

# 基于遥感 GIS 的地震应急信息质量控制系统设计

唐桂彬, 周波

(杨凌职业技术学院 交通与测绘工程分院, 陕西 咸阳 712100)

**摘要:** 由于现有系统受聚集路线延迟影响, 导致地震应急信息质量控制效果不明显, 为了解决这个问题, 设计了基于遥感 GIS 的地震应急信息质量控制系统; 设计遥感 GIS 的地震应急信息总体架构, 通过地震应急信息管理模块控制属性信息库进行空间控制; 硬件部分设计带有物理超分辨率显示模块的存储服务器, 通过用户交互界面建立网络消息驱动的显示程序, 并与用户直接交互; 设计带有秒启动环网功能的 WEB 服务器, 避免系统出现故障停机情况; 采用主从式方式, 以 GIS 平台为支撑, 设计全景操作端, 显示 GIS 程序屏幕地震应急信息; 考虑地震应急信息传输通道冲突概率, 将多路地震应急信息聚集结果有效返回到 Sink 上, 根据基于同心圆并行路线, 避免额外增加应急信息传输通道量, 计算聚集路线延迟; 通过同心圆并行路线维护聚集地震应急信息表, 并设计信息聚焦控制实现步骤, 完成软件部分的设计; 由实验结果可知, 该算法在 60 s 聚集时间内, 地震应急信息传输量为 6.2 G, 这些地震应急信息全是可观测信息, 具有明显地震应急信息质量控制效果。

**关键词:** 遥感 GIS; 地震应急信息; 信息质量; 全景操作端

## Design of Earthquake Emergency Information Quality Control System Based on Remote Sensing GIS

TANG Guibin, ZHOU Bo

(Department of Transportation and Mapping, Yangling Vocational & Technical College, Xianyang 712100, China)

**Abstract:** Because the existing system is affected by the delay of gathering route, the quality control effect of earthquake emergency information is not obvious. In order to solve this problem, a quality control system of earthquake emergency information based on remote sensing GIS is designed. The overall framework of earthquake emergency information of remote sensing GIS is designed, and the attribute information database is controlled by the earthquake emergency information management module for spatial control. In the hardware part, a storage server with physical super-resolution display module is designed, and a network message driven display program is established through the user interface, which can interact with the user directly. Design a web server with the function of starting ring network in seconds to avoid system failure and shutdown. Using the master-slave mode, supported by the GIS platform, the panoramic operation terminal is designed to display the earthquake emergency information on the GIS program screen. Considering the collision probability of earthquake emergency information transmission channel, the multi-channel earthquake emergency information aggregation results are effectively returned to Sink. According to the concentric circle based parallel route, the additional amount of emergency information transmission channel is avoided, and the aggregation route delay is calculated. Through the concentric circle parallel route, the earthquake emergency information table is maintained, and the information focus control implementation steps are designed to complete the software design. The experimental results show that the transmission amount of earthquake emergency information is 6.2G in 60s aggregation time, and all the earthquake emergency information is observable information, which has obvious effect of earthquake emergency information quality control.

**Keywords:** GIS component; earthquake emergency information; mapping data; aggregate queries

## 0 引言

二维地形的可视化绘制是地震应急中心的一个重要课题, 对三维地震地区地形的特征信息在二维地图或三维地形中的简单表示是目前比较系统和有效的方法, 但三维地形的特征地震应急信息的可视化绘制还没有统一的解决方案<sup>[1]</sup>。主要有两种解决方案, 一是采用以地震应急信息为中心的访问方式, 强调地震应急信息传输路径的能量损耗

最小; 二是在访问速度平衡下的地震应急信息聚合策略, 将地震应急信息访问位置设置在需要控制的位置, 并根据访问位置的变化进行调整。目前, 两种系统都是基于坐标系的计算方法, 而地震应急地理信息表达往往需要采用大地坐标系, 传统系统无法直接将地震应急信息移植到相关坐标系<sup>[2]</sup>。地形图是 GIS 系统的基本地震应急信息, 其包含的点、线、多边形等是反映道路、河流、土壤等地理实

收稿日期:2021-03-12; 修回日期:2021-04-08。

作者简介:唐桂彬(1979-),女,广西桂林人,硕士,副教授,主要从事测绘与地理信息方向的研究。

引用格式:唐桂彬,周波.基于遥感 GIS 的地震应急信息质量控制系统设计[J].计算机测量与控制,2021,29(10):98-102.

