

景区扩容影响下的桂林市土地利用情景模拟与预测

吴振华¹, 俞钦平¹, 王亚蓓¹, 白庆国²

(1.桂林电子科技大学 商学院, 广西 桂林 541000; 2.北京鹏升建筑工程有限公司, 北京 100161)

摘要: [目的] 研究广西壮族自治区桂林市景区扩容对土地利用格局的影响,为应对旅游需求激增带来的风险,整治优化国土空间以及科学引导旅游业发展提供理论参考。[方法] 通过设置常规情景与景区扩容情景,运用核密度分析法以及未来土地利用模拟(FLUS)模型模拟与预测桂林市2025年不同情景下的土地利用格局,并根据逐像元对比及景观指数分析不同情景下的土地利用格局差异。[结果] ①对景区的扩容能够在一定程度上减少桂林市旅游热点区域的游客接待压力,但并不利于旅游热点区域周边区县城镇化的推进。②对景区的扩容有利于阳朔县、兴安县等“增长极”旅游业的发展,并辐射与带动周边的大多区县。建设用地扩张加剧,耕地扩张减缓。而桂林市北部由于建设用地分布较为分散,各区县间的辐射与带动作用相对局限,景区扩容情景下兴安县、全州县、龙胜各族自治县旅游业更迅猛的发展对于资源县与灌阳县的辐射与带动作用并不显著,反而使资源县与灌阳县对建设用地的竞争力相对更低。③景观指数表明,对景区的扩容会导致耕地、林地、草地与灌木等农业与生态空间遭到更严重的干扰与侵占,但对于水体与湿地的保护更有利,建设用地的扩张也更具体性。[结论] 桂林市对景区扩容工作的推进会降低旅游热点区域的游客接待压力,促进“增长极”及周边大多区县旅游业的发展,但并不利于热点区域周边以及较为偏远、不在各区县相互辐射范围内区域的发展。

关键词: 土地利用; 情景模拟; FLUS模型; 景观指数; 供给侧

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2022)05-0131-09

中图分类号: F592.7, F301.2

文献参数: 吴振华, 俞钦平, 王亚蓓, 等. 景区扩容影响下的桂林市土地利用情景模拟与预测[J]. 水土保持通报, 2022, 42(5): 131-139. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.05.017; Wu Zhenhua, Yu Qinqing, Wang Yabei, et al. Scenario simulation and prediction of land use patterns in Guilin City considering impact of scenic spot expansion [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(5): 131-139.

Scenario Simulation and Prediction of Land Use Patterns in Guilin City Considering Impact of Scenic Spot Expansion

Wu Zhenhua¹, Yu Qinqing¹, Wang Yabei¹, Bai Qingguo²

(1. Business School, Guilin University of Electronic Technology, Guilin, Guangxi
541000, China; 2. Beijing Pengsheng Construction Engineering Co., Ltd, Beijing 100161, China)

Abstract: [Objective] The impact of scenic spot expansion on the land use pattern of Guilin City, Guangxi Zhuang Autonomous Region was analyzed in order to provide a theoretical reference for coping with the risks brought by a surge in tourism demand, leading to reasonable urban land planning and scientifically guiding the development of tourism. [Methods] The nuclear density analysis method and the future land use simulation (FLUS) model were used to predict and simulate the land use pattern of Guilin City in 2025 under a conventional scenario and under a scenario with scenic spot expansion. Differences in land use patterns between the two scenarios were analyzed by pixel comparison and by landscape indices. [Results] ① Scenic spot expansion will reduce the reception pressure in tourism hot spots in Guilin City, but it would not be conducive to the urbanization of districts and counties close to the tourism hot spots. ② Scenic spot expansion would be conducive to the development of tourism in “growth poles”, such as Yangshuo and Xing’an County, and the influence

收稿日期: 2022-01-02

修回日期: 2022-03-30

资助项目: 国家自然科学基金项目“三元主体视角下的城市住宅用地增值过程与收益分配研究”(71163008)。

第一作者: 吴振华(1972—), 男(汉族), 河北省唐山市人, 博士, 教授, 主要从事土地规划、管理与利用方面的研究。Email: www331751274@163.com。

通信作者: 俞钦平(1996—), 男(汉族), 浙江省宁波市人, 硕士研究生, 研究方向为土地规划、管理与利用。Email: 1263115528@qq.com。

of the “growth poles” would also impact most surrounding districts and counties, resulting in a greater expansion of construction land, but a smaller expansion of cultivated land. However, due to the scattered distribution of construction land in the north part of Guilin City, the radiations and driving factors among districts and counties would be relatively limited. Under the scenic spot expansion scenario, more rapid development of tourism in Xing'an, Quanzhou, and Longsheng County had no significant radiation and driving effects on tourism in Ziyuan and Guanyang County, but made these areas less competitive in construction land. ③ The landscape indices showed that scenic spot expansion would lead to more serious disturbance and occupation of agricultural and ecological space such as cultivated land, forest land, grassland, and shrubland. However, scenic spot expansion would promote protection of water bodies and wetlands, and the expansion of construction land would be more integrated. [Conclusion] Scenic spot expansion in Guilin City would reduce the reception pressure in tourism hot spots and promote the development of tourism in “growth poles” and most regions surrounding the “growth poles”. However, scenic spot expansion would not be conducive to the development of areas around tourism hot spots and areas that are relatively remote and not within the radiation ranges.

