基于 GIS 空间统计功能分析研究区域过去近 40 年的土地利用演变特征,建立 ANN-CA 模型对武汉市主城区未来 2025 年土地利用的演变进行预测。研究结果表明:1970—2015 年间武汉市主城区的土地利用结构变化表现为耕地面积急剧减少,建设用地面积占比越来越高,林地、草地等用地面积有所减少,水域面积则有所增加。到 2025 年,研究区域内建设用地主要向东南、西部两个方向扩展,且建设用地已代替耕地成为主要用地类型。

[关键词] 土地利用; GIS; ANN-CA; 演变特征

[中图分类号] TU984 [文献标识码] A

土地利用的变化是一个区域土地资源利用方式的直接反映^[1],对于一个城市的健康发展至关重要,国内外已有大量学者基于各类模型进行了土地利用变化趋势方面的相关研究,如 Shaikh Shamim Hasa^[2]通过建立 Dyna-CLUE 模型模拟了京津冀地区未来的土地利用演变。Dawn C. Parker^[3]等构建了土地利用/覆被变化的多智能体系统模型(MAS/LUCC 模型)。罗平^[4]构建了城市土地利用演化仿真 GFCA-Urban 模型,并成功模拟了深圳市土地利用动态演化过程。全泉^[5]通过元胞自动机模型和多智能体模型耦合,建立了城市土地利用动态变化模型,并对 2050 年上海市土地利用变化进行了预测。周成虎^[6]通过引入 GIS 空间数据库来模拟城市的土地利用变迁,并提出了地理元胞自动机(Geo-CA)。王磊、付晓峰等^[7-8]通过人工神经网络(ANN)与元胞自动机模型(CA)耦合的研究方法,针对未来的土地利用格局演变进行了预测。但上述研究的重点多为针对城市未来土地利用变化的预测,忽视了对历史土地利用演变过程与特征的梳理。本文从历史与未来两个角度同时切入,基于 GIS 的空间统计功能进行武汉市主城区自 1970 年以来的土地利用演变特征分析,再建立 ANN—CA 模型对武汉市未来 2025 年土地利用格局的演变特征进行预测,希望研究结果可为武汉市未来土地资源的合理配置与健康发展提供一定借鉴与参考。

1 研究区域概况

武汉市是华中地区的特大中心城市,地处汉江平原东部,地形以平原为主,包括少量低山、丘陵,全境面积达 8494 平方公里。境内江河纵横、湖港交织,水域面积占全市面积的 1/4。作为长江中下游城市群的重要组成部分,几十年间武汉市的建设用地面积剧增,导致原本的城市自然生态环境受到破坏,严重影响了城市的健康发展与市民的生活质量。为更直观的探究武汉市城市土地利用的演化过程与趋势,以便为武汉市土地资源优化配置提供参考性意见,本文选取武汉市外环线以内区域(主城区)为研究对象。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源及预处理

2.1.1 数据来源 研究数据包括 Land-sat TM 遥感影像数据、数字高程数据(DEM 数据)、路网等基础地理数据。Land-sat TM 遥感影像数据通过中国科学院资源环境科学数据中心网站(<http://www.resdc.cn>)获得,用于提取研究区内 1970—2015 年间多期土地利用数据。DEM 数据通过地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn>),用于提取研究区域内 2015 年坡度数据,以制作土地利用变化预测研究的空间约束条件。基础地理信息数据通过国家基础信息中心的全国基础地理数据库获取武汉市

[收稿日期] 2020—12—20

[基金项目] 国家自然科学基金(51778251);大学生创新创业训练计划项目(X202010500115)