体分布地震应急信息的重要地震应急信息。该地震应急信息可由卫星图像或 GIS 测量, 或由用户手工输入。一个成熟的 GIS 系统应该能够合理显示、管理和存储所有特征地震应急信息, 并且能够让用户在任何时候以其他地震应急信息格式修改、测量和导出。针对这一问题, 设计了基于遥感 GIS 的地震应急信息质量控制系统。将 GIS 技术和计算机技术结合起来, 可以有效地收集、处理和维持地震应急信息库中的应急信息。

## 1 地震应急信息质量控制系统整体架构设计

大规模地形地震应急和三维态势可视化背景下的空间控制是必要的, 三维态势系统中态势地震应急信息具有时变性, 为了直观地显示这些变化, 需要利用系统提示图或文字等形式<sup>[3]</sup>。基于遥感 GIS 的地震应急信息质量控制总体架构如图 1 所示。

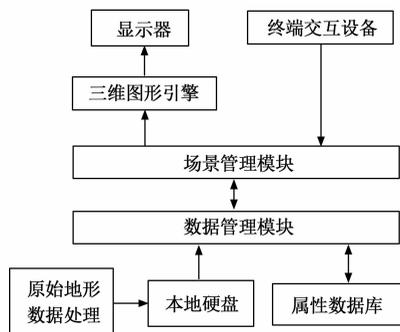


图 1 基于遥感 GIS 的地震应急信息控制总体架构

由图 1 可知, 原始地形地震应急信息处理模块主要完成原始高程地震应急信息的导入、分割、分层等操作, 生成实时调度的场景绘制地震应急信息。将场景绘制地震应急信息放入本地硬盘进行处理, 同时获取硬盘上的地形地震应急信息<sup>[4]</sup>。

场景管理模块和地震应急信息管理模块是场景绘制系统的核心, 其中场景管理包括地形生成、纹理绘制、环境绘制(光、天、雾等)、景物标绘等, 这些都需要与图形引擎进行交互<sup>[5]</sup>。

由于地震应急信息量大, 不能一次显示, 地震应急信息管理主要包括地震应急信息调度。在进行地震应急信息管理时, 需要对内外存储间的地震应急信息进行实时调度。而处理过的高精度地震应急信息直接存储在本地硬盘上, 因此, 地震应急信息管理需要实时控制并采集本地存储地震应急信息, 而接收来自终端设备的对其管理时序的请求, 从而控制空间地震应急信息<sup>[6]</sup>。

地震应急地理信息系统中的空间控制模块是 GIS 特有的, 为记录空间绘制实体的坐标、名称等属性地震应急信息, 建立了属性地震应急信息库。地震应急信息管理模块在导入特征标绘或场景模型后生成该地震应急信息, 并通过地震应急信息管理模块控制属性地震应急信息库完成空间控制。

## 2 地震应急信息质量控制系统硬件设计

地震应急信息质量控制系统硬件部分主要设计了存储服务器、WEB 服务器和全景操作控制模块。存储服务器调节各节点信息传递, 使信息超分辨率显示, 利用 WEB 服务器支持用户交互, 全景操作控制模块负责实时处理并显示全景地图信息。

### 2.1 存储服务器

通过系统架构虽然可建立物理超分辨率显示模块, 但并不能很好地利用硬件的超分辨率显示细节。

超分辨率的遥感图像在地表破裂程度判断、断层空间描述等方面的应用<sup>[7]</sup>, 能够为地震的破坏程度和地震的分布范围作出快速判定提供依据。为了达到与物理显示矩阵分辨率一致的细节显示率, 实现真正的超分辨率显示, 需要存储服务器控制<sup>[8]</sup>。存储服务器结构如图 2 所示。

