

基于 GIS 的公共安全数据可视化管理研究

李超 于运录 雷振伍 孙德辉 邓小宝

(北方工业大学现场总线技术与自动化北京市重点实验室 北京 100144)

摘要 为实现对公共安全数据的有效管理,将 WebGIS 技术应用于公共安全数据可视化,基于 ArcGIS 平台进行公共安全的数据可视化管理研究和开发。以国家地震科学数据中心近 3 年的历史地震数据为例,结合网络地理信息系统,以动态的空间形式实现对地震数据的图形化显示、检索和分析的可视化管理。结果表明,该数据可视化管理平台有利于清晰掌握公共安全事件信息,为进一步对公共安全事件的风险分析和决策提供依据和保障。

关键词 公共安全 WebGIS ArcGIS 地震事件数据 可视化

中图分类号 TP3 **文献标志码** A **DOI**:10.3969/j.issn.1000-386x.2022.12.006

VISUAL MANAGEMENT OF PUBLIC SAFETY DATA BASED ON GIS

Li Chao Yu Yunlu Lei Zhenwu Sun Dehui Deng Xiaobao

(The Key Laboratory of Fieldbus Technology and Automation of Beijing, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

Abstract In order to achieve effective management of public safety data, WebGIS technology is applied to public safety data visualization, and the public safety data visualization management research and development is carried out based on ArcGIS platform. Taking the National Earthquake Data Center's historical seismic data for nearly 3 years as an example, the visual management of the graphical display, retrieval and analysis of seismic data was realized in a dynamic spatial form combined with the network geographic information system. The result shows that the data visualization platform is conducive to clearly grasp the information of public safety events, which provides a basis and guarantee for further risk analysis and decision-making of public safety events.

Keywords Public safety WebGIS ArcGIS Seismic data Visualization

0 引言

公共安全是国家和社会稳定发展的基础条件,近年来,我国面临的公共安全事件挑战日趋严峻,严重威胁人民的生命和财产安全^[1]。对公共安全数据进行有效的监测和分析,有利于实现对公共安全事件进一步的决策和防护,对降低国家和社会危害尤为重要^[2]。

在“互联网+大数据”时代,公共安全数据呈现出多源异构、数据价值密度低等特点^[3]。现阶段对公共安全数据可视化的研究潜能挖掘不够^[4],现有的 GIS 可视化的形式大多是特定研究方向的信息静态展示^[5],难以根据管理人员实际需求得到有效数据信息。

而在数据索引方面,普遍采用基于数据表格的索引机制,缺少基于 GIS 和表格动态交互的数据索引,难以满足公共安全领域对于数据管理效率的需求。

本文依据实验室承担的科技部重点研发计划“国家公共安全应急平台”所含专题“社会公共安全风险数据管理技术研究”的需求,构建基于 GIS 的公共安全数据可视化管理平台,将可视化技术应用于公共安全领域,把包含复杂事件信息的公共安全数据转变成易于理解的视觉图像,并结合 GIS 呈现数据的空间信息,形成公共安全数据展示和查询的信息目录,以动态标签的形式对单个数据点的综合信息进行弹窗显示,可通过点击地图数据点标记对应的表格数据,同时可以选择表格中数据定位到地图中的数据点,实现公共安

全数据的动态交互,从而针对公共安全事件实现更清晰的视觉判断和更严谨的决策分析^[6],并以地震事件数据为例进行实践验证。

1 平台架构设计

本文将基于 GIS 的公共安全数据可视化管理平台部署于 HP Gen8 服务器上,整体采用 B/S(浏览器/服务器)架构^[7]。可通过前端浏览器展示公共安全数据,从而对其进行图形化显示、弹窗显示及信息检索的有效管理,便于进一步分析和决策。平台架构图如图 1 所示,主要分为以下四层。

