引文格式：刘强. 顾及景观格局的土地利用图尺度变换中的数据演化规律[J]. 地理空间信息, 2025, 23(8):102-105. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.08.021

顾及景观格局的土地利用图尺度变换中的数据演化规律

刘　强[1]
（1. 广东省地图院，广东　广州　510075）

摘　要：土地利用现状数据的多尺度处理一直是地图综合领域的研究难点，现有的综合策略主要关注微观层面的图斑几何及语义约束，忽视了宏观层面的土地利用分布约束。针对该问题，从地理景观模式的视角探讨土地利用数据的尺度变换规律，从景观格局特征保持的角度提出了一套新的地图综合质量评价体系，以广州市典型性区域的1∶2 000土地利用图作为基础数据为试验区，挖掘“景观格局—尺度—综合指标”三者之间的关联关系，通过计算景观指数描述土地利用图的景观结构组成、结构变化、空间分布特征变化情况；并根据演化规律分析地图综合力度，提出综合指标改进方法。

关键词：地图综合；景观格局；多尺度；综合指标
中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）08-0102-04

Data Evolution Law for Scale Transformation of Land-use Maps Considering Landscape Pattern

LIU Qiang[1]
(1. Map Institute of Guangdong Province, Guangzhou 510075, China)

Abstract: The multi-scale processing of land-use data has always been a research difficulty in the field of map generalization. Existing comprehensive strategies mainly focus on the geometric and semantic constraints of micro-level patterns, and ignore the macro-level land-use distribution constraints. In response to this problem, we discussed the scale transformation rules of land-use data from the perspective of geographical landscape patterns, and proposed a new comprehensive quality evaluation system of maps from the perspective of landscape pattern characteristics maintenance. Taking the 1∶2 000 land-use map of typical regions of Guangzhou as the basic data, we explored the relationship among landscape pattern, scale and map generalization indexes, and described the landscape structure composition, structure change and spatial distribution characteristics of land-use map by calculating the landscape indexes. According to the evolution law, we analyzed the strength of map generalization, and put forward the improvement method of map generalization indexes.

Key words: map generalization, landscape pattern, multi-scale, map generalization index

土地利用数据作为反映土地利用管理过程中要素的组成、形态、动态变化以及其空间分布特点的重要空间数据[1]，挖掘土地利用图尺度变换中的数据演化规律对于编制多比例尺的土地利用现状图和建立多比例尺土地利用数据库具有重要的意义[2-7]。

景观格局作为研究景观组成单元类型、数目、空间分布特征的常见方法[7]，经常被用来研究土地利用数据随时间、空间变化角度的空间分布特征变化。本研究以广州市典型性区域的1∶2 000土地利用图作为基础数据，通过设置不同的综合指标，完成不同尺度的土地利用图综合。从尺度变化过程出发，比较2个或多个尺度点上的景观指数，并基于景观指数的变化规律来反演评价地图综合中的尺度演化规律，挖掘“景观格局—尺度—综合指标”三者之间的关联关系；探究土地利用图的景观结构组成、结构变化、空间分布特征变化情况演化规律。

1　数据和方法

1.1　数据及预处理

本次研究选取了广州具有代表性地貌特征的增城、花都、南沙及从化作为研究区域[8]。

对于研究区域的1∶2 000土地利用现状数据，在进行1∶1万、1∶5万、1∶10万的土地利用数据制图综合操作前，必须对此基础数据进行检查和预处理：①确保数据完整，图斑属性完整和正确，拥有必要的字段。②利用ArcGIS对数据进行投影转换、坐标转换、格式转换等，达到软件环境要求。③数据初步质量检查，保证没有拓扑错误等。

1.2　土地利用图综合指标度量

地图综合软件通过预先设置一系列的综合参数，

作者简介：刘强（1973—），本科，工程师，从事资料管理工作，E-mail：29461619@qq.com。

集成各种综合算法，快速实现不同尺度的土地利用图全自动化综合。地图综合包括语义归并、图斑合并、狭长图斑降维、小图斑处理、边线化简等综合操作，针对不同的地物类型，综合算法的综合参数也有所不同[9-10]。

如下表1为点、线、面、全局图斑执行综合操作时涉及到的地图综合参数[9-10]。

表1　地图综合参数

类别	名称	说明
面综合参数	最小上图面积	不满足该阈值的图斑不予表达
	地类重要性	优先保留重要性高的图斑
	地类相关系数	优先归并相关性高的图斑
	线状地物宽度	小于该阈值的图斑需提中心线
	非邻近图斑合并间距	小于该阈值的图斑可以聚合
	图斑夸大阈值	达到该阈值的图斑可以夸大
线综合参数	最小上图长度	小于该阈值的线状地物需被剔除
	线贴面阈值	小于该阈值的线状地物需贴图斑边界
	线挂接阈值	小于该阈值的线状地物可以挂接
点综合参数	节点平差阈值	小于该阈值的节点可平差
	合并节点阈值	小于该阈值的节点可合并
全局 参数	曲线压缩矢高	曲线（或图斑边界）进行压缩处理的阈值
	边界化简阈值	曲线（或图斑边界）进行形状简化的阈值
	最小图斑间距	小于该阈值的图斑需要夸大或移位处理

