

地理信息系统中空间数据的可视化表达与优化

刘义德

中冶武勘智诚（武汉）工程技术有限公司 湖北 武汉 430070

摘要：本文聚焦于地理信息系统（GIS）中空间数据的可视化表达与优化。先阐述空间数据可视化在GIS中的关键地位，接着深入剖析常见可视化表达方法及其技术特点。随后，针对可视化面临的如数据复杂性、效果与性能平衡等挑战，从数据预处理、可视化算法、交互设计等多维度提出优化策略。旨在为提升GIS空间数据可视化质量提供理论支持与实践指导，推动GIS在各领域的广泛应用与深入发展。

关键词：地理信息系统；空间数据；可视化表达；性能优化

1 引言

地理信息系统（GIS）融合多学科知识，在城市规划、资源管理等领域作用不可或缺。其核心功能之一的空间数据可视化，能将抽象数据转化为直观图形图像，助用户理解地理现象、发现隐藏信息。随着信息技术发展，空间数据获取手段丰富，数据量爆炸式增长且类型复杂多样，对可视化提出更高要求，需准确清晰呈现数据，兼具交互性与实时性。但当前可视化存在效果不佳、性能低、交互差等问题，制约GIS应用与推广，故深入研究其可视化表达与优化策略意义重大。

2 常见的空间数据可视化表达方法及技术特点

2.1 地图可视化

地图是GIS常用可视化方式，以地理背景为基础，结合空间数据与地理要素，直观展示数据地理位置与分布，可分为专题地图、普通地图等。

专题地图：按特定专题（如人口、经济等）对地理要素分类、分级和符号化，突出专题数据特征与分布规律。如制作人口专题地图，可用分级统计图法，用不同颜色或图案划分区域等级，通常利用GIS软件提供的专题图制作功能，设置分类字段、分级方法及符号系统（如色彩渐变、图案填充）进行表达，并可添加图例等要素完善地图。

普通地图：展示地理要素基本形态与空间关系（如地形、水系等）。数字化时多采用矢量数据结构存储，以点、线、面几何图形表示地理要素，精度高、拓扑关系明确。可视化时，GIS软件依其几何特征与属性信息，按预设符号样式绘制。

2.2 图表可视化

将空间数据以图形（如柱状图、折线图）呈现，清晰展示数据数量关系、趋势变化和比例分布，适用于定量分析与比较。

柱状图：比较不同类别数据大小。在GIS中，关联空

间数据与图表数据（通过属性字段匹配），如以各区县GDP为类别，用柱子高度表示数据大小^[1]。制作时，在ArcGIS等软件中选择相关数据字段生成柱状图，还可设置样式提高可读性。

折线图：展示数据随时间等连续变量的变化趋势。如分析气象数据时，用其展示某地区气温变化。实现动态折线图可视化，可用JavaScript等语言结合GIS库（如Leaflet）开发，定时更新数据实现实时动态展示，还可添加交互功能增强体验。

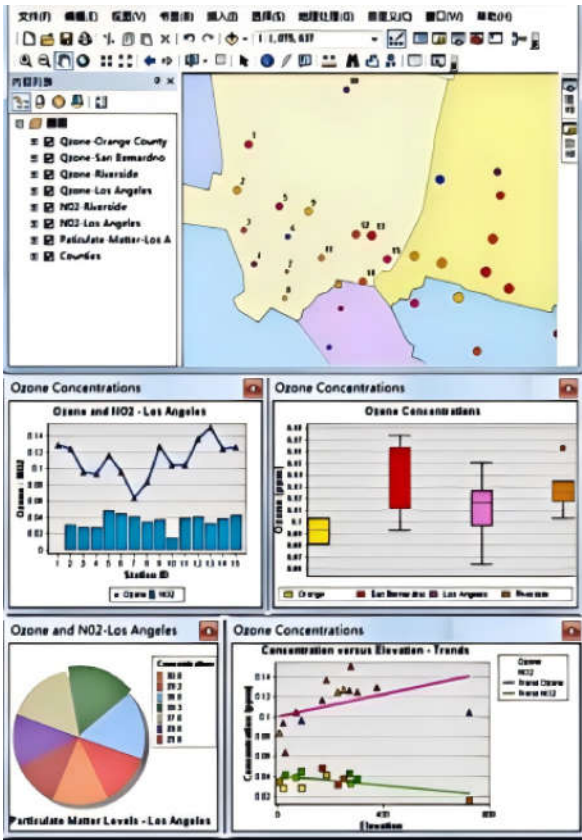


图1 图表可视化示例

2.3 三维可视化



图2 三维可视化示例

在三维空间展示空间数据，提供更真实直观视觉效果，可用于地形地貌展示、建筑物建模等领域。

地形地貌展示：用数字高程模型（DEM）数据表示地形起伏，其为栅格数据，存储区域地形高度值。在GIS软件中，用三维分析工具将DEM数据转为三维地形模型（如ArcGIS用“栅格表面转TIN”工具转为TIN模型），再用“创建场景”功能加载到三维场景，设置光照等参数使模型逼真。