[第一作者] 林 凯(1998—),男,山东省烟台人,湖北工业大学本科生,研究方向为城乡规划

[通信作者] 李雪松(1964—),女,辽宁沈阳人,湖北工业大学副教授,研究方向为生态城市

2015 年各级行政边界、铁路、公路等方面数据,同样用于制作土地利用变化预测研究的空间约束条件。

2.1.2 数据预处理 由于受传感器自身特征、大气、地形等因素影响会导致遥感影像产生辐射误差,所以本文首先利用 ENVI 对研究区域内 Land-sat TM 遥感影像数据进行波段组合、几何纠正、影像拼接、裁剪及土地利用数据监督分类等操作,获得 1970—2015 年间多期武汉市主城区土地利用数据,土地利用数据的用地具体分类为耕地、林地、草地、水域、建设用地、其他用地,再基于 GIS 将土地利用数据重采样为 100 m×100 m 分辨率。坡度数据则由 ArcGIS 通过 DEM 数据提取得到。

2.2 研究方法

2.2.1 GIS 空间分析 地理信息系统(GIS),是用于采集、存储、管理、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机软硬件系统,拥有强大的空间数据管理和处理能力,是地理学、地图学、遥感和计算机科学的有机结合,在多个领域中被广泛运用。本文将基于 GIS 空间统计与可视化功能,分析研究区域内不同年份用地类型间变化的转换空间与数量特征,以探讨武汉市 1970 年至 2015 年间土地利用变化特征。

2.2.2 ANN-CA 模型 ANN-CA 模型即人工神经网络(ANN)和元胞自动机模型(CA)的耦合,该模型兼具 ANN 的非线性复杂系统能力优势和 CA 对复杂空间变化的动态模拟能力。该模型分为数据输入、隐藏层、计算发展可能性三个层次,其运行原理是基于人神经网络进行训练和模拟,在训练过程中利用所输入的训练数据计算出模型的参数,再将该参数输入到模拟步骤中进行运算。由于该模型结构简单,用户转换规则及参数自动生成,能够有效反映空间变量之间复杂的关系,十分适用于模拟非线性和复杂的土地利用格局演变。

3 武汉市主城区土地利用演变特征分析

3.1 武汉市主城区土地利用变迁分析

本部分研究以武汉市主城区(外环线以内区域)为研究对象,对 1970—2015 年间武汉市主城区遥感影像进行编译处理,并基于 GIS 空间统计与可视化功能得到不同年份土地利用数据,然后计算各个变化用地类型的面积,最后在 Excel 中计算得到土地利用演变结果:1970—2015 年武汉市主城区土地利用状况统计表(表 1)。

表 1 1970—2015 武汉市主城区土地利用状况统计							km ²
用地种类	年份						
	1970	1980	1995	2000	2005	2010	2015
耕地	1360.31	1193.15	1115.11	1094.33	1011.40	816.44	718.24
林地	71.09	66.38	65.89	65.89	62.52	58.74	59.29
草地	42.84	36.92	37.12	36.13	32.62	38.91	41.22
水域	509.54	655.28	680.23	692.02	674.57	667.70	631.92
建设用地	242.98	291.72	344.04	360.17	468.49	673.28	804.44
未开发用地	43.85	27.35	28.41	22.26	21.20	15.54	15.50

由表 1 可知:近 40 年来,主城区内土地利用结构变化显著,其中 1970—2015 年建设用地增加 561.46 km²,新增面积达原有建设用地的 2.31 倍。1970—2000 年间土地利用转换速度较慢,30 年间建设用地增长 48%,2000—2005 年间建设用地增长面积高达 108.32 km²,增幅达 1970 年面积的 44.6%。2005—2010 年建设用地面积增加达 204.79 km²,为 1970 年面积的 84.3%,呈现大幅增长的态势。2010—2015 年城市建设用地面积增长 131.16 km²,为 1970 年面积的 53.9%,呈现减缓趋势。

1970—2015 年间水域面积呈先增后减的趋势:水域面积增加了 122.38 km²,增幅达 24.0%。其中 1970—2000 年水域面积呈现上升趋势,30 年间水域面积增长了 182.48 km²,2000—2015 年 15 年间水域面积下降了 60.1 km²。1970—2015 年间草地面积先减后增,终为小幅下降。2015 年草地面积较

