

# ArcGIS Pro 与 Python 集成的土地利用变化时空统计分析方法

王腾 徐晨

西藏自治区地质矿产勘查开发局第五地质大队

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2164

**[摘要]** 西藏自治区土地利用状况复杂多样,涵盖农业、建设、生态等类型。近年来,受人口增长、经济发展和生态保护影响,土地利用格局发生显著变化,部分农业用地转为建设用地,生态用地保护取得成效。研究采用遥感技术获取高分辨率土地覆盖信息,并结合GIS进行分析。时空统计显示,不同年份和地区间土地利用变化明显,如草地转耕地或建设用地扩张。驱动力方面,人口增长、经济建设和政策调控是主要因素。整体而言,西藏土地利用研究涉及现状分析、变化趋势与驱动机制,对区域可持续发展具有重要意义。

**[关键词]** 土地利用; 时空统计; ArcGIS Pro; 遥感数据; 地理探测器

中图分类号: P237 文献标识码: A

## Spatial and Temporal Statistical Analysis Method of Land Use Change Integrated with ArcGIS Pro and Python

Teng Wang Chen Xu

The Fifth Geological Brigade of Xizang Autonomous Region Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development

**[Abstract]** The land use situation in the Tibet autonomous region is complex and diverse, encompassing agricultural, construction, and ecological types. In recent years, land use patterns have undergone significant changes due to population growth, economic development, and ecological conservation efforts, with some agricultural land being converted into construction land, and achievements made in protecting ecologically important areas. This study utilized remote sensing technology to obtain high-resolution land cover information, which was further analyzed using gis. Spatiotemporal statistics reveal notable changes in land use across different years and regions, such as grassland conversion to cropland or expansion of construction land. Regarding driving forces, population growth, economic development, and policy regulation are identified as the main factors. Overall, research on land use in Tibet involves analysis of current conditions, changing trends, and driving mechanisms, holding significant implications for regional sustainable development.

**[Key words]** land use; Spatiotemporal statistics; ArcGIS Pro; Remote sensing data; Geographic detector

## 引言

西藏土地利用类型多样,草地占比约三分之二,是畜牧业发展的基础。林地主要分布于东南部湿润地区,在水土保持、水源涵养及生态调节中具有不可替代作用。耕地面积较小,多集中于雅鲁藏布江等河谷地带,受高海拔、低温与地形影响,农业生产以青稞等耐寒作物为主。高山、荒漠和裸岩等未利用地虽开发难度大,但其冰川积雪资源对区域乃至亚洲水资源供给具有战略意义。近年来,受全球气候变化影响,西藏冰川消融加快,冻土退化加剧,生态系统脆弱性上升。同时,交通基础设施建设和旅游业快速发展也引发局部用地结构变化,新增建设用地给生态环境带来一定压力。科学评估并优化土地利用模式,已成为保障

高原生态安全、推动可持续发展的关键。研究西藏土地利用不仅关系本地农牧业效率提升与民生改善,更对国家生态文明建设和全球气候平衡具有深远意义。通过遥感监测与生态评估,融合传统知识与现代技术,制定差异化土地管理策略,有助于实现生态保护与经济发展的协调统一。尤其在旅游资源开发中,应加强空间管控,推动绿色产业融合,努力达成生态效益与经济效益的双赢局面。

## 1 数据来源与方法体系

### 1.1 遥感数据获取与预处理

西藏自治区土地利用研究中,遥感数据是主要信息来源。Landsat系列卫星数据可通过美国地质调查局(USGS)获取,具有

多光谱特性,能反映多样地表类型。预处理包括辐射定标和大气校正,其中辐射定标将数字量化值转为辐射亮度值,如Landsat 8 OLI数据需通过特定系数转换。大气校正用于消除大气影响,尤其在高海拔、大气稀薄的西藏地区更为关键,常用方法如6S模型,使地物反射率更接近真实值。此外,几何校正也至关重要,可修正因卫星姿态或地形引起的影像变形,通常采用地面控制点(GCPs)进行校正,选取时需兼顾地形代表性。经过上述预处理,遥感数据质量显著提升,为西藏土地利用研究提供可靠基础。