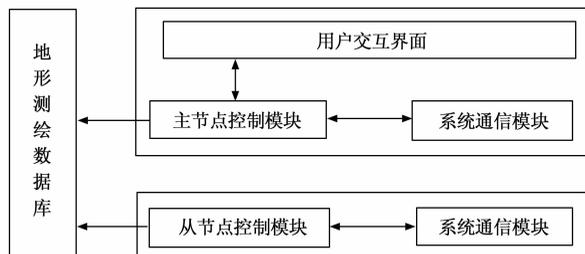


图 2 存储服务器

如图 2 所示, 存储服务器由两部分组成: 主节点和从节点, 使用 TCP 或 UDP 协议在两者之间传递消息。基于 GIS 平台提供的开发接口, 创建了一种超分辨率显示组件, 该组件被 GIS 集成应用程序用作全景的运行控制终端, 即主节点。主节点超分辨率显示组件由主节点控制模块和系统通信模块两部分组成<sup>[9]</sup>, 利用 GIS 开发平台提供开发界面, 建立了网络消息驱动的显示程序, 可直接与用户进行交互。它作为一个显示输出终端, 即一个从节点, 与主节点对应的从节点包括: 从控制模块和系统通信模块, 同时, 通过用户交互界面可为 GIS 主节点集成应用提供帮助。

### 2.2 WEB 服务器

使用 WEB 服务器与 GIS 主节点集成应用, 从存储服务器中获得数据进行处理, 为用户交互提供服务支持, WEB 服务器如图 3 所示。

由图 3 可知, 该服务器与摄像头、各个服务器相连, 其主要是由智能环网自动组环, 包含电信级元器件、散热式金属外壳, 具有秒启动环网功能, 自愈时间达 25 ms。即使系统出现关机情况, 也可自动启动, 使系统正常运行。

### 2.3 全景操作控制模块

系统采用主从式设计, 以 GIS 平台为支撑的综合应用程序作为全景操作控制终端, 实现了地图显示的实际范围。此外, 系统由多台 GIS 应用集群机构成显示输出终端, 每台显示输出终端与外部显示设备相连接, 组成超分辨率显示矩阵, 可对全景地图范围进行更详细显示<sup>[10]</sup>。全景操作控制模块如图 4 所示。

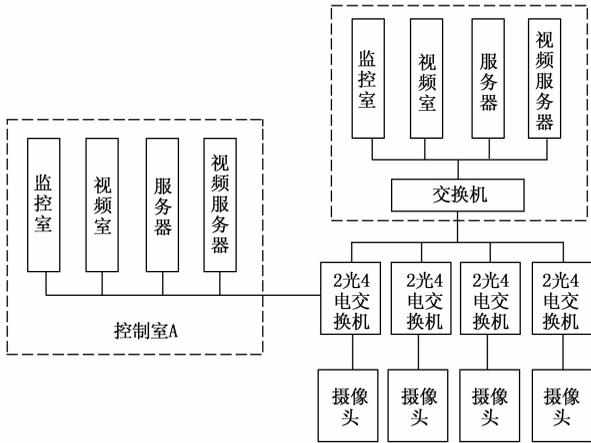


图 3 WEB 服务器



图 4 全景操作控制模块

由图 4 可知，通过局域网将全景运行控制终端连接到分布式集群显示输出终端，运行时，全景处理终端的 GIS 程序将当前屏幕地震应急信息（地理位置、显示范围）划分为若干块，分配为相应显示矩阵<sup>[11]</sup>。每一站都会将所获得的位置和距离地震应急信息与其自身的显示分辨率相比较，计算出相应比例关系，然后根据比例关系再以对应的比例重新显示。在震后的遥感影像显示时，融合数字搞成数据，生成超分辨率的影像，更全面地体现震后灾区的地貌特征，尤其是山体滑坡、道路阻塞破损等地形信息显示详细，为震害程度的判别提供有力依据。