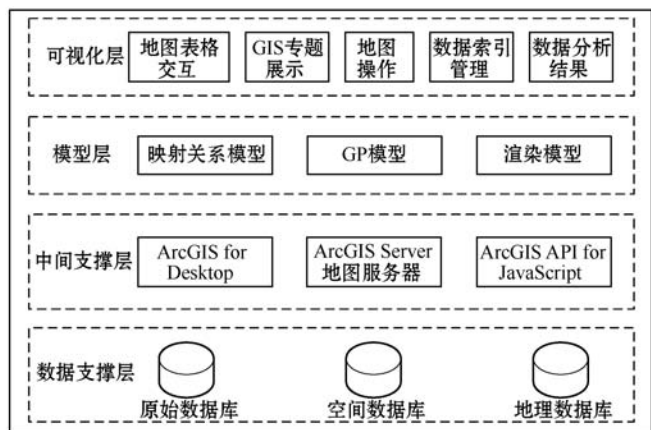


图 1 平台架构图

(1) 数据支撑层:以 HBase 非关系型数据库作为原始数据库,用于存储从互联网得到的多源异构公共安全数据;以 MySQL 关系型数据库作为空间数据库,用于存储关系型空间数据,空间数据经 ArcMap 处理形成统一坐标格式的地理信息数据,以供发布地图服务;以 Geodatabase 数据库作为地理数据库,用于存储地图要素等服务类可视化数据,为数据专题图可视化、模型分析等提供支持和保障。

(2) 中间支撑层:通过 ArcGIS for Desktop 完成数据的处理与转换,结合 ArcGIS Server 地图服务器,实现将数据发布成地图服务的功能^[8],通过 ArcGIS API for JavaScript 调用 REST URL^[9],完成在前端浏览器展示数据与地图间的交互,从而实现数据的显示、查询、分析等功能。

(3) 模型层:该层实现可视化过程中的相关模型建立,通过映射关系模型可实现数据到 GIS 的映射,达到预期的可视化效果;通过建立可编辑也可重复的 GP 模型,可实现批量处理复杂 GIS 任务的功能;通过渲染模型实现对可视化数据的唯一值渲染、分级渲染,加强数据的 GIS 可视化效果。

(4) 可视化层:该层主要通过浏览器实现可视化结果的展示。主要包括地图与表格间公共安全数据的信息交互、GIS 专题地图的展示、地图的基本操作、数据的索引管理及数据分析。

2 数据库设计

基于公共安全数据的特性,以地震事件的震级作为关键参数表示其风险等级,进行基于 GIS 的公共安全数据可视化管理研究的实践验证。

实验中的原始数据是从国家地震科学数据中心加载的实际中国历史地震数据,以中国地图边界范围(中国经度范围:73°33'E 至 135°05'E,纬度范围:3°51'N 至 53°33'N)为参考限制,设置东经 72°至 136°,北纬 3°至 54°,截取自 2017 年以来中国所有的地震数据,不限震级,得到了近 5 万条 xls 格式类型的数据。原始数据样例如图 2 所示。

震害日期	经度(°)	纬度(°)	震级(M)	震源深度(km)	震源类型	事件类型
2019-9-30 23:59:09	121.68	32.11	8	0.6	江苏扬州市城	天然地震
2019-9-30 23:58:07	105.06	28.15	15	0.3	四川汶川	天然地震
2019-9-30 23:57:35	83.53	40.72	17	2.4	新疆喀什	天然地震
2019-9-30 23:38:48	101.55	31.85	3	0.7	四川雅安	天然地震
2019-9-30 23:32:39	83.20	44.00	17	1.5	新疆喀什	天然地震
2019-9-30 23:24:55	104.91	28.12	11	0.1	四川汶川	天然地震
2019-9-30 23:20:07	121.71	32.08	8	1.3	江苏扬州	天然地震
2019-9-30 23:17:42	105.01	27.95	6	0.1	云南澜沧	天然地震
2019-9-30 23:00:59	112.10	21.53	8	0.1	广东阳江海域	天然地震
2019-9-30 23:00:41	112.12	21.53	11	0.8	广东阳江海域	天然地震
2019-9-30 22:45:18	111.76	21.74	14	0.4	广东阳江	天然地震

图 2 原始数据样例

原始数据无法直接应用于可视化,需要进行相应的数据转换。本文中的地图数据基于的坐标系是 GCS_WGS_1984,属于地心坐标系,坐标原点位置设在地球质心^[10],因此需结合 ArcCatalog 以及 ArcMap 将得到的原始数据转换为相同坐标系的地理信息数据。