Keywords: land use; scenario simulation; future land use simulation (FLUS) model; landscape index; supply-side

旅游活动由于以自然环境为载体、以人类活动为主体,已成为影响土地利用和生态格局的重要途径之一^[1]。近年来随着人们生活水平的不断提高,对旅游休闲的需求急剧增长,旅游业发展迅速,旅游消费进一步升级,这虽然加快了新型城镇化的进程,但景区游客量逐年上升、环境容量趋于饱和以及城市快速扩张侵占农业与生态空间等负面影响也逐渐显现^[2-3]。因此在环境、资源保护和旅游业发展间的矛盾日渐激化的背景下,如何缓解旅游需求激增带来的负面影响、协调人地关系以及维持旅游业的发展可持续便成了极具价值的研究命题。

目前,由旅游活动增加而导致的城市土地利用格局变化已受到了国内外学者的广泛关注,McMurry^[4]在 20 世纪 30 年代就提出了旅游业发展与土地利用变化的关系问题,随后众多学者结合不同类型的土地资源总结出了基于休闲娱乐活动、出游距离、旅游度假村等不同因素主导下的土地利用模式^[5-6],有学者在此基础上又将研究目光转向了面向特定旅游需求的土地利用优化问题^[7]。近年来,关于某一地区旅游业兴起导致的区域产业结构变化、乡村振兴以及新型城镇化对土地利用格局的影响逐渐成为学者们的研究焦点,如 Lanya 等^[8]研究发现巴厘岛苏巴克地区由于旅游业的兴起,许多耕地都被改造为旅游住宿,胡可等^[9]发现伴随着游客数量的激增,北京市西庄村的土地利用正由传统的农业生产居住用地向多功能的旅游、商服用地转变。此外,城市旅游业高速发展导致的低密度住宅区蔓延^[10-11]、生态环境破坏^[12-13]、旅游区土地利用冲突加剧^[14-15]等问题也引起了国内外学者的较多关注。

而在应对策略方面,通过新增游览项目、拓展游览空间、联合分散旅游区、完善周边区域旅游服务功

能等途径对景区进行扩容来增加旅游承载力被证明是缓解旅游供需矛盾的有效途径之一,许多学者认为这不仅是对游客游览选择与体验的扩充,也是对旅游需求的一种有效引导^[16-17]。由于旅游景区的产业功能在旅游消费链中处于核心地位,受游客旅游消费多元化及游客市场溢出效应等影响,扩容后景区周边酒店、餐饮等服务行业的规模将进一步扩大,呈现出更强的产业集群效应,人口结构、就业结构调整以及生产资源的重新分配也随之发生,这在空间维度上具体表现为产业的转移、城镇空间及用地布局的调整等^[18-19]。因此对景区的扩容一方面能够通过提升游客游览某一景区的机会成本促使游客分流,减小旅游热点区域的游客接待压力,另一方面扩容景区周边的建设用地在更大的供需双重驱动下利用效率得到提升,但同时也展现出更强的扩张态势,农业及生态空间被破坏与侵占的风险加剧^[20-21]。

通过对国内外文献的梳理,可以发现关于旅游活动增加对土地利用格局影响的研究大多是从旅游需求侧的变化出发,而从供给侧变化出发的研究却较为稀少。因此本文以广西壮族自治区桂林市为例,分别设置常规情景与景区扩容情景,运用核密度分析以及 FLUS 模型,研究通过对景区进行扩容来增加旅游承载力以缓解旅游供需矛盾的供给侧变化对城市土地利用与生态格局的影响,为城市空间与土地利用规划的制定提供参考与借鉴。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

桂林市位于南岭山系西南部,湘桂走廊南端,广西壮族自治区东北部,地理位置 109°36'50"—111°29'30"E,24°15'23"—26°23'30"N,属于亚热带季

风气候,雨水充沛,植被覆盖度高,下辖 6 区 10 县,代管 1 个县级市,总面积 $2.78 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。截至 2020 年 11 月 1 日 0 时,该市常住人口 4.93×10^4 人。桂林市以漓江水系与喀斯特地貌闻名世界,全市共有 4 个 5A 级景区,42 个 4A 级景区,旅游资源丰富,是世界著名风景游览城市、万年智慧圣地、首批国家历史文化名城,赋有“桂林山水甲天下”的美誉。2020 年以来,桂林市进一步突出文化旅游的战略地位,截至 2020 年 12 月,桂林市文化旅游产业的自治区层面统筹推进重大项目共 42 个,推动 2025 年“世界一流国际旅游胜地”的全面建成。

1.2 数据来源与预处理

本文选用的 2010, 2015, 2020 年桂林市 Landsat 8 遥感影像来自地理空间数据云平台 (<http://www.gscloud.cn>), 空间分辨率 30 m。桂林市高程、坡度等自然环境数据来源于 GDEM V3 数据集。桂林市河流与湖泊、铁路、公路、行政中心空间分布等基础地理信息数据来源于 OpenStreetMap (<https://www.openhistoricalmap.org>)。社会经济数据中的人口分布数据来源于 WorldPop (<https://www.worldpop.org>), 并以“珞珈一号”夜间灯光数据表征经济的空间分布^[22]。桂林市 2020 年的“风景名胜”POI 数据来源于高德地图 Web 服务, 旅游重大项目的分布数据来源于广西壮族自治区发展和改革委员会的公开信息。桂林市基本农田、生态环境安全控制区、禁止建设区等保护区空间分布数据来源于《桂林市土地利用总体规划(2006—2020)》, 经扫描并在 Arcmap 中进行高精度地理配准后, 通过跟踪矢量化获取。

2 研究方法与模型检验

2.1 研究方法

2.1.1 核密度分析法 核密度分析法是一种非参数密度估计的统计方法, 是冷热点识别与分析的一种探测性方法^[23]。本文选取的核密度函数:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K_n \left(\frac{x - x_i}{h} \right) \quad (1)$$

式中: $f(x)$ 表示空间位置 x 处的核密度值; n 表示分析范围内的样本数; h 表示范围阈值; K_n 表示核函数; $x - x_i$ 表示点 x 与点 x_i 间的距离。

2.1.2 未来土地利用变化模拟模型(FLUS) FLUS 模型由预测模型、人工神经网络(ANN)与元胞自动机(CA)共同构成, 可用于模拟与预测自然、经济、社会等多重影响下的土地利用变化。而轮盘竞争机制的加入使 FLUS 模型不仅能够综合考虑自然、经济与社会的影响, 还能够考虑其他非优势土地利用类型的