建筑物建模：对城市建筑物用三维建模技术生成精确模型，常见方法有基于CAD图纸、激光扫描数据、摄影测量的建模等。以摄影测量建模为例，用无人机等搭载相机多角度拍摄建筑物获取影像数据，用摄影测量软件（如Pix4D）处理生成三维模型，导入GIS平台与其他要素集成展示。

2.4 动态可视化

动态展示空间数据随时间变化过程，直观观察动态变化趋势与规律，可用于交通流量监测、气象变化模拟等领域。

交通流量监测：在道路安装传感器实时采集交通流量数据并传至GIS平台，用动画技术展示变化过程，如用不同颜色箭头表示车辆行驶方向与流量大小。实现流畅动态效果，需采用高效数据更新和渲染技术，如用WebSocket技术实时传输数据，用Canvas或WebGL技术快速渲染更新画面。

气象变化模拟：气象数据多要素且随时间变化，用数值天气预报模型（如WRF模型）生成未来气象数据并导入GIS平台，用粒子系统模拟气象现象（如用粒子表示雨滴），设置粒子属性与运动轨迹，结合气象数据变化实现动态模拟，还可添加时间轴控件查看不同时刻气象状况。

3 空间数据可视化面临的挑战

3.1 数据复杂性

空间数据获取技术发展使数据量增大、类型复杂多样，除传统矢量和栅格数据，还有三维、时空、网络等

数据。复杂数据结构给可视化表达带来挑战，如何有效处理、分析并直观准确呈现是重要问题，如时空数据可视化需兼顾空间和时间维度变化。

3.2 可视化效果与性能的平衡

空间数据可视化需平衡效果与性能。提高效果要用复杂算法技术，但耗计算资源、影响渲染速度；提高性能要简化模型算法，但会牺牲效果。如三维可视化，复杂模型影响实时交互，简化模型则损失细节。

3.3 交互性与用户体验

良好交互性是空间数据可视化重要特点，但当前许多应用交互设计不足，方式不自然、操作不便捷，影响体验。此外，如何提供个性化可视化服务和交互体验也是问题，特别是在移动端GIS应用中，受限于屏幕尺寸，设计自然高效的交互方式面临更大挑战。

4 空间数据可视化优化策略

4.1 数据预处理优化

数据清洗：去除数据中的噪声、错误值和重复值，保证数据准确和一致。如，对于地理坐标数据，可以使用滤波算法（如卡尔曼滤波、中值滤波等）对这些异常点进行平滑处理，去除噪声干扰。

数据转换：将数据从一种格式或类型转换为另一种格式或类型，以满足可视化的需求。例如，将矢量数据转换为栅格数据^[2]，需要确定栅格的大小和分辨率，可以使用GIS软件中的“矢量转栅格”工具进行转换，并根据实际情况调整参数。

数据集成：将来自不同数据源的空间数据进行集成，统一数据格式和坐标系统，例如，将遥感影像数据与地形数据进行集成，生成更加丰富的地理信息。在进行数据集成时，需要使用坐标转换算法将不同坐标系统的数据统一到同一坐标系下。常见的坐标转换方法包括七参数法、四参数法等，可以使用专业的坐标转换工具或GIS软件中的坐标转换功能进行操作。

数据简化：对于数据量过大的空间数据，采用数据抽样、聚合等，减少数据量。例如，在绘制大规模点数据时，随机抽样、分层抽样等方法，根据数据的特点和可视化需求选择合适的抽样方法。同时，可以使用聚类算法（如K - Means算法、DBSCAN算法等）对数据进行聚合，将相近的数据点聚合成一个簇，用簇的中心点代表整个簇的数据，减少数据点的数量。

4.2 可视化算法优化

地图可视化算法优化：对于地图可视化，可以采用多分辨率地图显示技术，根据用户的缩放级别动态加载不同分辨率的地图数据，减少数据传输量和渲染时间。

例如,在Web地图应用中,可以使用瓦片地图技术,将地图数据预先切割成多个不同分辨率的瓦片,存储在服务器上^[3]。当用户进行缩放操作时,客户端根据当前的缩放级别请求相应分辨率的瓦片,实现地图的快速加载和显示。此外,还可以采用地图符号化优化算法,根据数据的特征和分布情况自动选择合适的符号和颜色进行表示,提高地图的可读性。例如,使用聚类分析算法对大量的点数据进行聚类,根据聚类的结果选择不同大小和颜色的符号进行表示,使地图更加清晰明了。

