基于Cesium框架的突发生物危害事件可视化智能决策支持平台

张珣[1,2],王冬鸣[1],江东[2,3],付晶莹[2,3],李江涛[1]

1. 北京工商大学计算机与信息工程学院;食品安全大数据技术北京市重点实验室,北京 100048
2. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101
3. 中国科学院大学资源与环境学院,北京 100049

摘要 面对全球范围内复杂多变的突发生物危害事件的新形势,为了满足突发生物危害事件模拟预测研究的迫切需求,本文基于开源的三维地理信息Cesium框架和WebGL技术,明确了突发生物危害事件决策平台的总体构架方案。在此基础上,建立了面向突发生物危害事件要素数据库,以生物恐怖袭击、生物入侵和突发传染病3种应用场景,实现了从仿真模拟、到危害评估、再到辅助决策与干预措施的功能模块,建立了一套三维地球场景的突发生物危害事件可视化智能决策支持平台。

关键词 Cesium;生物危害;系统设计;功能设计

在经济全球化、政治多极化、全球气候变化的新形势下,生物恐怖袭击、生物入侵、突发传染病等突发性生物危害事件给人民生命安全乃至国家安全带来极大威胁,生物安全引起了各国政府的高度重视,越来越多的国家将生物安全纳入国家安全战略[1]。

自"9·11事件"及"炭疽邮件"事件后,各国开展了一系列应对生物恐怖活动的研究工作[2-3]。其中,卡内基梅隆大学研发的生物战模拟系统(BioWar)[4],可针对生物恐怖事件危害评估与处置进行政策方面的模拟,也可实现对传染病(直接接触传播和飞沫传播)的模拟分析[5],但该系统缺少地理信息以及可视化界面;洛斯·阿拉莫斯国家实验室设计的流行病模拟系统(EpiSimS)[6-7],是模拟遭受天花生物恐怖袭击导致的大规模传播的可视化模拟系统[8],但其模拟尺度仅限于美国的中等城市。另外,美国国立普通医学科学研究所的季节性流感模拟系统(FluTE)[9],主要以季节性流感在美国境内的大规模流行行为情景进行模拟,其最主要的特点在于其开源性,系统源代码可到MIDAS官方网站下载[10-11]。日本则在应对H1N1猪流感上利用全球定位系统(GPS)手机系统防控传染病,通过记录被感染者的活动,分析接触者的感染几率并提醒接触者前往医院检查。加拿大启用全球公共卫生系统CPHIN II,通过监测全球信息源,例如新闻通信和网站,自动过滤信息,供相关部门和组织使用[12]。

收稿日期:2018-03-28;修回日期:2018-06-04

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC1201300)

作者简介:张珣,副教授,研究方向为GIS软件技术,电子信箱:zhangxun@lreis.ac.cn;江东(通信作者),研究员,研究方向为资源环境遥感监测,电子信箱:jiangd@igsnrr.ac.cn

引用格式:张珣,王冬鸣,江东,等. 基于Cesium框架的突发生物危害事件可视化智能决策支持平台[J]. 科技导报, 2018, 36(13): 88-94; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.13.012

中国同样面临着严峻的生物危害形势,相关机构和学者针对生物危害事件系统建设方面的研究逐步涌现[13](表1)。这些系统针对不同的研究对象各有侧重,实现危害评估与二维信息可视分析。而在危害评估与辅助决策的可视化综合信息平台以及现场紧急处置技术的集成优化研究薄弱且技术分散,尤其是缺乏集成现场信息、仿真模拟、危害评估、辅助决策、干预措施于一体的可视化综合信息平台,制约了中国应对突发生物危害的科学决策和紧急应对能力[1]。

表1　中国有关生物危害事件系统建设情况

Table 1　Domestic biohazard incident system construction

机构名称	平台名称	平台特点
中国科学院地理科学与资源研究所	SARS控制与预警地理信息系统(2003年)[16]	基于WebGIS的疫情发布系统,包含SARS疫情信息实时发布、监控和以城市地图为基础SARS信息时空分析
中国人民解放军军事医学科学院微生物流行病研究所	突发生物事件现场危害评估模拟系统[17]	具有可视化、携带方便、易于操作的特点,并能为防疫人员提供准确的生物危害信息的突发生物事件现场危害评估模拟
中国科学院深圳先进技术研究院	面向微博数据的流感疫情监测分析系统[18]	获取微博数据,利用支持向量机(support vector machine,SVM)方法进行自动分类,以进行流感疫情自动监测和分析
中国动物卫生与流行病学中心	高致病性禽流感和口蹄疫决策支持系统	能够实现全球尺度检测,可根据监测点批量准确录入疫点坐标
中国农业科学院植物保护研究所	入侵生物的预警与监控技术	集物种数据信息、安全性评价、DNA条形码识别与诊断、远程监控等系统为一体的入侵生物早期预警与监控技术平台[19]

就空间信息可视化技术而言,随着网络地理信息系统(WebGIS)技术的不断发展与人们认知水平的提高,传统的二维地理信息系统(GIS)可视化系统已然不能满足于人们对三维大规模全球尺度空间的认知。Cesium作为一种轻量级的开源三维WebGIS开发框架,具有成本低、跨平台[14]、支持多种地图格式等特性,并且支持WebGL(Web Graphics Library)的硬件加速,使其无须安装插件就能够在支持最新HTML5的浏览器上流畅运行,非常适合用于动态的数据在GIS图层上的展示与仿真模拟[15]。