因为土地利用数据的基本组成单位为面状图斑，所以有关土地利用数据的综合操作主要集中在面状图斑的综合和整体图斑的综合。结合自动化地图综合流程及土地利用面状图斑的综合操作，本文选取了线状地物宽度、最小上图面积、非邻近图斑合并间距、边界化简阈值4个地图综合指标用于综合过程中操作控制和综合后的评价。

地图综合指标是否完备及科学直接影响土地利用数据综合效果，本文充分考虑土地利用图斑数据特点，参考相关数据规范如《第二次全国土地调查成果数据缩编技术指标规范》《国土调查数据缩编技术规范》等，借鉴国内外近年来已发布实施的参数指标，初步选取了不同尺度的综合指标，开展阈值验证。

1.3　景观格局分析指数选取

景观指数能够定量化描述空间分布格局的特征，为了分析土地利用数据随综合尺度的数据演化规律，本文通过总结归纳一般的地图综合质量评价维度，结合制图区域特征以及景观格局指标的科学性、分异性、定量可比性，从景观结构组成、结构变化、景观空间分布特征变化3个维度选取了具有代表性意义的景观指数，如表2所示。

表2　景观格局指数

评价维度		景观格局指数
景观结构组成	图斑数量	图斑数量
		图斑数量压缩率
	图斑面积	地类面积占比
		地类面积变化相对比例
景观结构变化		地类面积转移矩阵
	形状复杂度	面积加权斑块形状指数SHAPE_AM
		面积加权斑块分维数FRAC_AM
空间分布特征变化	破碎度	破碎度指数C
		边界密度ED
	聚集度	聚集度指数AI
		蔓延度指数CONTAG
	多样性	Shannon多样性指数SHDI
		Shannon均匀度指数SHEI

景观结构组成的图斑数量、图斑数量压缩率、地类面积占比、地类面积变化指数能有效反映图斑数量和面积的变化；景观结构变化中的地类面积转移矩阵指数能够全面而具体地反映土地利用数据的结构变化、形状复杂度指数可以反映土地利用数据的图斑边界化简力度；空间分布特征变化的破碎度、边界密度、聚集度、蔓延度指数能够反映地类的空间结构的复杂性；并可以借此反映地图综合对用地类型空间布局的干扰程度、Shannon多样性指数和Shannon均匀度指数可以用来分析土地利用数据在不同综合尺度下的图斑分布均衡情况以及土地利用图包含的信息量大小。

目前景观格局指数的计算大多基于栅格数据，而土地利用数据作为矢量数据，具有数据冗余度小，精度高的优势。本文将土地利用数据统计分析和景观格局指数的计算方法结合起来，在进行景观指数的计算时，景观结构组成的数量和面积指标直接基于土地利用矢量基础数据进行统计，最大程度地保证计算结果的精确性；而其他的景观指数则基于栅格数据进行计算。

1.4　土地利用数据处理

土地利用数据的处理主要用到2个软件，自动化地图综合缩编软件Domap 3.0和景观指数计算软件Fragstats4.2。

1）Domap3.0土地利用综合软件是面向第三次全国土地调查数据（土地利用、规划等）多边形覆盖类专题要素的自动化缩编软件。软件可实现一键化自动处理与人工干预的有机结合，在提高工作效率的前提下，生产高质量的多尺度土地利用数据。

2）Fragstats4.2是目前最权威的景观指数计算软件[11]。Fragstats4.2作为一个专门对栅格数据做景观格局分析的软件，可以借助景观指数量化分析景观的空间分布格局。

土地利用图的数据处理及分析流程如图1所示。

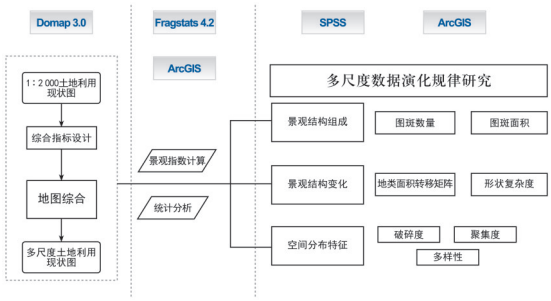


图1 土地利用图的数据处理及分析流程图

2 多尺度土地利用图数据演化规律

2.1 景观结构组成

2.1.1 图斑数量

在土地利用数据综合过程中，通过设定不同的综合指标，分析发现土地利用数据的图斑数量变化主要受到综合尺度、线状地物宽度、非邻近图斑合并间距[12]的影响，最小上图面积对图斑数量影响较小。