分配机会, 因而在不同尺度及不同地貌特征的土地利用和城市扩张模拟中均获得了较为优良的结果^[24-25]。

本文采用 Markov 链来预测未来各土地利用类型的规模, 通过 ANN 模型整合多方面的驱动因子建立各土地利用类型出现的概率同驱动因子间的关系, 得到各土地利用类型的适宜性概率分布, 其中 ANN 模型包含 1 个输入层、1 个隐藏层及 1 个输出层, 激活函数为 Log-Sigmoid 函数, 隐藏层神经元数量为 14, 并选取均方误差作为损失函数, 采用 Adam 优化器迭代至均方误差小于 0.05 时完成训练。

CA 模型结合各土地利用类型的适宜性分布概率、各土地利用类型间的邻域作用、转换成本、限制发展的保护区域以及自适应惯性系数, 通过轮盘竞争与反复迭代不断逼近各土地利用类型的目标规模来实现对目标期各土地利用类型空间分布的合理化配置。邻域作用能够反映邻域范围内不同土地利用类型单元间的相互影响, 公式如下:

$$\Omega_{p,k}^t = \frac{\sum_{N \times N} \text{con}(c_p^{t-1} = k)}{N \times N - 1} \times w_k \quad (2)$$

式中: $\Omega_{p,k}^t$ 表示土地利用类型 k 在 t 时刻对栅格 p 的邻域作用; $\sum_{N \times N} \text{con}(c_p^{t-1} = k)$ 表示在 $N \times N$ 摩尔邻域范围中土地利用类型 k 在 $t-1$ 时刻所占据的栅格总数; w_k 表示土地利用类型 k 的邻域权重。自适应惯性竞争机制是依据某一土地利用类型当前规模与目标规模之间的差距, 在迭代中自适应地调节惯性系数, 从而使各土地利用类型的规模向目标规模不断逼近, 公式如下:

$$I_k^t = \begin{cases} I_k^{t-1} & (|D_k^{t-1}| \leq |D_k^{t-2}|) \\ I_k^{t-1} \times \frac{D_k^{t-2}}{D_k^{t-1}} & (D_k^{t-1} < D_k^{t-1} < 0) \\ I_k^{t-1} \times \frac{D_k^{t-1}}{D_k^{t-2}} & (0 < D_k^{t-2} < D_k^{t-1}) \end{cases} \quad (3)$$

式中: I_k^t 表示土地利用类型 k 在 t 时刻的自适应惯性系数; D_k^{t-1} 与 D_k^{t-2} 分别表示 $t-1$ 时刻与 $t-2$ 时刻土地利用类型 k 当前规模与目标规模之间的差距。最后, 通过计算综合概率并根据轮盘竞争机制确定本次迭代中出现在栅格 p 上的土地利用类型。综合概率的计算公式如下:

$$\text{TProb}_{p,k}^t = P_{p,k} \times \Omega_{p,k}^t \times I_k^t \times (1 - sc_{c \rightarrow k}) \quad (4)$$

式中: $\text{TProb}_{p,k}^t$ 表示栅格 p 在 t 时刻从土地利用类型 c 转变为土地利用类型 k 的综合概率; $P_{p,k}$ 表示土地利用类型 k 在 t 时刻出现在栅格 p 上的适宜性概率; $(1 - sc_{c \rightarrow k})$ 表示由土地利用类型 c 转变为土地利用类型 k 的困难程度。

2.1.3 精度验证与对比评估模型 本文采用 OA 系数、kappa 系数与 FoM 系数来评价 FLUS 模型的模拟精度,并通过调整 FLUS 模型的相关参数来提升模拟精度^[26-27]。此外,本文通过逐像元对比不同情景下模拟与预测的土地利用格局,并从各土地利用类型斑块的形状、破碎化程度以及聚集度 3 个方面分别选取景观形状指数(LSI)、斑块密度(PD)、斑块平均面积(AREA_MN)、相似临近百分比(PLADJ)以及聚

集度指数(AI)对不同情景下的土地利用格局进行评估^[28-29]。

2.2 土地利用变化驱动因子选取

由于土地利用格局的变化受到多方面因素的共同驱动,因此本文综合已有研究对于土地利用变化驱动因子的选择并结合桂林市旅游业较为发达的特征,从自然、经济、社会、交通、区位及旅游 6 个方面选取 12 个驱动因子来解释土地利用的变化,具体见表 1^[30-31]。

表 1 土地利用变化驱动因子说明

| 数据类别 | 数据名称 | 分辨率/m | 年份 | 意 义 |
|------|-----------|-------|------|--------------------|
| 自然因子 | 高 程 | 30 | 2019 | 评估自然地形对土地利用的影响 |
| | 坡 度 | 30 | 2019 | |
| | 距河流湖泊距离 | 30 | 2020 | 评估水系邻近度对土地利用的影响 |
| 经济因子 | 夜间灯光强度 | 130 | 2018 | 评估经济要素对土地利用的影响 |
| 社会因子 | 人口密度 | 100 | 2020 | 评估人口分布对土地利用的影响 |
| 交通因子 | 距铁路距离 | 30 | 2021 | 评估铁路及公路邻近度对土地利用的影响 |
| | 距高速公路距离 | 30 | 2021 | |
| | 距国道省道距离 | 30 | 2021 | |
| 区位因子 | 距市中心距离 | 30 | 2021 | 评估行政中心邻近度对土地利用的影响 |
| | 距区中心距离 | 30 | 2021 | |
| 旅游因子 | 距风景名胜距离 | 30 | 2020 | 评估景区扩容对土地利用的影响 |
| | 距旅游重大项目距离 | 30 | 2021 | |

2.3 情景设置

本文具体的情景设置如下:在常规情景下,桂林市 2020—2025 年的旅游发展将延续 2015—2020 年的趋势,旅游资源仍集中分布于漓江流域与兴安县,漓江流域与兴安县的景区仍是游客的首要选择,其余优质旅游资源的利用效率均处于较低水平,本文在此情景下选取除“距旅游重大项目距离”以外的其他 11 个驱动因子通过 FLUS 模型对桂林市 2025 年的土地利用格局进行模拟与预测;在景区扩容情景下,桂林市 2020—2025 年的旅游发展不仅大力推进漓江流域与兴安县景区的扩容工作,也致力于对桂林市东北部、东部、南部的景区进行扩容,游客拥有了更多的选择,向着其他优质景区分流,本文在此情景下选取所有 12 个驱动因子进行桂林市 2025 年的土地利用格局模拟与预测。