1970 年下降 1.62 km²,降幅仅为原面积的 3.8%。其中 1970—2005 年草地面积下降了 10.22 km²,2005 年—2015 年草地面积则出现回升,10 年间面积增加 8.6 km²。

耕地、林地及未开发用地在 1970—2015 年间呈现下降趋势,45 年间用地面积分别下降 642.07 km²、11.8 km²、28.35 km²,降幅分别为 47.2%、16.6%、64.6%。由此可见,耕地面积流失量最大,未开发用地则流失速度最快。耕地面积在 2000—2010 年间耕地呈现大幅流失的趋势,10 年间耕地面积就流失了 277.89 km²,超过了 1970—2000 年 30 年间流失的总量(265.95 km²)。在 2010—2015 年间,耕地流失逐渐放缓,5 年间耕地面积下降 98.2 km²。农耕用地面积“先缓慢下降,后大幅下降,再放缓下降”的趋势还与建设用地“先缓慢增长,后快速增长,再放缓增长”的趋势基本对应。由此可

知 1970—2015 年间武汉市主城区飞速扩张的同时也伴随着大量耕地的消失,可见主城区内耕地保护与经济发展、城市扩张之间存在较大矛盾。

由图 1 可知,由于 1970 年后的武汉城市发展以建设生产性的大工业城市为目标,因此城市用地扩张主要受工业用地大规模扩张的影响,城市格局一改沿长江、汉水、长江大桥、汉水桥的线型分布,逐渐多向延伸^[9],2000 年以后,武汉市主城区主要呈现“摊大饼”式发展,迎合了 1995 年编制的武汉市总体规划中提出的“多中心组团式”规划构想,即以长江、汉水和东西山系为纵横轴,以市内外若干生态绿地和生态走廊相互穿插,构成环状放射型的城市生态空间结构。这种规划构想虽然有一定合理性,但易导致各城市组团之间大片的水域、林草地等生态用地被蚕食,破坏原有的城市景观生态格局。2010—2015 年,武汉市主城区建设已开始放缓,处于快速扩张和寻求稳定发展的交替期。依《武汉 2035 城市转型与规划转型》文中所述,至 2035 年,武汉将处在重要的城市转型期,保持建设用地“适度增长”趋势;预计至 2025 年左右将转为“紧增长”态势,新增建设用地逐渐递减。所以武汉市城市建设能否在 2025 年顺利转为“紧增长”态势,对于后续武汉市能否顺利转向“零增量”,走高质量城市建设的发展路径来说至关重要。

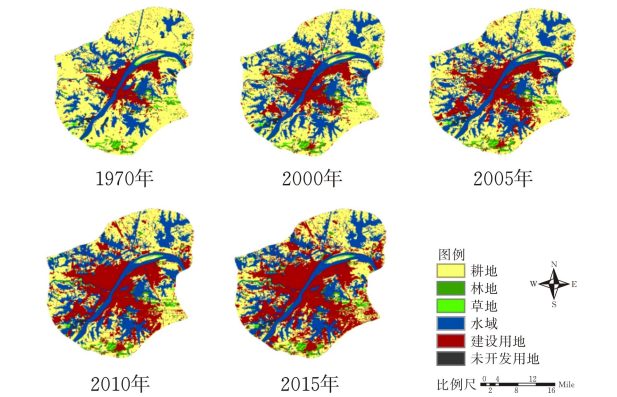


图 1 1970—2015 武汉市主城区(外环线以内区域)土地利用状况

3.2 武汉市主城区土地利用预测模拟

3.2.1 实验流程 实验流程中数据处理部分内容如下

1)使用 GIS 分析工具中的欧式距离工具生成到市镇中心、副中心距离、铁路距离、城市高速路距离、国道距离、省道距离的空间可达性变量,并在重采样为 100 m × 100 m 分辨率后,使用栅格计算器工具将变量归一化后得到空间距离约束条件。