1）地图综合的目标比例尺作为影响土地利用数据量变化最主要的因素，图斑压缩率具有显著的尺度效应：从1∶2 000到1∶1万数据量压缩率普遍在50%左右；到1∶5万压缩率集中在10%左右；到1∶10万压缩率集中在3%左右。

2）中轴化宽度对图斑数量的影响：1∶1万比例尺下，图斑数量会随着中轴化参数的增大，而呈现规律性递减；而在1∶5万和1∶10万的比例尺下，图斑数量压缩率则基本保持一致。

3）非邻近图斑合并间距对图斑数量的影响：对1∶1万、1∶5万、1∶10万的“非邻近图斑合并间距”和“图斑数量”进行曲线拟合：在1∶1万比例尺下图斑数量基本无变化；1∶5万比例下的图斑数量随非邻近图斑合并间距的变大则呈现直线式增长；1∶10万比例下的图斑数量随非邻近图斑合并间距的变大则呈现二次曲线式增长。

2.1.2 图斑面积

地图综合须尽可能保持综合前后的地类面积平衡，让不同用地类型的面积变化相对比例保持在一个合适的范围内[13]。本文基于已有数据统计邻近尺度的土地利用数据地类面积变化相对比例，计算得出邻近尺度的地类面积变化相对比例数值区间如下：

综合前后的比例尺为1∶2 000~1∶1万，1∶1万~1∶5万，1∶5万~1∶10万；地类面积变化比例为0%~10%，0%~25%，4%~30%。

最小上图面积作为影响小图斑综合处理的重要的参数之一，对于小图斑的面积平衡性起着重要的调节作用。本研究设立了一系列不同的最小上图面积（参数表0完全参照二调的最小上图面积标准进行设置，参数表0的最小上图面积设置的最大，参数表1、2逐渐缩小），不同的用地类型的面积变化相对比例会随着最小上图面积的减小而减小：在同一尺度下，耕地、种植园用地、林地、其他土地面积变化在参数0的作用下过大，面积变化不合理，无法维护当前用地类型的面积平衡性，通过修改最小上图面积，面积变化逐渐降低，平衡性得到改善。

二调的参数并不完全适用于三调，草地、其他土地在二调的参数系统下面积变化超出平衡范围，应适当降低这2种用地类型的最小上图面积。

2.2 景观结构变化

2.2.1 地类面积转移矩阵

土地利用数据地类面积转移矩阵可以分析土地利用数据景观结构变化[14]。地图综合过程中，不同区域的地类面积转移具有差异性：花都作为城市中心，用地类型多样，所以各种地类间都存在转移和变化；从化作为绿地资源丰富的区域，地类转移主要集中在耕地、绿地和种植园用地之间的相互转移；南沙作为水系资源丰富的区域，地类的面积转移主要集中在道路、水系和其邻近地类的转移。

2.2.2 形状复杂度

景观的斑块形状指数是描述景观的空间分布规则化、紧凑度的重要指标，反映了地图综合过程中的图斑形状复杂程度。随着综合比例尺的缩小，图斑形状复杂度呈下降趋势，1∶2 000到1∶1万的形状简化力度最大，后续比例尺简化力度减弱。通过曲线拟合，得出不同尺度的边界化简参数和FRAC_AM之间的曲线关系：

1）1∶1万的曲线拟合系数为−0.001，且1∶1万的 R^2 为0.796，Sig为0.042，说明1∶1万比例尺下边界化简参数对FRAC_AM作用不明显，1∶1万比例尺下的边界化简参数的取值在0.2~0.6范围内时，图斑形状变化不大。

2）1∶5万的曲线拟合系数为−0.007，1∶10万的曲线拟合系数为−0.018，且曲线拟合情况较好，都呈现显著的线性效应，这表明在1∶5万和1∶10万综合比例尺下，边界化简参数的影响作用会增强，参数增大，图斑边界复杂度降低，形状更为规则。

3）在1∶10万比例尺下想要边界形状化简效果更明显，可适当增大边界化简参数。

2.3　空间分布特征

在空间分布特征上，相同地类的图斑在制图区域内表现为一定分散或聚集状态，地图综合需要对这些空间分布特征做有效提取，并最大程度保留当前空间分布格局。

2.3.1　尺度变换中的空间分布规律

本研究选取景观指数（破碎度指数 *C* 和边界密度 *ED* ）描述景观破碎度、（聚合指数 *AI* 和蔓延度指数CONTAG）描述景观聚集度、（SHDI和SHEI）描述景观多样性[16]，根据景观指数计算，得到不同综合尺度下花都、从化、南沙3个区的部分代表性乡镇的指数变化规律。随着地图综合比例尺的缩小，景观的空间分布特征尺度变化差异明显：制图区域的破碎度降低、聚合度增强、景观连通度越来越好。但相应的多样性指数和均匀度指数有所降低。相邻比例尺之间的破碎度、聚集度变化差异会随着地图综合比例尺的缩小而缩小，多样性差异则与之相反，会随着地图综合比例尺的缩小而增大。