2.4 参数调整与模型精度检验

在对桂林市 2025 年的土地利用格局进行模拟与预测前,需要对 FLUS 模型进行精度检验,并调整参数使模型的模拟精度达到较高水平。通过反复调试,本文最终根据各土地利用类型的历史转移规模设置邻域权重(表 2)^[32]。本文结合土地利用转移矩阵,最终确定桂林市各土地利用类型转换的成本矩阵(表 3)^[33]。

通过参数调整,本文运用 FLUS 模型以桂林市 2010 与 2015 年的土地利用数据来模拟 2020 年的土地利用格局,并将模拟结果与 2020 年的真实格局进行比较,精度检验结果如下:通过 Markov 链预测得到的耕地、林地、草地与灌木、水体与湿地以及建设用地规模与真实规模的偏差分别为-4.47%,0.51%,2.43%, -0.43%,2.64%,而通过 FLUS 模型模拟与预测得到的土地利用格局与真实格局相比,OA 系数为 96.03%,kappa 系数为 0.92,FoM 系数为 0.09。总体来看,Markov 链的预测结果中所有土地利用类型误差率的绝对值均不超过 5%,整体较优^[28];FLUS 模型模拟结果的 OA 与 kappa 系数达到较高水平,而 FoM 系数虽然相对较低,但该结果是可接受的,主要原因是:由于 FoM 系数会受到样本时间跨度的影响,即长期模拟结果的 FoM 系数很可能高于短期模拟结果^[24,34-35]。

表 2 土地利用类型历史转移规模邻域权重

| 项 目 | 耕 地 | 林 地 | 草地与 灌 木 | 水体与 湿 地 | 建 设 用 地 |
|----------------------|--------|---------|------------|------------|------------|
| 规模变化/km ² | 294.74 | -413.24 | -0.76 | 0.51 | 118.75 |
| 邻域权重 | 1.00 | 0.00 | 0.58 | 0.58 | 0.75 |

表 3 桂林市各土地利用类型转换成本矩阵

| 土地利用类型 | 耕地 | 林地 | 草地与灌木 | 水体与湿地 | 建设用地 |
|--------|----|----|-------|-------|------|
| 耕地 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 林地 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 草地与灌木 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 水体与湿地 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 建设用地 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

注:0 表示不允许转换,1 表示允许转换。

3 结果与分析

3.1 核密度分析结果

本文于 2020 年 11 月通过高德地图 Web 服务获取桂林市“风景名胜”大类下的 1 511 条 POI 数据,核密度如图 1a 所示。从中可以看出,目前桂林市的旅游资源多集中于漓江流域及兴安县,而其余诸如资源

八角寨景区、全州湘江战役红色旅游遗址群等优质的旅游资源并未得到高效利用。此外,由于全州县游客集散中心项目、湘江战役红色旅游遗址群项目等“自治区层面统筹推进重大项目”能够较好地涵盖新增游览项目、拓展游览空间、联合分散旅游区、完善周边区域旅游服务功能等实现景区扩容的途径且具有工程体量较大、代表性与影响力较强等特性,因此为了分析桂林市景区扩容对未来土地利用格局的影响,本文选取了 2016—2021 年列入“自治区层面统筹推进重大项目”且至 2020 年底仍未竣工但至 2025 年基本竣工的 29 个桂林市旅游重大项目来表征桂林市未来景区扩容工作的重点区域,空间分布核密度如图 1b 所示。从中可以看出,景区扩容工作的重点仍集中于漓江流域与兴安县,但桂林市东北部、东部、南部的景区也得到了很大程度的开发。

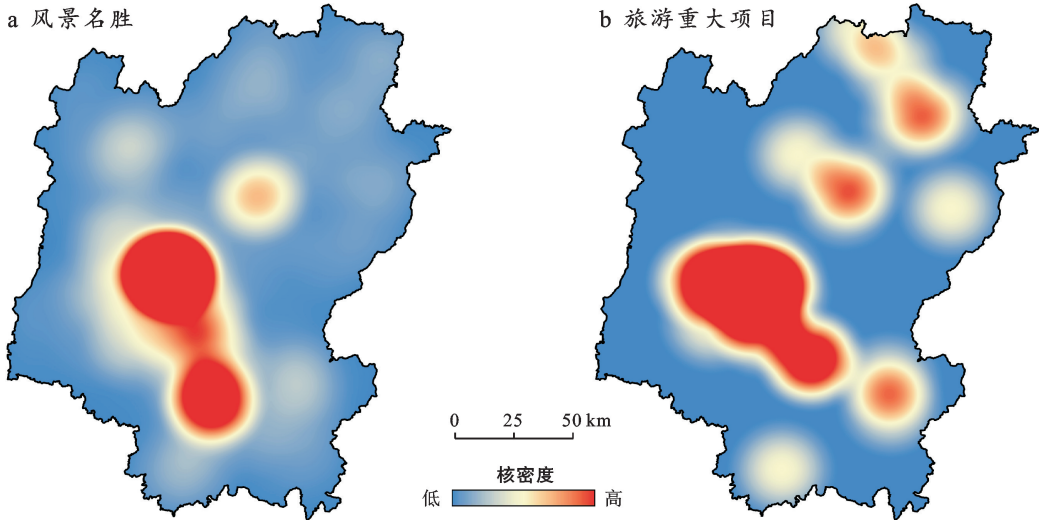


图 1 桂林市现有旅游资源与旅游重大项目空间分布核密度

3.2 2025 年桂林市土地利用情景模拟与预测

本文根据 FLUS 模型预测得出的桂林市 2025 年各土地利用类型的规模如表 4 所示。从表 4 中可以看出,若继续维持 2015—2020 年的发展趋势,至 2025 年桂林市的林地、草地与灌木等自然资源将持续减少,而水体与湿地在保护政策的影响下有所扩张,耕地与建设用地将继续呈扩张态势,侵占生态空间。