2)使用 GIS 中的裁剪工具对 SRTM-DEM 数据进行处理,获得研究所需区域的 DEM 数据,然后

基于坡度分析工具和重采样工具处理研究区域 DEM 数据得到分辨率为 100 m × 100 m 的研究区域坡度栅格数据,最后对该坡度栅格数据进行归一化操作,得到全局限制约束条件(图 2)。

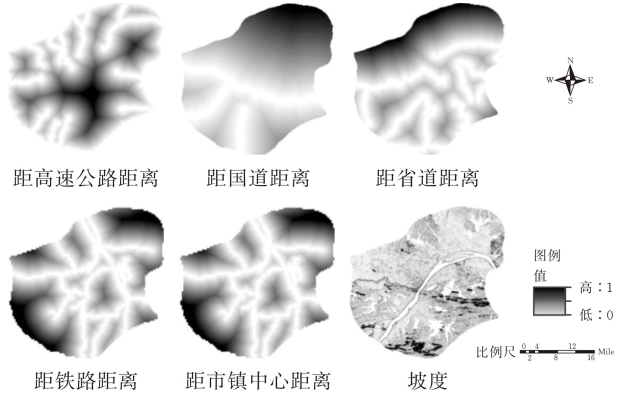


图 2 城市空间约束条件图示

在数据处理完成后,使用系统中的 ANN-CA 模块,在 Arcmap 中加载获得的 1995、2000、2005、2010 年土地利用数据和已制作完成的空间约束条件,进行人工神经网络的训练。经过多次调试,最终确定较为理想的训练参数如下:元胞邻域范围设为 7 × 7,神经元的学习效率设定为 0.2,参与训练的样本数为 20%,迭代次数设置为 1000,最高训练精度可达 91%。

完成人工神经网络(ANN)的训练后进行模拟参数设置,以 2015 年的土地利用数据为起始年份,模拟目标年为 2025 年,并设置转换适宜性矩阵,而由于城市建设用地所在区域土壤性质已发生变化,难以为动植物提供正常土壤可以提供的理化环境,所以在转换矩阵中设置为城市用地难再转换为非城市用地;耕地、林草地、未利用土地、水域等地类则设置为可以转换为城市建设用地。然后将迭代次数设为 1000,扩散参数 α 值为 2,转换阈值为 0.8。由于武汉市城市建设将在 2025 年转为“紧增长”态势,逐渐递减新增建设用地,所以本文将预测转换量设为 24 000,与该发展放缓的发展策略相呼应,完成对武汉市主城区未来的土地利用动态演变的预测。

3.2.2 模拟结果与分析 2015 与 2025 城市土地利用分布(图 3)对比可知,由于东南部省道、铁路等交通设施分布更加密集,交通条件更为便利,较利于城市开发的进行,且东南部现状建设用地分布零散,周围环绕有大量耕地、水域等利于转化为建设用地的土地资源,所以东南方向与建设用地毗邻的地区,大量林地、草地、水域将很易被建设用地侵占。西部区域则是继续以“摊大饼”的形式,基于现有的建设用地分布格局向外扩展,吞并外围的耕地、水域等土地资源。北部区域因为当前建设用地较少,无法形成

较强的建设惯性,城市建设发展将缓慢向外扩张。因此,到 2025 年研究区域内建设用地向西部、东南部扩张的可能性较大,与未来武汉市“1+6”城市空间格局(即一主城+六副城)的发展趋势基本一致。