为了减少坐标系转换中常见的错误发生,首先需要将 xls 数据类型转换为 csv 格式,其次在坐标系转换过程中 X、Y 坐标系不识别“度分秒”形式的经纬度信息,所以需要通过转换将“度分秒”转换为小数点形式。经度转换方法如下:

$$D = \text{SUBSTITUTE}(\text{SUBSTITUTE}(\text{LEFT}(C5, \text{LEN}(C5) - 1), "°", ":"), "' ", ":") * 24$$

纬度转换方法如下:

$$F = \text{SUBSTITUTE}(\text{SUBSTITUTE}(\text{LEFT}(E5, \text{LEN}(E5) - 1), "°", ":"), "' ", ":") * 24$$

其中:C 为转换前经度所在列,D 为转换后经度所在列。E 为转换前纬度所在列,F 为转换后纬度所在列。

最终将数据处理得到 shp 格式的地图数据,可发布地图要素类数据服务。本文通过使用 ArcGIS 提供的 Geodatabase 数据库来存储地理空间数据,该数据库部署于 HP Gen8 系统服务器,具有处理数据速度快、安全性相对较高的优点^[11],因此通过 Web 服务器进行数据可视化展示的速率能够得到保障。

3 可视化设计

3.1 可视化实现流程

可视化的实现主要依赖于 ESRI 公司提供的 ArcGIS 平台^[12],首先通过 ArcMap 对数据进行处理和转换,然后结合 ArcGIS Server 对数据进行地图服务的发布,通过调用 ArcGIS API for JavaScript 地图服务接口和 JSAPI 库功能组件进行专题图的制作。在制作中国地图的静态唯一值专题图后,将地震数据以震级为依据制作动态分级专题图,之后实现静态地图和动态地图的融合,通过 Web 界面以动态形式综合展示地震数据的所有信息。可视化实现流程如图 3 所示。



图 3 可视化实现流程

3.2 可视化功能模块设计

在实现地震数据可视化的过程中,功能模块的设计是至关重要的环节,本文构建的可视化功能模块如图 4 所示,包括功能调用模块、图层分析模块、模型渲染模块、地图操作模块和索引查询模块。

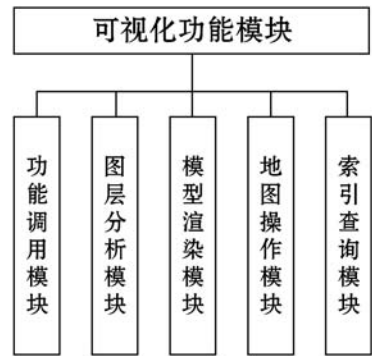


图 4 可视化功能模块

功能调用模块:该模块主要引入 API 库中提供的相关功能,通过 require 指令获取所需要的功能模块,生成每个功能模块的函数,实现可视化功能。

图层分析模块:该模块主要功能是对图层信息进行区分。图层属性包括最基本的点要素、线要素、面要素以及其他复杂的图形要素等,通过对不同的要素进行分析,选择相应的处理方式,为最终实现数据的可视化做好铺垫,同时也可对图层进行相应的功能设计,如图层弹窗设计、图层标注设计等。

模型渲染模块:该模块主要作用是利用唯一值渲染、分级渲染、热力图渲染等方式,对已分析完成的图层属性信息进行加工装饰,实现可视化的展示功能。

地图操作模块:该模块通过添加地图小部件实现在可视化界面上的相关操作功能,如平移、缩放、底图切换、测距等,也可通过添加图例、标签等增加可视化界面的丰富度。

索引查询模块:该模块通过定义数据字段属性,索引地图上所有数据的信息,从而对所查询内容进行精确定位查找以及范围搜索,便于实现进一步的分析与决策。

3.3 可视化实现关键技术设计

空间数据发布成地图服务是对空间数据进行处理的一种形式。通过 ArcGIS Server 提供的地图服务接口,可以在 ArcGIS API for JavaScript 中调用地图服务,实现对公共安全数据的可视化展示及空间分析。地图服务发布过程为:首先在 ArcMap 中加载 shp 格式地图数据,选择将数据发布为地图服务,并连接到预先建立的 ArcGIS Server Manager 站点。在对发布服务的名称及位置进行设置后,根据用户需求,可以对服务进行相应的参数设置,如服务器最大返回的数据数量、服务类型、功能选择等,最后进行服务分析,完成地图服务的发布。