图表可视化算法优化:在图表可视化中,可以采用数据聚合和抽样算法,对大量数据进行聚合和抽样处理,减少数据点的数量,提高图表的绘制速度。同时,优化图表的布局算法,使图表元素之间的排列更加合理、美观。例如,在绘制柱状图时,使用动态布局算法根据数据的大小和数量自动调整柱子的宽度和间距,避免柱子之间过于拥挤或稀疏。此外,可以使用增量式渲染技术,只对发生变化的数据进行重新渲染,减少渲染时间。例如,在实时更新的折线图中,当有新的数据点到来时,只绘制新的线段,而不重新绘制整个折线图。

三维可视化算法优化:针对三维可视化计算复杂度高的问题,可以采用层次细节模型(LOD)技术,根据物体与视点的距离动态调整物体的细节层次,减少需要渲染的多边形数量,提高渲染速度。例如,在渲染一个大型城市的三维场景时,当视点距离建筑物较远时,使用低细节层次的建筑物模型进行渲染,只显示建筑物的大致轮廓;当视点靠近建筑物时,切换到高细节层次的模型,显示建筑物的细节特征。此外,还可以采用光照模型优化、纹理映射优化等技术,提高三维可视化的真实感和渲染效率。例如,使用基于物理的光照模型(如PBR光照模型)可以更真实地模拟物体的光照效果,但计算量较大。可以通过优化光照模型的计算过程,如使用近似算法或并行计算技术,减少计算时间。

动态可视化算法优化:对于动态可视化,可以采用增量式渲染技术,只对发生变化的数据进行重新渲染,减少渲染时间。同时,优化时间序列数据的处理算法,提高数据的更新速度和动态可视化的流畅性。例如,在交通流量动态可视化中,使用消息队列技术对传感器采集到的交通数据进行缓存和处理,按照一定的时间间隔将处理后的数据发送到客户端进行渲染。客户端接收到数据后,使用双缓冲技术进行渲染,避免画面闪烁,提高动态可视化的流畅性。

4.3 交互设计优化

自然交互方式:采用自然、直观的交互方式,如触

摸交互、手势交互、语音交互等,使用户能够更加轻松地与可视化系统进行交互。例如,在触摸屏设备上,用户可以通过手指的缩放、平移、旋转等操作来浏览和操作可视化结果。为了实现流畅的触摸交互,需要优化触摸事件的处理算法,减少延迟和误操作^[4]。例如,使用多点触控技术可以实现更复杂的交互操作,如双指缩放、三指旋转等。同时,可以结合手势识别算法,识别用户的手势动作,实现更加自然的交互体验。

个性化交互设置:根据用户的需求和行为习惯,提供个性化的交互设置选项,如交互操作的灵敏度、可视化结果的显示方式等,满足不同用户的个性化需求。例如,在一些专业的GIS应用中,允许用户自定义工具栏的按钮和快捷键,方便用户快速访问常用的功能。同时,可以根据用户的使用历史和偏好,为用户推荐个性化的可视化模板和交互方式,提高用户的工作效率。

交互反馈机制:建立完善的交互反馈机制,及时向用户反馈交互操作的结果,使用户能够清楚地了解自己的操作是否有效。例如,当用户点击某个数据点时,可视化系统可以弹出相应的信息窗口,显示该数据点的详细信息。同时,可以使用动画效果、声音提示等方式增强交互反馈的效果,提高用户的体验感。例如,在用户进行缩放操作时,可以使用平滑的动画效果展示缩放过程,使用户感觉更加自然和舒适。

结语:地理信息系统中空间数据可视化表达与优化,对辅助分析、决策支持及信息共享意义重大。当前常用可视化方法各有优势,但也面临数据复杂、效果与性能平衡、交互体验优化等挑战。本文提出的多维度优化策略,为实践提供了系统性参考。展望未来,人工智能(AI)驱动的自动化可视化、虚拟现实(VR)/增强现实(AR)带来的沉浸式体验,以及云边协同计算对超大规模时空数据的实时处理,将成为重要发展方向,值得深入探索。

参考文献

- [1]陈凯.基于地理信息的大数据挖掘与可视化关键技术研究.四川省,成都市勘察测绘研究院,2020-11-12.
- [2]范宇.基于GIS的地理信息可视化技术研究与应用[J].中国金属通报,2025,(05):130-132.
- [3]蓝婧.多源地理信息融合的城市地下空间测绘与可视化表达技术[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会,西南大学,重庆工商大学,重庆建筑编辑部.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集.丽水恒远工程技术有限公司,2025:333-336.
- [4]冯宇.基于Cesium的三维地理信息可视化平台的设计与实现[D].电子科技大学,2024.