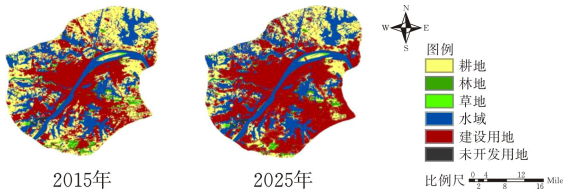


图 3 2015 与 2025 土地利用格局对比

由图 3 可知,建设过程中大量土地资源服务于经济建设,导致主城区土地利用结构遭到了进一步的破坏,而耕地流失的问题也将会进一步加剧。

表 2 是对研究区域各土地利用类型转换量的模

表 2 2015 年 Vs2025 年模拟结果比较

用地种类	2015		2025		变化面积	年均变化率/%
	用地面积/km ²	占比/%	用地面积/km ²	占比/%		
耕地	718.24	0.316	555.60	0.247	−162.64	−2.2
林地	59.29	0.026	45.85	0.020	−13.44	−2.3
草地	41.22	0.018	33.20	0.015	−8.02	−1.9
水域	631.92	0.278	564.78	0.251	−67.14	−1.1
建设用地	804.44	0.355	1041.74	0.462	237.40	2.9
未开发用地	15.50	0.007	12.38	0.005	−3.12	−2.0

4 结束语

本文基于 GIS 与 ANN-CA 耦合的研究方法对武汉市的城市发展过程中土地利用演变特征进行了分析与预测。根据对 1970—2015 的武汉市主城区土地利用演变过程的分析结果可知:在过去武汉市几十年间的快速发展中,由于扩张建设用地有利于快速拉升经济产值,该过程中土地强调经济利益的最大化,导致大量林草地等生态用地被侵占,尤其是以城市周边耕地农田流失为代价。这不但会削弱城市及周边农副业对城市的供给,也在一定程度上破坏了城市周边原有的自然生态平衡,使得生态问题逐渐突出。根据对武汉市主城区 2025 年的预测模拟结果可知,水域、林草地、耕地等用地迅速流失的趋势还会放大,建设用地已经替代了耕地的主导地位,成为主要用地类型,这将进一步导致城市及周边区域土壤结构、土壤微生物成分的变化,使地表物理属性发生改变并直接影响城市气候环境品质,加剧城市能源消耗,对城市的健康发展产生恶劣影响。

所以,武汉市在未来进行城市发展及经济建设的同时要考虑到保护生态环境的需要,首先,对未来可能流失严重的水域、林草地、耕地等用地类型要加强重视与保护;同时推动城市经济增长中运行方式的转变,建立低消耗、低污染的经济发展模式,减缓

拟结果,由表 2 可知,2015—2025 年间,研究区域内土地利用结构变化较为明显:面积减少最多的为耕地,从 718.24 km² 降至 555.60 km²;水域面积从 631.92 km² 减少至 564.78 km²;林地面积从 59.29 km² 减少至 45.85 km²;草地变化较小,从 41.22 km² 减少至 33.20 km²。建设用地增长则从 804.44 km² 增加至 1041.74 km²。其中建设用地转换的主要来源还是耕地,其他来源按转换面积排列依次为水域、林地、草地、未开发用地。随着武汉市经济的进一步发展,城市化步伐不断加快,城镇建设需要耗费大量的土地资源,建设用地不断占用耕地,将使得原本就稀缺的耕地资源更加宝贵,耕地保护和经济发展之间的矛盾愈加激化。

经济发展对耕地、林草地等宝贵土地资源造成的巨大压力;然后加强宣传,提升公众意识,让大众参与到对耕地等用地的保护过程中去。最后,可以使用新一代空间技术及对地观测系统对城市发展过程中土地利用的变化进行监测,以便及时对城市建设中出现的用地结构问题做出应对。本文的实验是采取的自然发展情景模式,选取了六类影响因子,对政策导向作为驱动的要害考虑有限,且在制定元胞转换规则时,对局部区域的特殊情况也涉及较少,研究还有进一步优化的空间。

[参 考 文 献]

[1] 毛蒋兴,闫小培,李志刚,等.快速城市化过程中深圳土地利用变化的自然及人文因素综合研究[J].自然资源学报,2009,24(3):523-535.

[2] HASAN S S, SARMIN N S, MIAH M G .Assessment of scenario-based land use changes in the Chittagong Hill Tracts of Bangladesh[J]. Environmental Development,2020,34:100463.