底图加载是实现数据可视化管理的基础条件。地图的放大、缩小、平移等操作功能以及鹰眼图、精确查

询等显示功能都依赖于底图, ArcGIS API 接口提供了多样化的底图以供加载, 包括 streets、satellite、oceans 等。由于 ArcGIS 官方提供给开发者的底图主要为英文地图, 难以满足本文可视化需求, 因此通过调用服务加载中文版的世界地图作为底图, 并设置中国地图为 Web 界面的显示中心。

中国地图唯一值专题图通过 ArcGIS API for JavaScript 调用中国地图静态切片服务实现。通过 SimpleFillSymbol 函数定义渲染图层为面要素, 通过 UniqueValueRenderer 函数定义渲染模型为唯一值模式, 并在渲染模型中将省份字段信息“province”定义为颜色渲染对象, 实现对中国 34 个省级行政区的唯一值可视化。

地震分级图通过 ArcGIS API for JavaScript 调用地震数据动态服务实现。通过 SimpleMarkerSymbol 函数定义渲染图层为点要素, 通过 ClassBreaksRenderer 函数完成分级渲染的模式定义, 将渲染对象定义为数据字段信息中的“震级 M”, 实现对地震数据的分级可视化, 并通过 InfoTemplate 函数实现综合信息动态弹窗功能, 同时可根据需求设置要显示的字段信息。

数据索引管理的实现是在基于 GIS 可视化的基础上, 利用 FeatureTable 函数对要素表格进行设计, 通过调用 Query、QueryTask、Graphic 等函数, 设计实现基于地图及表格的地震数据查询功能, 并通过 syncSelection、showAttachments、showRelatedRecords 等功能组件对索引界面进行数据动态交互设计。

4 功能实现

4.1 唯一值专题图

由于本文所研究数据的经纬度截取范围是以中国边界最大值为限值, 所得地震数据包含了部分中国边境的数据, 所以研究中加载的底图是将中国定为中心的世界地图。为了更好地体现数据的空间性, 加强可视化效果, 本文以 34 个省级行政区为单位进行模型渲染, 制作中国地图唯一值专题图。

4.2 地震数据分级图

地震数据包含时间、空间、震级、深度等属性信息, 这些信息中震级是表征地震强弱的量度, 是划分震源放出的能量大小的等级, 震级象征公共安全事件中的风险等级, 以此字段信息作为数据划分的标准更能突出数据的分布特点, 便于进行分类查询。地震震级划分标准如表 1 所示。

表 1 地震震级划分标准

序号	强度	级别	影响程度	举例
1	微震	2.0 以下	几乎没有感觉	
2	弱震	2.0 - 2.9	若震源不深, 不易被察觉	
3	有感地震	3.0 - 4.4	可以感觉到, 但一般不会造成破坏	
4	中强震	4.5 - 5.9	可造成破坏, 但破坏程度与震源深度、震中距等多种因素有关	9·7 彝良地震
5	强震	6.0 - 7.9	可摧毁方圆百英里以内的区域	4·14 玉树地震
6	巨大地震	8.0 以上	可摧毁方圆数百至数千英里以内的区域	5·12 汶川地震

本文严格按照地震震级划分标准实现地震数据的分级可视化, 将每一条地震数据以点要素的形式展示在地图界面。以空间信息字段作为依据, 实现点要素在地图上的定位。以震级作为点要素所代表的的数据字段信息, 以不同颜色区分不同的震级, 在地图上以点密度图形式呈现。通过弹窗形式对数据的所有字段信息进行综合展示, 实现直观清晰查看每一条数据的时间、空间等信息的功能。地震数据分级图如图 5 所示。

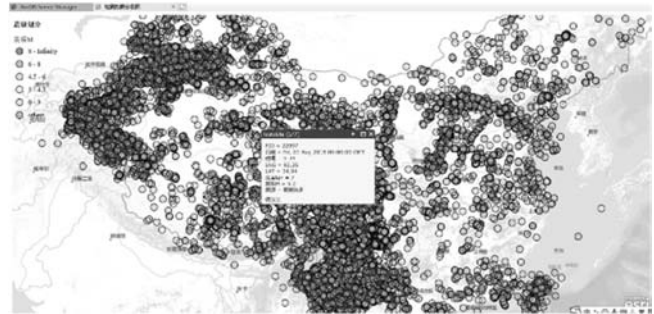


图 5 地震数据分级图

4.3 叠加专题图

为了更好地突出空间感, 加强空间属性的可视化效果, 本文设计实现了基于中国地图唯一值专题图和分级专题图的叠加展示, 将中国地图静态服务与地震数据动态服务进行了有效结合, 实现了叠加专题图的展示。叠加专题图如图 6 所示。



