

基于 ArcGIS 叠加分析国土变更调查地类变化流向与驱动机制研究

张瑞龙

四川省第六地质大队

DOI:10.32629/etd.v6i12.19242

[摘要] 本文采用ArcGIS叠加分析技术,结合国土变更调查矢量数据,构建地类变化流向识别与驱动机制量化分析的技术体系。通过数据预处理、叠加模型构建、变化信息提取及驱动因子耦合分析,明确不同地类间的转化路径与核心驱动要素,为国土空间动态监管提供技术支持。研究表明,ArcGIS叠加分析可精准捕捉地类变化的空间位置与属性特征,量化结果能客观反映驱动因子对地类变化的作用强度。该技术流程操作规范性强、结果精度高,可有效适配国土变更调查常态化开展需求。

[关键词] ArcGIS叠加分析; 国土变更调查; 地类变化流向; 驱动机制

中图分类号: P208 文献标识码: A

Research on Flow Direction and Driving Mechanism of Land Type Changes in Land Cover Change Survey Based on ArcGIS Overlay Analysis

Ruilong Zhang

Sichuan Sixth Geological Brigade

[Abstract] This paper adopts ArcGIS overlay analysis technology combined with vector data from land cover change surveys to construct a technical system for identifying flow directions of land type changes and quantitatively analyzing driving mechanisms. Through data preprocessing, overlay model construction, change information extraction, and coupling analysis of driving factors, the transformation paths and core driving factors among different land types are clarified, providing technical support for dynamic spatial regulation of territorial space. Research shows that ArcGIS overlay analysis can accurately capture the spatial locations and attribute characteristics of land type changes, and the quantitative results can objectively reflect the intensity of driving factors on land type changes. This technical process has strong operational standardization and high result accuracy, effectively meeting the requirements for routine implementation of land cover change surveys.

[Key words] ArcGIS overlay analysis; land cover change survey; flow direction of land type change; driving mechanism

引言

国土变更调查是掌握国土空间利用动态变化的核心手段,地类变化流向与驱动机制分析是调查成果深度应用的关键环节。ArcGIS叠加分析技术凭借空间数据处理与属性关联优势,成为地类变化信息挖掘的核心工具。当前国土变更调查数据体量逐年增大,对变化信息提取的精准度与效率提出更高要求。本文聚焦技术实操环节,构建从数据预处理到结果验证的完整技术流程,通过量化方法揭示地类变化内在规律,强化技术应用的针对性与可重复性。

1 国土变更调查数据预处理与ArcGIS环境搭建

1.1 国土变更调查数据收集与标准化处理

选取连续两年国土变更调查矢量数据作为核心数据源,数据格式统一为Shapefile格式,包含地类编码、面积、权属性质、坐落位置等必要属性字段。数据收集完成后开展标准化处理,首先剔除数据采集过程中产生的冗余字段与异常值,确保属性字段命名规范、数据类型统一,其中地类编码采用《第三次全国国土调查技术规程》(TD/T 1055-2019)、《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》等标准,编码长度固定为6位。针对矢量数据拓扑错误,通过ArcGIS拓扑工具集构建拓扑规则,逐一修正重叠面、缝隙、悬挂点等问题,确保单期数据空间拓扑完整性。

1.2 空间参考统一与数据精度校准

空间参考统一是保障叠加分析结果准确性的前提,需对两期变更调查数据进行严格的坐标匹配与精度校准。首先通过ArcGIS的DefineProjection工具为无空间参考数据赋予坐标系,已存在空间参考的数据通过Project工具进行投影转换,确保两期数据投影参数完全一致。精度校准采用地面控制点(GCP)辅助验证,选取研究区域内分布均匀的道路交叉口、水系拐点等特征点,提取两期数据中特征点的坐标信息,与高精度GNSS实测数据进行比对,计算坐标中误差。当平面中误差大于±0.5米时,通过空间校正工具对数据进行修正,采用仿射变换方法调整数据位置,直至精度满足国土变更调查技术规程要求^[1]。

1.3 ArcGIS分析环境配置与工具集筛选

选用ArcGIS10.8版本作为分析平台,提前配置系统环境参数,包括调整空间分析扩展模块许可、设置临时文件存储路径与缓存大小,避免分析过程中因内存不足导致程序卡顿或结果异常。根据研究需求筛选核心工具集,主要包括空间分析工具集中的叠加分析工具、数据管理工具集中的矢量数据处理工具、地理处理工具集中的批处理工具^[2]。针对大规模数据处理需求,通过模型构建器(ModelBuilder)构建可视化分析模型,将数据预处理、叠加分析、结果提取等步骤串联,实现流程自动化执行,减少人工操作误差。同时对工具参数进行预设,如叠加分析中拓扑容差设置为0.0001米,属性关联时匹配字段设置为唯一标识符,确保分析过程的规范性与可重复性。