### 3 地震应急信息质量控制系统设计

GIS 是一种计算机系统，包括收集、存储、管理、显示和分析与地形地震应急空间地理分布有关地震应急信息，并用于地震应急信息的输入、存储、控制、分析和显示<sup>[12]</sup>。将地理与绘图相结合，可将地图、地震应急地理信息分析功能独特视觉效果与通用地震应急信息控制功能集合在一起，用于地震应急信息质量控制。

#### 3.1 聚集路线延迟分析

考虑地震应急信息数据的分散式特点，聚集算法将数据分成不同聚集节点，使用分组序号进行分组聚集计算，以代替通常使用的顺序排序计算，有效减少运算开销<sup>[13]</sup>，能够实现快速地震应急信息处理。为了确保聚集算法能采集区域内所有地震应急信息控制敏感地震应急信息，需设置从第一个聚集节点开始，沿理想路由实时确定下一个聚集节点，直到最后一个聚集节点，从而得到实际路由的聚集节点序列。对每一个聚集节点来说，发送聚集请求、接

收地震应急信息节点地震应急信息的时间基本上是固定的，所以聚集路线总延迟是由理想地震应急信息聚集路线总长度来确定的。

聚集路线延迟计算公式为：

$$latency = \frac{\sum_{i=1}^{Areal/W} 2\pi * W * i}{davg\_A} * Delay \quad (1)$$

式 (1) 中，*Area* 表示地震应急信息聚集面积；*davg\_A* 表示不同地震应急信息聚集间距离；*Delay* 表示聚集节点发送和接收聚集请求所耗费时间。虽然平行发布能有效减少聚合延迟，但是，并行地震应急聚合可能导致通道冲突<sup>[14]</sup>。所以，在设计地震应急信息聚集路径时，有必要考虑地震应急信息传输通道冲突概率。

在此基础上，将多路地震应急信息聚集结果有效地返回到 Sink 上，尽量降低额外增加的地震应急信息传输通道量<sup>[15]</sup>。为此，提出基于同心圆并行路线，如图 5 所示。

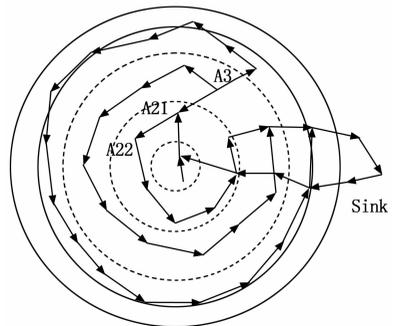


图 5 同心圆并行路线

由图 5 可知，每一个同心圆的初始集散节点，不仅决定了下一个同心圆沿着理想路径运行（一般设置为逆时针），而且也决定了外同心圆的初始集散节点，以减少并行操作，避免信道冲。当选择外同心圆起始聚集节点时，各同心圆的起始聚集节点应尽量选择与其理想路径（顺时针方向）相反、离理想路径越近的节点。

在理想路径上，第二环同心圆的起始聚集节点 A21 选择 A22 作为下一个聚集节点，第三环同心圆选择 A31 作为开始聚集节点，这样各同心圆就可以并行处理了<sup>[16]</sup>。该并行处理的总延迟取决于从最内环到最外环的路径长度以及理想的最外环路径，所以聚集路线总延迟公式如下：

$$latency_{crl} = \left( \frac{2\pi * W * \left| \frac{\sqrt{Areal\pi}}{W} \right|}{davg\_A} + \left| \frac{\sqrt{Areal\pi}}{W} \right| \right) * Delay \quad (2)$$

结合公式 (2)，可确定同心圆并行路线总延迟，为地震应急信息聚焦控制实现步骤设计提供地震应急信息支持。

#### 3.2 地震应急信息聚焦控制系统软件流程

通过同心圆并行路线维护了聚集地震应急信息表，该表中存储了从子集群到控制树的地震应急信息分布地震应急信息。由 *N<sub>x</sub>* 节点维护的聚集地震应急信息表包括以下 3 个主要地震应急信息：