图 6 叠加专题图

4.4 地图操作

在叠加专题图界面,可通过常规地图操作进行缩放、平移,对地图数据进行详细查看,也可在弹窗界面通过“缩放至”按钮直接跳转到当前区域进行精确查看。地图缩放图如图 7 所示。



图 7 地图缩放图

4.5 数据索引

在可视化页面可通过设置震级条件实现对对应震级的数据索引。通过条件筛选,在可视化页面及数据属性图表中只显示要查询的数据。同时可视化页面与数据属性图表之间可以进行交互,在一方选择任意数据,另一方都可以跳转到当前所选数据。“清除条件”按钮可以实现清空所设置查询条件、显示所有数据信息的功能。数据索引初始界面如图 8 所示。



图 8 数据索引初始界面

当设置震级条件为 4.5 级以上时,表格数据数量从 48 606 条下降到 922 条,同时在地图上过滤掉震级为 4.5 级以下的数据点,清晰可见近 3 年全国发生的地震强度在中强震以上的地震比例相对比较少,而且震源基本位于中国的西部和南部,由此可以直观查看数据的综合信息,从而对事件进行有效的分析。条件设定索引界面如图 9 所示。



图 9 条件设定索引界面

5 结 语

本文以公共安全为研究主题进行数据的可视化管理研究,基于地震事件数据进行了成果的验证。以叠加专题图、点密度图的形式有效突出数据的关键属性,同时基于图表和地图建立数据索引机制,形成动态的交互效果,构建了一个能更直观有效对事件进行展示、查询和分析的可视化管理平台。结果表明,该可视化平台改变了传统的栅栏数据表现形式,突破了基于 GIS 的数据静态可视化表达方式的局限,以动态的空间形式呈现,并且满足政府相关主管部门对公共安全事件数据的索引需求,对公共安全领域的研究具有一定参考价值。

参 考 文 献

- [1] 刘杨. 基于公共安全的应急信息处理平台的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2013.
- [2] 孙恭鑫. 面向公共安全的数据分析系统设计与实现[D]. 北京:中国科学院大学,2017.
- [3] 沙勇忠,陆莉. 公共安全数据管理:新领域与新方向[J]. 图书与情报,2019(4):1-12.
- [4] 董强. 基于 GIS 的灾害文献史料数据库构建与可视化实现研究——以日本灾害事例数据库为例[J]. 防灾科技学院学报,2020,22(1):80-85.
- [5] 吴珍云,金忠平,王冬辰,等. 基于开源 GIS 的地震应急信息可视化平台构建与应用[J]. 实验室研究与探索,2020,39(1):69-73.
- [6] 秦永平,汪群山,王晓芳. 基于 WebGIS 的公共卫生预警预测系统设计与实现[J]. 计算机应用与软件,2014,31(4):94-97.
- [7] 赵曦,姬建中,常俊,等. 基于 WebGIS 的地震数据服务系统建设及关键技术研究[J]. 灾害学,2014,29(3):224-228.
- [8] 肖昕,方朝阳. 基于 GIS 的土地执法监察系统设计与实现[J]. 计算机应用与软件,2019,36(7):117-121.
- [9] 周敏,王红春,高金萍,等. 基于 ArcGIS API for JavaScript 的森林抚育成效监测专题图研究[J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(1):26-29.
- [10] 于书媛. 基于百度地图的安徽省地震目录可视化系统的设计与实现[J]. 国际地震动态,2019(10):24-29.
- [11] 王璐. 基于微博签到数据的可视化分析系统研究[D]. 西安:长安大学,2019.
- [12] 俞超,蔡维华,洪镇洲. 基于 GIS 的地震科学数据共享平台的设计与实现[J]. 计算机应用与软件,2011,28(7):86-88,158.