桂林市 2020 年的实际土地利用格局、模拟与预测得到的 2025 年常规情景与景区扩容情景下的土地利用格局如图 2 所示。通过对比可以发现相比于 2020 年的土地利用格局,在 2025 年的两种情景下,建设用地均以大量侵占耕地与林地的方式从建成区向外大量扩张,而耕地在被建设用地大量侵占的同时,也以侵占林地、草地与灌木的方式向外扩张。

表 4 桂林市 2015—2025 年土地利用类别规模对比 km²

| 项 目 | 土地利用类型面积 | | | | |
|------------|----------|-----------|----------|--------|----------|
| | 耕地 | 林地 | 草地与灌木 | 水体与湿地 | 建设用地 |
| 2015 年实际规模 | 4 249.04 | 18 935.52 | 3 255.28 | 203.33 | 1 049.14 |
| 2020 年实际规模 | 4 543.77 | 18 522.28 | 3 254.52 | 203.84 | 1 167.89 |
| 2025 年预测规模 | 4 823.51 | 18 121.83 | 3 251.26 | 204.40 | 1 291.31 |

为了细致地对比 2025 年两种情景下的土地利用格局差异,本文选取了 6 个子区域进行放大观察。通过对比分析可以发现对景区的扩容可以有效降低旅游热点区域的游客接待压力,桂林市中心城区、临桂区、灵川县等旅游热点区域的建设用地相比于常规情景扩张程度更低,在一定程度上缓解了对耕地的侵占(图 2 中的③);而相比于常规情景,作为“旅游增长极”,有一定热度、基础设施较为完备的阳朔县与兴安县旅游业的发展在景区扩容情景下得到了进一步的强

化(图 2 中的②,⑥);而“增长极”周边的大部分区县得益于当地景区的扩容以及周边区县旅游业发展的辐射与带动作用,建设用地相比于常规情景扩张程度更高,而耕地由于建设用地的快速扩张被大量侵占,相比于常规情景扩张程度较低(图 2 中的①,⑤)。然而,值得注意的是,诸如永福县等靠近热点区域的区县,在景区扩容情景下由于热点区域的游客接待压力减弱,因而相比于常规情景,客流量较少,旅游业发展较缓慢,建设用地与耕地扩张程度均相对较小(图 2 中的④)。

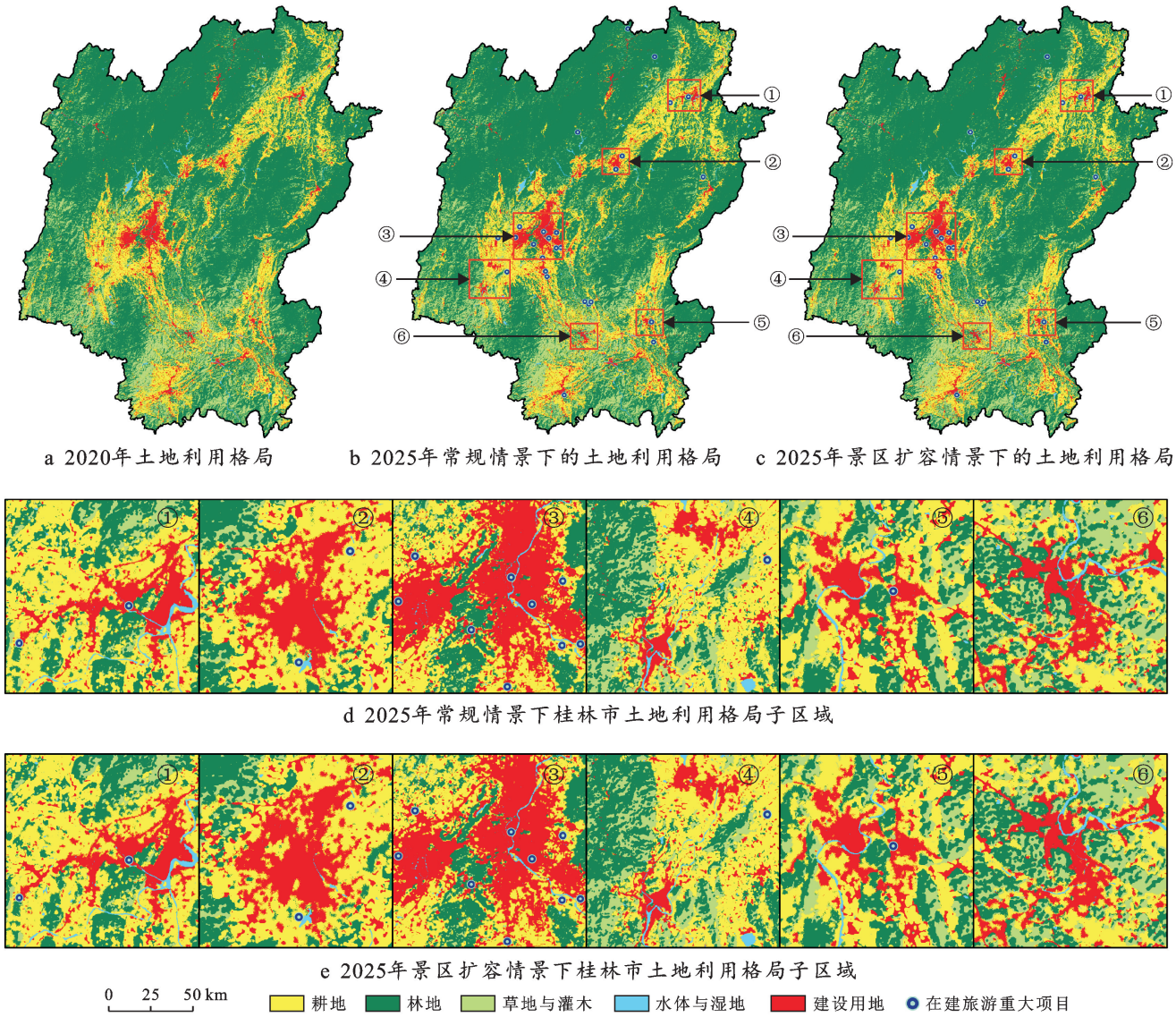


图 2 2025 年不同情景下桂林市土地利用格局

为了更直观地对比两种情景下建设用地与耕地的分布,本文统计了桂林市各区县在 2025 年两种情景下建设用地与耕地规模相比于 2020 年的增长率(图 3)。通过分析图 3 得出的结论与对图 2 的观察结果基本一致。然而值得注意的是,在景区扩容的情景下,桂林市北部资源县与灌阳县建设用地的扩张程度相比于常规情景均有所下降。可能的原因是不同于