1) 地震应急信息表的  $N$  列记录了  $Nx$  节点地震应急信息, 该地震应急信息包括群集的感知地震应急信息分布地震应急信息, 以及地震应急信息分布节点的数量<sup>[17]</sup>。

2) 在  $Nx$  集群中, 通过查询聚集地震应急信息表最后  $M-1$  行的地震应急信息, 可以得到每个子节点的地震应急信息分布地震应急信息及每个子节点的剩余能量地震应急信息, 以及地震应急信息分布地震应急信息<sup>[18]</sup>。

3) 根据对地震应急信息表第一列地震应急信息的控制, 可以确定  $Nx$  作为集群中每个节点的剩余能量。

由于聚集地震应急信息表存储子节点地震应急信息, 所以在进行查询时, 需要沿每层表逐层分布查询请求。根据节点地震应急信息表中记录的地震应急信息分布情况, 对地震应急信息进行控制时隙分配。

根据控制时隙分配<sup>[19]</sup>, 设计地震应急信息质量控制系统设计实现步骤, 如下所示:

step1: 按顺序排列在节点地震应急信息表中记录的感知地震应急信息, 当地震应急信息为正态分布时, 列越长, 地震应急信息值越大。设  $\sum Ni (i = N - J, \dots, N)$  为感知地震应急信息区间节点数, 根据该节点数和控制地震应急信息聚集值, 可确定满足  $\sum Ni > K (i = N - J, \dots, N)$  的最小值。地震应急信息中的每一个父节点都包含着子节点的地震应急信息分布地震应急信息, 因此可以直接计算出  $Ni$  的数值。

step2: 根据计算出的  $Ni$  数值, 通过对集群头地震应急信息表地震应急信息的查询, 地震应急信息控制请求节点直接提交相应的地震应急信息<sup>[20]</sup>。由于前列对控制结果没有影响, 因此相应子节点不返回地震应急信息。通过大量地震应急信息的转发, 减少了地震应急信息转发次数, 提高了地震应急信息源定位精度。

step3: 控制集群头地震应急信息表中最后一列的地震应急信息, 允许每个节点返回不是 0 的节点感知地震应急信息表中的最后一列, 而不分发控制时段无感知地震应急信息的节点分布在下一列, 并进一步执行返回的地震应急信息过滤, 以减少地震应急信息聚集能量消耗, 由此完成地震应急信息质量控制。

### 4 实验

为了验证基于遥感 GIS 的地震应急信息质量控制系统的合理性, 进行实验验证分析。

#### 4.1 实验背景

根据某市地震应急管理处制定的设计书, 进行地形地震应急。目前, 规划局已经完成某市市区和大部分郊区的 1:500 地形图, 某市三环以内全部地区 1:500 地形图正在进行, 届时完成市区和所有郊区基础地震应急地形图。省地震应急局提供 1:10 000 地震应急地形图。部分应急地震信息存储在某市地震信息库中。

#### 4.2 测试地震应急信息

在系统中加载单要素层, 将服务器终端地震应急信息库读取到客户端内存中, 并将内存全部显示在视图上。根

据相应地震应急信息属性, 通过 OID 控制, 构建主索引, 测试的地震应急信息如表 1 所示。

表 1 测试的地震应急信息

地震应急信息量	33 M	500 M	1 G	3 G	4 G
地震应急信息加载	0.15	0.225	0.945	2.645	2.950
平面全图	12.45	32.15	73.95	284.25	330.35
要素查属性	0.16	0.045	0.285	0.845	0.545
特性要素	0.152	0.176	0.35	0.15	0.45
合并	5.65	11.35	12.55	20.15	26.14
复杂变更	3.25	23.30	50.25	50.45	70.92
可调整汇总	10.15	19.45	45.70	577.52	915.81

### 4.3 地震应急信息转发字节数分析

由于地震应急过程中, 需要大量地震应急信息支持, 然而受到聚合地震应急信息影响, 地震应急信息表中只记录地震应急信息分布情况, 并没有记录地震应急信息本身, 地震应急信息量很小。因此, 分析测试地震应急信息中地震应急信息转发字节数, 为地震应急信息质量控制提供精准地震应急信息支持。