2 ArcGIS叠加分析在地类变化流向识别中的应用

2.1 叠加分析模型构建与参数优化

构建两期地类数据叠加分析模型时,优先选用相交分析(Intersect)工具作为核心工具,该工具可精准捕捉前后两期地类图斑的空间重叠区域,同步实现属性信息的融合关联,适配地类变化位置与属性转化的双重识别需求。模型构建需遵循空间要素对应与属性精准传递原则,明确前期地类数据作为输入要素1、后期地类数据作为输入要素2,输出要素设定为Shapefile格式的新矢量图层,确保同时承载两期数据的地类属性、空间坐标及拓扑关系。参数优化聚焦拓扑容差与属性保留两个核心维度,拓扑容差结合数据采集精度设定为0.0001-0.001米,其中高精度调查数据采用0.0001米容差保障分析精度,大规模常规数据采用0.001米容差平衡计算效率与结果可靠性。属性保留环节需针对性勾选核心字段,除地类编码、面积、权属代码外,补充地类变更时间、调查单元编号等关键信息,同时通过ArcGIS字段计算器工具自动生成叠加图斑唯一标识符(ID),采用“前期图斑ID+后期图斑ID”组合规则,为后续变化信息精准关联与批量提取奠定基础^[3]。针对地类变化边界模糊、图斑衔接不连贯区域,通过缓冲区分析工具围绕疑似边界构建0.5米缓冲区,将缓冲区图层与叠加结果二次叠加,剔除冗余重叠部分、补全边界缝隙,修正模糊区域的图斑边界位置,确保变化图斑提取的完整性与空间准确性。

2.2 地类变化流向提取与信息量化

叠加分析完成后,通过属性查询与统计工具提取地类变化流向信息,首先基于两期地类编码字段构建查询条件,筛选出地类编码不一致的图斑,即为发生变化的地类图斑。对变化图斑进行分类统计,明确不同地类间的转化关系,定义地类变化流向为前期地类类型向后期地类类型的转化过程,如耕地转化为建设用地、林地转化为耕地等。为精准量化变化幅度,引入地类变化幅度公式,计算公式如下:

$$K = \frac{S_{ij}}{S_{total}} \times 100\%$$

式中,K为某一地类变化流向的占比(%);S为前期地类i转化为后期地类j的图斑总面积(公顷);S为研究区域内所有变化图斑的总面积(公顷)。通过该公式可计算出各变化流向在总变化量中的占比,明确主导变化类型。同时提取变化图斑的空间坐标、面积、变化时间等信息,构建地类变化流向数据库,实现变化信息的系统化管理。

为进一步量化地类变化的时间特征,引入地类变化速率公式,反映单位时间内地类变化的强度,计算公式如下:

$$V = \frac{S_{ij}}{T \times S_i} \times 100\%$$

式中,V为地类i转化为地类j的年变化速率(%/年);S为地类i转化为地类j的图斑总面积(公顷);T为两期调查数据的时间间隔(年);S为前期地类i的总面积(公顷)。该公式可有效区分不同变化流向的时间演变差异,为后续驱动机制分析提供量化依据。

2.3 变化图斑属性关联与结果可视化

通过ArcGIS的连接工具(Join)实现变化图斑与原始调查数据的属性关联,将前期、后期地类图斑的权属、坡度等属性信息关联至变化图斑图层,丰富变化信息维度。结果可视化采用分层设色与专题图制作相结合的方式,针对不同变化流向设计差异化配色方案,如耕地转化为建设用地采用红色系,林地转化为耕地采用黄色系,通过ArcMap的符号系统工具调整图斑透明度与边界样式,增强专题图的可读性^[4]。同时制作地类变化流向统计图表,通过柱状图展示各变化流向的面积占比,通过饼图展示变化地类的整体构成,直观呈现地类变化的空间分布与数量特征。表1为地类变化流向编码与对应关系示例,明确变化流向的统一编码规则,为数据后续处理提供规范。

表1 地类变化流向编码与对应关系表

变化流向编码	前期地类类型	后期地类类型	对应叠加分析图斑特征
CL-01	耕地	建设用地	图斑边界与城镇开发边界重合
CL-02	林地	耕地	图斑坡度≤15°
CL-03	水域	湿地	图斑位于生态保护红线范围内
CL-04	草地	林地	图斑参与生态修复工程范围

3 地类变化驱动机制量化分析与结果验证

3.1 驱动因子指标选取与量化处理

结合国土变更调查数据特征与地类变化规律,选取自然驱动因子与人文驱动因子两大类指标开展分析。自然驱动因子主要包括坡度,人文驱动因子包括GDP密度、人口密度、城镇开发边界距离。各指标均进行量化处理,坡度通过ArcGIS空间分析工具从DEM数据中提取,按 $\leq 15^\circ$ 、 $15^\circ - 25^\circ$ 、 $> 25^\circ$ 划分为三个等级,分别赋值1、2、3;年降水量采用研究区域内气象站点实测数据,通过克里金插值生成栅格数据,按等值线区间赋值。人文指标中,GDP密度与人口密度通过统计数据与矢量边界叠加计算得出,单位为万元/平方公里、人/平方公里;城镇开发边界距离通过近邻分析工具计算,单位为米。