南部各区县建设用地分布较为紧密,北部各区县建设用地的空间分布相对分散,导致北部各区县间的辐射与带动作用相对局限,虽然兴安县、全州县、龙胜各族自治县旅游业在景区扩容情景下的发展更迅猛,但是对资源县与灌阳县的辐射与带动作用并不显著,资源县与灌阳县相比于周围高速发展的区县,对于建设用地资源的竞争力相对更低。

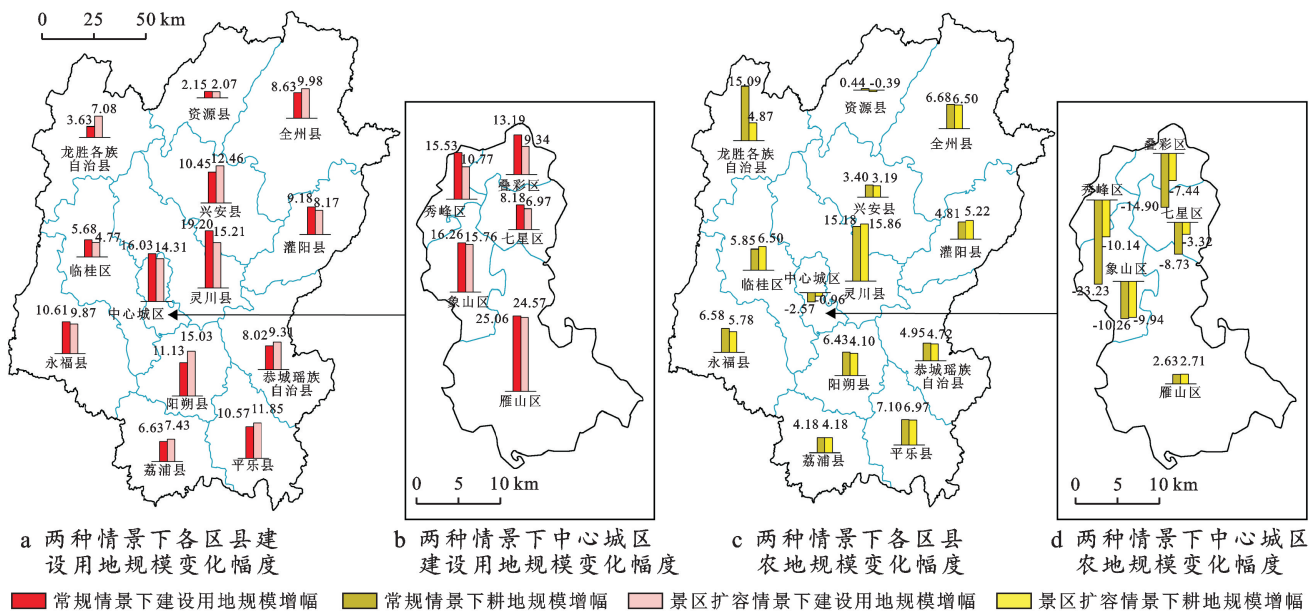


图 3 两种情景下 2025 年桂林市各区县建设用地与耕地增长率统计

3.3 景观指数评估结果与分析

为了进一步分析景区扩容对土地利用格局的影响,本文选取 5 个景观指数分别对桂林市 2025 年常规情景及景区扩容情景下土地利用格局进行评估,结果见表 5。从表 5 中可以看出,景区扩容情景与常规情景相比,在生态空间方面,林地、草地与灌木的形状更为复杂、分布更为分散,虽然林地的破碎化程

度降低,但草地与灌木的破碎化加剧,综合来看,两者受到建设用地与耕地的侵占更为严重;而水体与湿地由于受到人为干扰更少,因而斑块形状更为规则、破碎度更小、分布更为集中;在农业空间方面,耕地受到建设用地的侵占更为严重,导致斑块形状更为复杂、破碎度更大、分布更为分散;而建设用地的整体性得到提升,斑块的形状更为规则、破碎度更小、分布更为集中。

表 5 不同情景下桂林市土地利用格局景观指数对比

| 景观指数 | 常规情景 | | | | | 景区扩容情景 | | | | |
|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | 耕地 | 林地 | 草地与灌木 | 水体与湿地 | 建设用地 | 耕地 | 林地 | 草地与灌木 | 水体与湿地 | 建设用地 |
| LSI | 193.80 | 148.95 | 238.47 | 67.13 | 157.33 | 194.42 | 149.83 | 240.19 | 67.07 | 157.06 |
| PD | 0.49 | 0.50 | 1.04 | 0.06 | 0.54 | 0.51 | 0.50 | 1.06 | 0.06 | 0.53 |
| AREA_MN | 21.46 | 79.47 | 6.87 | 6.94 | 5.26 | 20.93 | 79.61 | 6.75 | 6.97 | 5.34 |
| PLADJ | 91.63 | 96.68 | 87.45 | 85.90 | 86.86 | 91.60 | 96.66 | 87.36 | 85.91 | 86.89 |
| AI | 91.67 | 96.70 | 87.50 | 86.08 | 86.94 | 91.64 | 96.68 | 87.41 | 86.09 | 86.96 |

4 讨论与结论

4.1 讨论

在土地利用格局变化方面,对比桂林市域范围内已有的对土地利用格局变化的早期研究,其中罗楠等^[36]以包含桂林市区及部分兴安县、灵川县、阳朔县乡镇在内的漓江流域为研究区,认为 2001—2016 年漓江流域的土地利用格局变化在旅游业的发展下整体表现为林地、建设用地持续增加,耕地快速减少,水体与湿地、草地与灌木的规模小幅波动。在罗楠等提出的研究结论中,虽然建设用地以侵占林地和耕地的方式不断扩张,而草地与灌木、水体与湿地规模基本维持不变的结论在本文中得到了很好的验证,但林地与耕地规模的变化趋势却与本文的分析不一致。而