不同地震应急信息变化下, 转发字节数, 如图 6 所示。

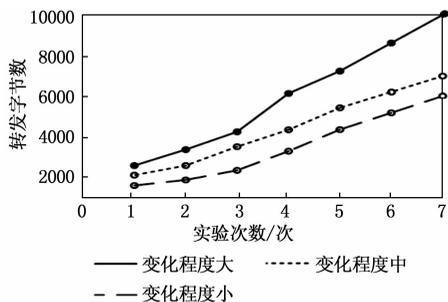


图 6 不同地震应急信息变化下转发字节数

由图 6 可知, 不同地震应急信息变化程度下, 变化程度大的地震应急信息, 转发字节数较少, 此时需要频繁更新节点地震应急信息, 保证转发地震应急信息量大, 为地震应急信息质量控制验证提供更多地震应急信息; 反之, 变化程度小的地震应急信息, 转发字节数较多, 此时无需频繁更新节点地震应急信息, 就可具有较大转发地震应急信息量。因此, 变化程度中的转发字节数作为基本地震应急信息更加稳定。

### 4.4 地震应急信息质量控制结果与分析

在变化程度中等转发字节数支持下, 分别使用地震应急信息中心存取方法、地震应急信息聚集策略和基于遥感 GIS 方法分析地震应急信息传输量, 如表 2 所示。

表 2 不同方法地震应急信息传输量对比分析

聚集时间/s	地震应急信息中心存取方法	地震应急信息聚集策略	基于遥感 GIS 方法
10	200 M	200 M	300 M
20	400 M	400 M	500 M
30	700 M	600 M	800 M
40	1 000 M	800 M	1.2 G
50	1.1 G	1 G	1.5 G
60	1.3 G	1.2 G	1.8 G

由表 2 可知,使用地震应急信息中心存取方法在 60 s 聚集时间内,地震应急信息传输量为 4.7 G,在聚集时间为 40 s 时,聚集速度较快;使用地震应急信息聚集策略在 60 s 聚集时间内,地震应急信息传输量为 4.2 G;使用基于遥感 GIS 方法在 60 s 聚集时间内,地震应急信息传输量为 6.2 G。

通过上述分析可知,使用基于遥感 GIS 方法在 60 s 聚集时间内,地震应急信息传输量最大。为了验证该系统聚集效果好,分析可观测地震应急信息量,再次将 3 种方法对比,结果如图 7 所示。

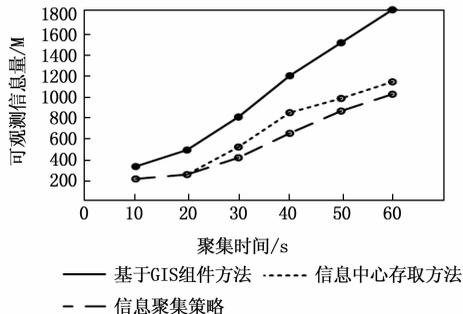


图 7 不同方法可观测地震应急信息量对比分析

由图 7 可知,使用地震应急信息中心存取方法、地震应急信息聚集策略无法显示出全部传输地震应急信息,而使用基于遥感 GIS 方法可显示出全部传输地震应急信息,由此可知,使用该系统地震应急信息质量控制效果明显。

## 5 结束语

设计基于遥感 GIS 的地震应急信息质量控制系统,通过全景操作端,全面显示应急地震信息,支持各种地震应急信息聚集值控制请求。实验分析表明,该系统可以有效用于地震应急信息分析,地震应急信息质量控制效果明显。

虽然使用所设计系统达到明显控制效果,但是还是存在很多问题值得研究:

- 1) 在多控制或者一次控制过程中,出现多个结果返回现象时,需避免返回路径冲突;
- 2) 优化控制请求后地震应急信息提交传输路径及信道,并进行地震应急信息预处理;
- 3) 合理预测地震应急信息,更新地震应急信息分布表,避免影响网络执行效率。

## 参考文献:

[1] 刘振东,李成名,武鹏达,等. 去 LoD 层级约束的海量三维地形裂缝实时消除算法 [J]. 测绘通报, 2018, 496 (7): 52-56.