3.2 驱动机制耦合分析与量化模型构建

采用因子贡献度分析方法构建驱动机制量化模型,结合叠加分析结果,将各驱动因子指标与地类变化流向数据进行耦合分析,明确不同因子对等变化流向的作用强度。引入驱动因子贡献度公式,计算公式如下:

$$C_k = \frac{\sum_{m=1}^n (X_{k,m} \times W_m)}{\sum_{k=1}^p \sum_{m=1}^n (X_{k,m} \times W_m)} \times 100\%$$

式中, C_k 为第 k 个驱动因子的贡献度(%); X 为第 k 个驱动因子在第 m 个变化图斑中的量化值; W 为第 m 个变化图斑的面积权重,即该图斑面积占对应变化流向总面积的比例; n 为某一变化流向的图斑数量; p 为驱动因子总数。通过该公式可计算出各驱动因子在不同变化流向中的贡献度,识别核心驱动因子。分析过程中,通过ArcGIS的空间关联工具将量化后的驱动因子栅格数据与变化图斑矢量数据关联,提取每个变化图斑对应的各因子数值,结合面积权重计算因子贡献度。针对耕地转化为建设用地的变化流向,重点分析GDP密度、城镇开发边界距离的贡献度;针对林地转化为耕地的变化流向,重点分析坡度等级的贡献度,通过因子贡献度差异明确不同变化流向的驱动机制差异^[5]。同时构建驱动因子与地类变化速率的相关性模型,通过线性回归分析验证因子与变化速率的关联程度,确保驱动机制分析结果的合理性。

3.3 结果精度验证与技术流程优化

采用实地核查与数据比对相结合的方式开展结果精度验证,选取研究区域内不同变化流向的典型图斑,共计选取50个验证点,通过GNSS定位设备实地核查图斑位置与地类变化情况,对比叠加分析提取的变化信息与实地情况的一致性,计算变化图斑

提取精度。精度计算公式采用常规空间数据精度验证公式,提取精度=(核查一致的图斑数量/总验证点数量) $\times 100\%$,当提取精度 $\geq 95\%$ 时,认为叠加分析结果符合要求。针对精度不达标的区域,回溯数据预处理与叠加分析环节,排查误差来源,若为拓扑错误导致则重新修正数据拓扑,若为参数设置不合理导致则优化叠加分析拓扑容差与投影参数。

技术流程优化基于验证结果与实操反馈,在数据预处理环节增加异常值自动检测步骤,通过ArcGIS的字段计算器工具编写脚本,自动识别属性数据中的异常值并标记;在叠加分析环节增加批量处理功能,通过模型构建器(ModelBuilder)添加迭代器工具,实现多区域、多期数据的自动化叠加分析;在结果输出环节优化专题图制作模板,预设配色方案与图例样式,提高结果输出效率。优化后的技术流程更贴合国土变更调查常态化、规模化分析需求,可有效降低人工操作成本,提升分析结果的稳定性与可靠性。

4 结语

本文构建的基于ArcGIS叠加分析的地类变化流向与驱动机制分析技术流程,实现了从数据预处理到结果验证的全链条技术覆盖。通过叠加分析模型精准提取地类变化信息,结合量化公式与驱动因子耦合分析,明确了地类变化的核心路径与关键驱动要素。技术流程聚焦实操环节与量化分析,满足国土变更调查技术应用需求。研究表明该流程精度达标、可重复性强,可为国土空间动态监管、规划调整提供技术支撑。后续可进一步优化驱动因子选取范围,结合遥感影像时序数据,提升地类变化分析的时效性与深度。

[参考文献]

- [1]马宏宇,白博.ArcGIS Addin二次开发在年度国土变更调查内业更新工作中的应用研究[J].智能城市,2025,11(2):84-86.
- [2]王鸣翠,张帅帅.ArcGIS模型构建器在国土变更调查成果质量控制中的应用[J].测绘与空间地理信息,2025,48(7):119-121.
- [3]张凡,储金龙,李久林,等.ArcGIS模型构建器在国土变更调查工作中的应用[J].河南科技,2023,42(12):97-100.
- [4]张帅帅,朱君,赵华帅,等.ArcGIS模型构建器及VB语言在国土变更调查的应用[J].地矿测绘,2024,40(4):48-51.
- [5]李欧,安静.基于ArcGIS叠加分析功能的国土变更调查成果研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(z1):142-144.