袁承程等^[37]通过研究多个城市 2009—2018 年耕地的时空变化,认为城镇化的推进仍是当前耕地减少的主导因子,耕地减少主要分布在距离主要城市中心 30 km 以内的区域,而耕地增加主要发生在离城市中心 40 km 以外区域,因此罗楠等的研究在耕地与林地规模变化上与本文结论不一致的原因可能在于漓江流域作为旅游热点区域,旅游城镇化高速推进,建设用地规模近年来急剧扩张,在极大程度上挤占了农业空间,而在远离旅游热点的区域,仍然存在耕地通过侵占林地的方式实现规模的增加。在本文图 3 模拟与预测得到 2020—2025 年桂林市耕地规模变化中,两种情景下中心城区的耕地规模均有所缩小,而距离中心城区较远区县的耕地规模则均有不同程度的扩大,这印证了袁承程等的研究结论。

在景观指数方面,本文认为对景区的扩容会导致耕地、草地与灌木斑块更破碎且分布更分散,而林地斑块虽然破碎度更小但分布也更分散,水体与湿地、建设用地斑块破碎度更小且分布更集中,这些由景区扩容所带来的景观格局变化与李婷等^[38]在研究中评估旅游开发利用对河北省月岛景观生态功能造成的风险时得出的结论基本一致。这说明包括对景区的扩容在内,旅游业的进一步发展将会导致建设用地斑块集聚程度增强,内部结构更稳定,更趋向于由分散向集中连片式发展,农业与生态空间面临着更大被破坏与侵占的风险。

基于常规情景与景区扩容情景下土地利用变化的模拟与预测结果差异,结合桂林市的旅游业发展现状以及未来趋势,本文提出的相关建议包括:①在积极推进景区扩容的同时,也需要对旅游热点区域周边区县旅游业的发展进行适当的扶持与引导,以减少由于旅游热点区域游客接待压力下降对周边区县旅游业的冲击;②对于建设用地分布较为分散的区域,如桂林市北部,应进一步推动“旅游增长极”由“单极驱动”向“多极协同”的格局转变,提升区域内各区县旅游业发展的协同性;③城市发展边界的划定与生态空间的分级能够与城市规划中的蓝线、绿线、保护区等形成互补,在有效抑制建设用地与耕地的无序蔓延,提升用地效率的同时,也更有助于保护耕地、林地、草地与灌木分布的整体性与聚集性。

本文利用核密度分析方法及FLUS模型,通过设置常规情景与景区扩容情景,初步评估了2020—2025年桂林市景区扩容对土地利用与生态格局的影响,研究结果可以为后续的进一步规划与调整提供一定的参考。同时本文也存在一定的不足,由于选取了“距旅游重大项目距离”作为驱动因子来探究景区扩容对桂林市未来土地利用与生态格局的影响,因而本文建立在所有的旅游重大项目对土地利用与生态格局的空间驱动作用相同的假设之上,并未考虑旅游项目之间存在的异质性。今后的研究将致力于构建一套较为完整的评估指标体系,通过区分各风景名胜以及旅游项目对于土地利用与生态格局空间驱动作用的差异性,进一步评估各景区对城市土地利用格局的影响范围以及景区的高质量升级给土地利用及生态格局带来的影响。

4.2 结论

(1) 对景区的扩容能够在一定程度上减少桂林市旅游热点区域的游客接待压力,将游客向其他优质旅游资源疏导,一方面有利于热点区域耕地资源及生态空间的保护,另一方面也有利于提升其他优质旅游

资源的利用效率。但随着热点区域游客量的减少,旅游热点区域周边的区县对于建设用地与耕地资源的竞争力也会有所下降,并不利于城镇化的推进。

(2) 作为“旅游增长极”,有一定热度、基础设施较为完备的阳朔县与兴安县的旅游业会随着景区的扩容得到更迅猛的发展,“增长极”周边的区县也大多得益于当地景区的扩容以及周边区县的辐射与带动作用,建设用地相比于常规情景扩张程度更高,但更多的耕地被建设用地侵占,耕地的扩张程度较低。此外,不同于桂林市南部各区县的建设用地分布较为紧密,北部各区县由于建设用地分布较为分散,兴安县、全州县、龙胜族自治县的旅游业在景区扩容情景下更迅猛地发展对于资源县与灌阳县的辐射与带动作用并不显著,导致资源县与灌阳县对于建设用地资源的竞争力相对更低。

(3) 景区扩容情景与常规情景相比,耕地、林地、草地与灌木斑块的形状更为复杂、分布更为分散,虽然林地的破碎化程度降低,但耕地、草地与灌木的破碎化加剧;而水体与湿地、建设用地的斑块形状更为规则、破碎度更小、分布更为集中,可见对景区的扩容会导致耕地、林地、草地与灌木等农业与生态空间遭到更严重的干扰及侵占,但对于水体与湿地的保护更具成效,建设用地的扩张也更具整体性。

【参考文献】

- [1] 王祺,蒙古军,毛熙彦.基于邻域相关的漓江流域土地利用多情景模拟与景观格局变化[J].地理研究,2014,33(6):1073-1084.
- [2] 席建超,王新歌,孔钦钦,等.从传统乡村聚落到现代滨海旅游度假区:过去20年大连金石滩旅游度假区土地利用动态演变[J].人文地理,2016,31(1):130-139.
- [3] Liu Shidong, Zhang Jianjun, Geng Yuhuan, et al. Plausible response of urban encroachment on ecological land to tourism growth and implications for sustainable management, a case study of Zhangjiajie, China [J]. Ecological Indicators, 2021,132:108253.
- [4] McMurphy K C. The use of land for recreation [J]. Annals of the Association of American Geographers, 1930,20(1):7-20.
- [5] Hammes D L. Resort development impact on labor and land markets [J]. Annals of Tourism Research, 1994,21(4):729-744.
- [6] Papatheodorou A. Exploring the evolution of tourism resorts [J]. Annals of Tourism Research, 2004,31(1):219-237.
- [7] 王慧,王兵,牛香,等.面向生态康养功能提升的风景区土地利用格局模拟优化[J].生态学报,2021,40(10):3391-3400.