[3] PARKER D C, MANSON S M, JANSSEN M A, et al. Multi-Agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review[J].Annals of the Association of American Geographers, 2003(2): 314-337

[4] 罗平,杜清运,雷元新,等.城市土地利用演化 CA 模型的扩展研究[J].地理与地理信息科学, 2004, 20(4):

48-51.

[5] 全泉,田光进,沙默泉.基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟[J].生态学报,2011,31(10): 2875-2887.

[6] 周成虎,孙战利,谢一春.地理元胞自动机研究[M].北京:科学出版社,1999.

[7] 王磊,王羊,蔡运龙.土地利用变化的 ANN-CA 模拟研究——以西南喀斯特地区猫跳河流域为例[J].北京大学学报(自然科学版),2012,48(1):116-122.

[8] 范晓锋. 基于 ANN-CA 模型的珲春市土地利用格局模拟研究[D].长春:吉林大学,2016.

[9] 李雪松,陈宏,张苏利.城市空间扩展与城市热环境的量化研究——以武汉市东南片区为例[J].城市规划学刊,2014(3):71-76.

Study on the Evolution of Landuse in the Main Urban Area of Wuhan

LIN Kai, LI Xuesong, YAO Wencui, SHU Yulong, HAN Wei, LIN Shendong, WANG Mengqi
(School of Civil Engin.,Architecture and Environment ,Hubei Univ.of Tech.,Wuhan 430068,China)
Abstract: As the change of land use pattern is a direct reflection of a regional land use pattern, which is very important for the healthy development of a city, the research on the evolution trend of land use pattern has become a hot research direction. Therefore, in order to promote the rational allocation and healthy development of land resources in Wuhan in the future, this paper takes the main urban area of Wuhan as the research object. From both historical and future perspectives, it firstly studies the characteristics of land use evolution in the past 40 years based on GIS spatial statistical analysis, and then establishes ANN CA model to predict the evolution of land use pattern in Wuhan in 2025. The results show that: from 1970 to 2015, the change of land use structure in the main urban area of Wuhan is characterized by a sharp decrease in cultivated land area, an increasing proportion of construction land area, a decrease in woodland and water area, and an increase in grassland. By 2025, the construction land in the study area will mainly expand to the southeast and northwest, and has replaced cultivated land as the main land type.
Keywords: landuse; evolution characteristics; GIS; ANN-CA

[责任编辑: 裴 琴]

(上接第 93 页)

Study on Hysteresis Curve of Phosphate Tailings Improved
Expansive Soil under Different Conditions

GAO Sen, ZHUANG Xinshan, LIN Wanfeng, KOU Qiang
(School of Civil Engin.,Architecture and Environment ,Hubei Univ.of Tech.,Wuhan 430068,China)
Abstract: The hysteresis curve reflects the deformation characteristics, stiffness changes and energy loss of the structure in the repeated stress process, which is the basis for determining the strain resilience model. Through the GDS dynamic triaxial test, the hysteresis curve of phosphate tailings modified expansive soil under different confining pressure, loading frequency and dynamic stress amplitude are studied. The area S of a single hysteresis loop in the hysteresis curve, the major axis slope k of the approximate ellipse of the hysteresis loop, the ratio of the minor axis to the major axis of the hysteresis loop α and the residual strain ϵ_p of a single cycle are used in combination with the strain generated by the cyclic load to conduct quantitative study. The research results show that the hysteresis curve of expansive soil under cyclic loading is inclined ellipse, S and ϵ_p increase with the increase of dynamic strain, and the increase of confining pressure and frequency makes S and ϵ_p decrease; k increases with confining pressure and frequency. And the increase of dynamic strain make the value of k decrease; α decreases with the increase of confining pressure and frequency. Compared with the unimproved expansive soil, the S, α , and ϵ_p values of the phosphate tailings modified expansive soil increased, and the k value decreased.
Keywords: phosphate tailings; expansive soil; dynamic Triaxial test; hysteresis curve; elastic properties

[责任编辑: 裴 琴]