2.3.2　综合指标对景观空间分布的影响

使综合前后的地类空间分布模式保持一致性是地图综合的研究核心，小图斑综合处理作为影响土地利用图空间分布特征主要的综合操作。不同的最小上图面积参数表对应的景观指数（参数表0设置的值最大，参数表1、2数值依次递减），最小上图面积设置的越小，景观破碎度越大，但1∶1万对参数的变化是最敏感的，1∶10万比例尺下破碎度指数变化不大。景观聚集度也会随着最小上图面积的增大，而聚集度增强。景观的多样性指数对于最小上图面积的设置不敏感。

随着非邻近图斑合并间距的增大，景观破碎度上升，聚集度下降，在不同的参数区间内，数值增长下降速度不一致；不同尺度，非邻近图斑合并间距与景观指数的对应关系也有所差异。

综上所述，景观破碎度、聚集度和多样性指数可以有效表征土地利用图的空间分布格局，定量化描述尺度变换中的景观分布格局演化趋势。通过调节最小上图面积和非邻近图斑合并间距可以有效改善土地利用图的空间分布特征。

3　结论与展望

本文的研究内容和主要结论如下：

1）阐明了从景观格局的角度分析土地利用图的分布特征评价的重要性和必要性，指出了现有土地利用数据综合质量分析的不足，并提出景观格局指数作为定量化评价工具。

2）通过分析土地利用图在景观格局方面的数据演化规律，挖掘出了多个尺度与景观格局之间的对应效果，地图综合质量评价不再是单一尺度，而是多个连续性尺度的分析评价；同时建立综合指标和景观指数之间的对应关系，本文中的综合指标调节情况可为全自动化地图综合参量设置提供参考标准。

3）实验结果表明，景观格局指数能有效反映地图综合的质量和效果，如面积指数反映面积平衡性，形状指数反映几何相似性，而紧凑度、破碎度和多样性指数则反映空间分布格局的演化。这些指数为地图综合质量提供了全面的定量化评价依据。

参考文献

[1] 朱恒樑,袁灿,李虎星. 土地利用景观格局演变及驱动因子分析[J]. 城市建设理论研究(电子版),2024,13(1):32-34

[2] 王晓妍. 土地利用图中线状要素综合的质量评价[J]. 测绘通报,2020(4):116-120

[3] Jansen M, Van K M. Evaluating the Consistency of Cartographic Generalization[C]//Proc. 8th Int. Symp. on Spatial Data Handling,1998:668-678

[4] Frank R, Ester M. A Quantitative Similarity Measure for Maps[C]//Progress in Spatial Data Handling: 12th International Symposium on Spatial Data Handling, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,2006:435-450

[5] 邓敏,刘杨,程涛,等. 地图综合中语义质量的度量方法研究[J]. 地理与地理信息科学,2008,23(5):11-15

[6] 罗芳,艾廷华,贾小斌. 空间自相关支撑下的地类分布模式一致性评价[J]. 武汉大学学报(信息科学版):2022,47(7):1 017-1 024

[7] 邬建国. 景观生态学:格局,过程,尺度与等级 (第二版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2007

[8] 周伟,林依泉,梁一,等. 第三次国土调查图斑综合方法探讨[J]. 地理空间信息,2023,21(3):106-109

[9] 何海威,钱海忠,段佩祥,等. 线要素化简及参数自动设置的案例推理方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2020,45(3):344-352

[10] 石善球,柴燕妮. 基于地表覆盖数据的生态用地景观格局分析[J]. 地理空间信息,2021,19(2):5-8

[11] 许钊,刘耀林,银超慧,等. 广州主城区道路中心性与土地利用格局关系研究[J]. 地理空间信息,2023,21(3):59-65

[12] 张涛,徐军朋. 东莞市1987—2021年土地利用变化及驱动分析[J]. 地理空间信息,2023,21(12):72-76

[13] 李嘉琪,段梦琦,尹建国,等. 近10年青岛市土地利用景观格局时空变化特征[J]. 地理空间信息,2022,20(5):22-26

[14] 杨晓红,张双双,汪鑫. 基于地理国情数据的土地利用景观格局分析[J]. 地理空间信息,2019,17(10):32-36