- [8] Lanya I, Dibia I N, Diara I W, et al. Analysis of subak landuse change due to tourism accomodation development in North Kuta Sub-district, Badung Regency, Indonesia [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017,98:012024.
- [9] 胡可可,秦凤蕾,胡业翠.旅游乡村用地格局演变微尺度分析:以北京市怀柔区西庄村为例[J].中国农业资源与区划,2020,41(9):238-248.
- [10] Hof A, Schmitt T. Urban and tourist land use patterns and water consumption: Evidence from Mallorca, Balearic Islands [J]. Land Use Policy, 2011,28(4):792-804.
- [11] Leka A, Lagarias A, Panagiotopoulou M, et al. Development of a Tourism Carrying Capacity Index (TCCI) for sustainable management of coastal areas in Mediterranean Islands: Case study Naxos, Greece [J]. Ocean & Coastal Management, 2022,216:105978.
- [12] Abd-Elmabod S K, Fitch A C, Zhang Zhenhua, et al. Rapid urbanisation threatens fertile agricultural land and soil carbon in the Nile Delta [J]. Journal of Environmental Management, 2019,252:109668.
- [13] Estifanos T K, Polyakov M, Pandit R, et al. Managing conflicts between local land use and the protection of the Ethiopian wolf: Residents' preferences for conservation program design features [J]. Ecological Economics, 2020,169:106511.
- [14] 褚玉杰,赵振斌,张铖,等.旅游社区多群体态度差异和冲突倾向的空间特征:以西安汤峪镇为例[J].地理学报,2016,71(6):1045-1058.
- [15] 王建英,邹利林,李梅淦.基于“三生”适宜性的旅游度假区潜在土地利用冲突识别与治理[J].农业工程学报,2019,35(24):279-288.
- [16] Zhang Yingsha, Li Xiang, Su Qin. Does spatial layout matter to theme park tourism carrying capacity? [J]. Tourism Management, 2017,61:82-95.
- [17] 明庆忠,刘安乐.基于功能性分析的旅游景区转型发展研究:以云南为例[J].西南大学学报(自然科学版),2020,42(12):117-125.
- [18] 麻学锋,刘玉林.旅游产业成长与城市空间形态演变的关系:以张家界为例[J].经济地理,2019,39(5):226-234.
- [19] 宁志中,王婷,杨雪春.2001年以来中国旅游景区时空格局演变与景区群形成[J].地理研究,2020,39(7):1654-1666.
- [20] 李琼.灾后游客让渡价值对旅游景点认知度的影响研究:以汶川地震后都江堰景区为例[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2011,32(8):141-145.
- [21] 席建超,王新歌,孔钦钦,等.旅游地乡村聚落演变与土地利用模式:野三坡旅游区三个旅游村落案例研究[J].地理学报,2014,69(4):531-540.
- [22] 王俊华,张廷斌,易桂花,等.DMSP/OLS夜间灯光数据的四川省GDP空间化分析[J].测绘科学,2019,44(8):50-60.
- [23] 杨洁,张德罡,陈建纲.基于土地利用变化的中国生境质量时空演变分析[J].草原与草坪,2020,40(5):36-42.
- [24] Liu Xiaoping, Liang Xun, Li Xia, et al. A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects [J]. Landscape and Urban Planning, 2017,168:94-116.
- [25] 苏迎庆,刘庚,赵景波,等.基于FLUS模型的汾河流域生态空间多情景模拟预测[J].干旱区研究,2021,38(4):1152-1161.
- [26] 赵林峰,刘小平,刘鹏华,等.基于地理分区与FLUS模型的城市扩张模拟与预警[J].地球信息科学学报,2020,22(3):517-530.
- [27] Zhu Jie, Sun Yizhong, Song Shuyin, et al. Cellular automata for simulating land-use change with a constrained irregular space representation: A case study in Nanjing City, China [J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2021,48(7):1841-1859.
- [28] 王家丰,王蓉,冯永玖,等.顾及轨道交通影响的浙中城市群土地利用多情景模拟与分析[J].地球信息科学学报,2020,22(3):605-615.
- [29] 崔杨林,董斌,位慧敏,等.县域尺度下景观指数的粒度效应[J].浙江农林大学学报,2020,37(4):778-786.
- [30] 邓元杰,姚顺波,侯孟阳,等.退耕还林还草工程对生态系统碳储存服务的影响:以黄土高原丘陵沟壑区子长县为例[J].自然资源学报,2020,35(4):826-844.
- [31] 张世伟,魏璐瑶,金星星,等.基于FLUS-UGB的县域土地利用模拟及城镇开发边界划定研究[J].地球信息科学学报,2020,22(9):1848-1859.
- [32] 王保盛,廖江福,祝薇,等.基于历史情景的FLUS模型邻域权重设置:以闽三角城市群2030年土地利用模拟为例[J].生态学报,2019,39(12):4284-4298.
- [33] 赵轩,彭建东,樊智宇,等.“双评价”视角下基于FLUS模型的武汉大都市区土地利用模拟和城镇开发边界划定研究[J].地球信息科学学报,2020,22(11):2212-2226.
- [34] 龙远,李萍,唐月亮,等.耕地保护情景下长浏平丘陵区土地利用变化模拟:FLUS模型的应用[J].江西农业学报,2020,32(5):126-134.
- [35] 蔡成瑞,舒帮荣,朱慧,等.顾及区域异质性驱动的土地利用变化模拟模型研究[J].中国土地科学,2020,34(11):38-47.
- [36] 罗楠,滕耀宝,胡金龙,等.漓江流域土地利用变化及与旅游发展关系研究[J].西北林学院学报,2021,36(5):262-268.
- [37] 袁承程,张定祥,刘黎明,等.近10年中国耕地变化的区域特征及演变态势[J].农业工程学报,2021,37(1):267-278.
- [38] 李婷,王志芳,高伟明.基于景观格局的河北省月岛生态风险评价[J].海洋湖沼通报,2021,43(6):169-178.