### 1.2 时空分析模型构建

构建时空分析模型对研究西藏土地利用变化具有重要意义。土地利用变化幅度模型通过计算不同时期各类土地面积变化,反映其动态程度,例如耕地面积由1000平方千米增至1200平方千米,变化幅度为20%。土地利用动态模型则用于量化一定时间内土地类型的变化速度,如草地面积在10年间由50000平方千米减至45000平方千米,可计算其年变化率,有助于评估草地退化或改善的速度。空间自相关分析模型用于揭示土地利用类型的空间分布格局及其关联性,例如在西藏某一区域的森林分布可能与周边地形、水源有关。Moran's I指数是常用空间自相关统计量,可用于判断不同土地利用类型在空间上的聚集、离散或随机分布特征,为科学规划和管理提供依据<sup>[1]</sup>。

## 2 遥感影像解译技术

### 2.1 地物分类算法改进

在西藏土地利用研究中,遥感影像解译技术至关重要,地物分类算法的改进是提升精度的关键。传统算法在处理高山、草原、湖泊等复杂地貌时存在局限,如易将山地阴影误判为水体或低植被覆盖区。可通过增加光谱特征提高分类准确性,例如利用不同植被在近红外波段反射率差异区分针叶林与阔叶林。同时,结合纹理特征可更精确识别不同覆盖度的草原区域。引入人工智能算法如卷积神经网络(CNN)也具有显著优势。通过训练大量标注遥感影像数据,模型可学习各类地物特征模式,准确识别湖泊边界及类型(如咸水湖或淡水湖),相较传统方法显著提升了分类效率与精度。

### 2.2 Python脚本批量处理方法

在处理西藏自治区大量遥感影像数据时,Python脚本的批量处理方法具有显著优势。Python拥有NumPy、Pandas和GDAL等丰富库资源,为遥感影像处理提供有力支持。以西藏某地区多年遥感影像为例,其数据量庞大,手动处理效率低下,且容易出错。通过Python脚本可实现自动化处理,利用GDAL库读取多种格式影像数据,适应西藏遥感数据来源多样的特点,同时支持投影转换与元数据提取;结合NumPy进行像素归一化、波段运算等数值计算,提升后续分析效率,并保证数据一致性。此外,Python还可用于影像裁剪与拼接,在研究土地利用情况时,可根据坐标范围自动裁剪目标区域,或将多个小区域影像高效拼接成完整图像,便于宏观分析。通过循环结构与文件路径匹配技术,可实现批量文件自动处理,大幅提高工作效率并减少人工误差。同

时,Python脚本具备良好的可重复性与可扩展性,便于后期算法优化及流程迁移,为西藏遥感数据的长期监测与分析提供可靠的技术支撑<sup>[2]</sup>。

## 3 空间格局演化分析

### 3.1 土地利用转移矩阵计算

土地利用转移矩阵是分析土地利用变化的重要方法。西藏自治区土地类型多样,包括草地、林地、耕地、水域及未利用地等,计算该矩阵可清晰展现不同土地类型的相互转换关系。通过遥感影像分析发现,某区域100平方千米的草地在一段时间内有20平方千米转变为林地,10平方千米转变为耕地,这些数据来源于两期土地利用分类图的对比。为确保分类准确,需依赖遥感和地理信息系统(GIS)技术,如使用ArcGIS软件对遥感影像进行解译分类,获取初始与末期土地类型面积。随后通过特定算法构建转移矩阵,其中行代表初始土地类型,列代表末期土地类型,每个元素表示从初始到末期转换的面积数量。这种量化方式直观反映土地利用变化的方向与规模。在西藏应用该方法,对生态保护与土地规划意义重大。例如,若草地大量转为耕地,可能影响当地生态环境,因草地在水土保持和生物多样性方面具有重要作用。此类分析能为土地规划部门提供数据支持,助力制定合理政策,防止过度开垦等不合理土地利用行为。

### 3.2 冷热点区域探测技术

冷热点区域探测技术在分析西藏自治区土地利用空间格局演化方面具有独特价值,主要基于空间统计学原理。该技术可用于识别不同区域土地利用变化的活跃程度,城市周边等区域因城市化进程加快可能成为热点区域,而自然保护区核心区域则多为冷点区域。实际操作中常用Getis-Ord Gi\*统计方法,通过分析空间数据的集聚性确定冷热点区域。需将土地利用数据进行空间化处理,转化为具有空间坐标信息的数据集,并计算每个空间单元(如网格单元)相对于周边单元的土地利用变化指标值。若某一单元指标值显著高于周边,则可能是热点区域;反之则可能为冷点区域。通过该技术可识别西藏土地利用变化的重点区域,例如交通干线沿线可能因基础设施建设成为热点区域。这有助于政府部门有针对性地开展土地管理与规划,在热点区域加强用途管制,防止无序开发;在冷点区域注重生态保护,维持土地利用稳定性<sup>[3]</sup>。