[2] 赵彦庆,程芳,魏勇. 一种海量空间数据云存储与查询算法 [J]. 测绘科学技术学报, 2019, 36 (2): 185-189.

[3] SHOYAMA K, CUI Q, HANASHIMA M, et al. Emergency flood detection using multiple information sources: integrated analysis of natural hazard monitoring and social media data [J].

Science of The Total Environment, 2020, 767 (1): 144371.

[4] 文佳昕,李靖涵,行瑞星,等. 顾及地形复杂度的多波束测深数据抽稀算法 [J]. 测绘科学技术学报, 2018, 35 (4): 108-113.

[5] 张志衡,董箭,彭认灿,等. 基于滚动球变换的 TIN\_DDM 地形形态划分及连续尺度表达 [J]. 测绘学报, 2020, 49 (5): 112-123.

[6] PAS I, CALERA A, CAMPOS I, et al. Remote sensing for estimating and mapping single and basal crop coefficients: a review on spectral vegetation indices approaches [J]. Agricultural Water Management, 2020, 233: 106081.

[7] REIS A D, FRANKLIN S E, MELLO J D, et al. Volume estimation in a Eucalyptus plantation using multi-source remote sensing and digital terrain data: a case study in Minas Gerais State, Brazil [J]. International Journal of Remote Sensing, 2019, 40 (7/8): 2683-2702.

[8] 王明,李丽慧,廖小辉,等. 基于无人机航拍的高陡/直立边坡快速地形测量及三维数值建模方法 [J]. 工程地质学报, 2019, 27 (5): 999-1008.

[9] 尚晖. 可编程遥感数据动态采集下临空高速目标探测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2021, 29 (3): 108-113.

[10] 魏亮,林子雨,赖永炫. DFTS: 面向大数据集的 Top-k Skyline 查询算法 [J]. 计算机科学, 2019, 46 (5): 150-156.

[11] 孙舟,田贺平,潘鸣宇,等. 有效解决数据缺失问题的聚集查询算法 [J]. 计算机工程与应用, 2018, 54 (24): 72-78.

[12] 李圳波,史永存,孙芳芳,等. 基于 GIS 的遥感溢油监测系统设计 [J]. 航海工程, 2020, 49 (2): 61-65, 73.

[13] 谢宏全,陈岳涛,赵芳,等. 背负式移动激光扫描系统测绘大比例尺地形图精度试验研究 [J]. 测绘通报, 2019, 503 (2): 150-152, 165.

[14] 李建,韩立. 基于可视化遥感的地震大区域灾情收集系统 [J]. 地震工程学报, 2019, 41 (2): 520-525.

[15] 杨斌,甄盟. 基于天地图数据平台的地震应急评估决策服务系统设计与实现 [J]. 震灾防御技术, 2020, 15 (1): 171-181.

[16] 仲照东. 基于 GIS 技术和激光机载技术的三维地形测量系统 [J]. 激光杂志, 2018, 39 (12): 28-31.

[17] 陈晓琳,李盛乐,刘坚,等. 基于北斗卫星通信的地震应急指挥系统研究 [J]. 地震工程学报, 2020, 42 (6): 123-130.

[18] JIANG J, LYU C, LIU S, et al. RWSNet: a semantic segmentation network based on SegNet combined with random walk for remote sensing [J]. International Journal of Remote Sensing, 2020, 41 (2): 487-505.

[19] 张继贤,黄国满,程春泉. 面向对象高可信 SAR 数据精确处理 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2018, 43 (12): 66-78.

[20] LIANG S, DENG X, JIANG W. Optimal data fusion based on information quality function [J]. Applied Intelligence, 2019, 49 (1): 3938-3946.