## 4 西藏实证案例研究

### 4.1 现状特征解析

西藏自治区土地利用呈现多样特征。草地占比最大,约占全区总面积的六成以上,是畜牧业发展的重要基础。林地资源主要分布在东南部地区,在保持水土、调节气候方面发挥重要作用,如雅鲁藏布江大峡谷附近的森林具有水源涵养和减少水土流失的功能。耕地面积相对较少,主要集中于河谷地带,受限于高原地形与气候条件,种植作物以青稞为主,适应性强,是当地传统饮食的重要原料。水域包括湖泊与河流,在水资源供给和生态维系方面具有重要意义,如纳木错湖同时支撑着旅游产业发展。土地利用的空间分布呈现明显的垂直地带性特征,随着海拔升高,

土地利用类型从耕地、林地逐步过渡到草地和裸地,这种变化由海拔引起的气候和土壤差异所致。

#### 4.2 规划应用验证

在西藏地区的土地利用规划的合理性与有效性得到了广泛应用和验证。以林芝市为例,城市扩张规划中注重保护周边生态环境,严格限制城市向林地扩展,避免破坏森林资源。农业发展方面,面对耕地资源有限的问题,推广高效节水灌溉技术,如日喀则采用滴灌、喷灌等方式,提高水资源利用率,实现增产目标。旅游业规划中,合理布局自然景观资源开发,纳木错湖周边设置游客接待区域及环保设施,在满足旅游需求的同时保护湖泊生态。生态保护方面,西藏建立多个自然保护区,例如羌塘自然保护区,通过严格管理土地利用,限制人类活动,有效保护野生动物栖息地和高原生态系统。交通基础设施建设亦体现科学规划理念,青藏铁路选线避开生态脆弱区,减少对草地的破坏,并开展沿线植被恢复等生态修复工作,降低工程对土地的影响。各项规划均体现出对生态环境保护与可持续发展的高度重视,确保西藏地区自然资源的合理利用与长期维护<sup>[4]</sup>。

### 5 结语

西藏自治区土地利用研究以数据获取、模型构建与应用为核心,系统分析区域土地利用现状、变化趋势及其驱动机制。研究首先通过遥感影像的预处理获取高精度的土地覆盖信息,为后续分析提供坚实的数据基础。在此基础上,结合土地利用转移矩阵,深入揭示不同地类之间的转换特征,例如草地向建设用地的显著转变,反映出区域城市化进程中土地结构的深刻调整。进

一步地,地理探测器与多元线性回归模型被广泛应用于量化人口增长、政策导向及气候变化等多因素对土地利用格局的影响强度与空间异质性。冷热点分析技术则有效识别出土地变化集中区域,如拉萨等主要城市周边及青藏铁路沿线,呈现出典型的空间集聚特征。在动态模拟方面,基于马尔科夫链的概率预测方法与元胞自动机(CA)模型相结合,实现了对土地利用空间演变过程的仿真模拟,为未来城市扩张趋势和土地需求预测提供了科学依据。从理论层面看,该研究推动了高原特殊地理环境下土地利用理论体系的完善;在实践意义上,则为土地资源合理规划、生态功能区保护策略制定以及经济社会与生态环境协调发展决策提供了有力支撑,助力实现西藏地区的高质量可持续发展目标。

#### 参考文献

- [1] 夏敏,赵小敏,张佳宝,等.基于GIS和地统计学的土壤养分时空变异分析[J].江西农业大学学报,2007,29(2):6.
- [2] 唐菊莉.基于RS和GIS的武汉市土地利用分类及其时空变化分析[D].中国地质大学(北京),2013.
- [3] 丁春雨,晏明,张晓娇,等.ArcGIS支持下的土地利用时空数据库设计与功能实现[J].测绘通报,2015(10):4.
- [4] 张盼盼,胡远满,李秀珍,等.基于GIS的喀斯特高原山区石漠化景观格局变化分析[J].农业工程学报,2009(12):8.

#### 作者简介:

王腾(1990--),男,汉族,甘肃会宁人,本科,工程师,研究方向:地理信息。