为了满足突发生物危害事件模拟预测研究的迫切需求,本研究基于开源的三维地理信息Cesium框架和WebGL技术,重点针对生物恐怖袭击、生物入侵、突发传染病3种应用场景,建立区域、全国和全球3种尺度的虚拟地理环境,构建一套突发生物危害事件可视化智能决策支持平台。以期为突发生物危害事件决策提供数据支撑与软件平台保障。

1　总体设计

突发生物危害可视化智能决策支持平台采用B/S架构,分为基础设施层、数据层、支撑层、应用层和表现层5层架构(图1)。

基础设施层为突发生物危害可视化智能决策平台提供了设施基础保障,是整个平台的基础。其中外部设施利用遥控无人机、便携式光谱成像仪等为平台提供高时效的监测数据;采用高性能计算以及存储设备,为模拟、评估的复杂运算提供支持;总体上平台采用私有云架构,为数据的安全提供保障。

数据层主要是存储和管理各类突发生物危害事件要素。平台采用ArcGIS Pro发布三维地图服务,主要包括基础地理、资源环境要素的数据以及生物恐怖袭击、生物入侵、突发传染病场景模拟和危害评估所需数据。如图2所示,该层主要存储和管理的数据有:1)基础地理要素科学数据库,包括地形、地貌、土壤环境、城镇居民地、人口密度、干旱指数等数据;2)资源环境要素数据库,包括水资源总量、土地资源类型、陆地生态类型、降水、积温等数据;3)生物恐怖袭击数据库,包括仿真模拟、危害评估、辅助决策、干预措施等数据;4)生物入侵数据库,以红火蚁入侵为具体实施对象,包括红火蚁仿真模拟、红火蚁危害评估、红火蚁辅助决策、红火蚁干预措施等数据;5)突发传染病数据库,以H7N9

图1 突发生物危害可视化智能决策支持平台总框架

Fig. 1 Intelligent visualization platform of biohazard incident overall framework

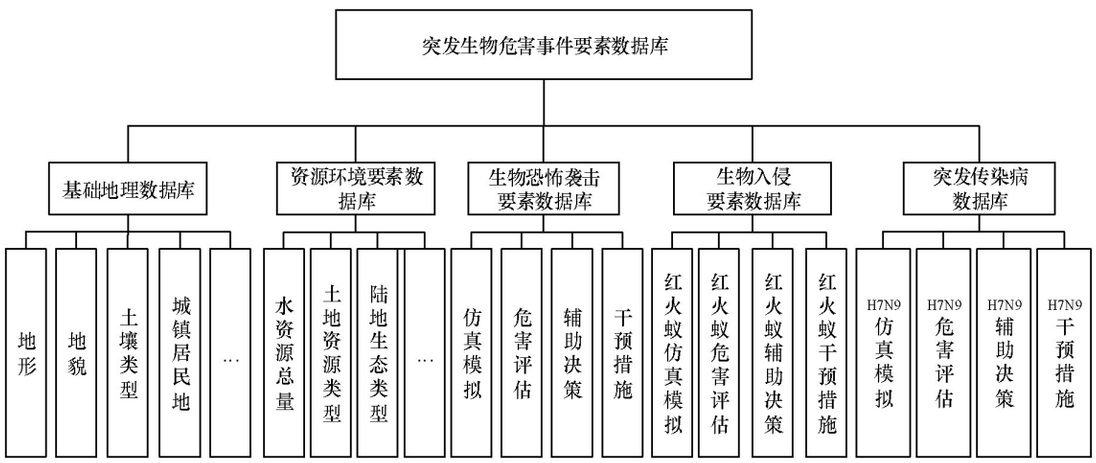

图2 突发生物危害可视化智能决策支持平台数据库组成

Fig. 2 Intelligent visualization platform of biohazard incident database

禽流感疫情为具体实施对象,包括H7N9禽流感疫情仿真模拟、H7N9禽流感疫情危害评估、H7N9禽流感疫情辅助决策、H7N9禽流感疫情干预措施等数据。

支撑层主要是突发生物危害可视化智能决策支持平台所采用的“平台+插件”的技术架构模式,即分为Cesium基础功能平台和突发生物危害事件模型方法插件。Cesium基础平台利用node.js技术搭建web服务器,主要是完成通用GIS功能、程序编程接口和应用程序开发框架。突发生物危害模型方法插件主要完成生物恐怖袭击、生物入侵、突发传染3种场景的模拟、评估、辅助决策与干预措施。

应用层主要将平台分为基础数据、地理环境、生物恐怖袭击、生物入侵和突发传染病5个功能模块以及基础功能模块。

表现层直接面向用户设计,提供可供桌面端、Web端和移动端访问的平台,为用户提供可跨平台的突发生

物危害可视化智能决策平台,实现生物恐怖袭击、生物入侵、突发传染病场景的仿真模拟与危害评估功能,进而为突发生物危害事件研究提供数据支撑与决策支持。

2　功能设计

突发生物危害事件可视化智能决策支持平台的目标用户是从事相关研究人员和决策人员,目标是建设成一套集成现场信息、仿真模拟、危害评估、辅助决策、干预措施于一体的可视化综合信息平台,提高应对突发生物危害的科学决策和紧急应对能力。

在总体架构方案约束下,系统主要包含基础功能、基础数据、地理环境、生物恐怖袭击、生物入侵和突发传染病功能模块(图3),其中生物入侵模块以红火蚁入侵为具体实施对象,突发传染病模块以H7N9禽流感疫情为具体实施对象。

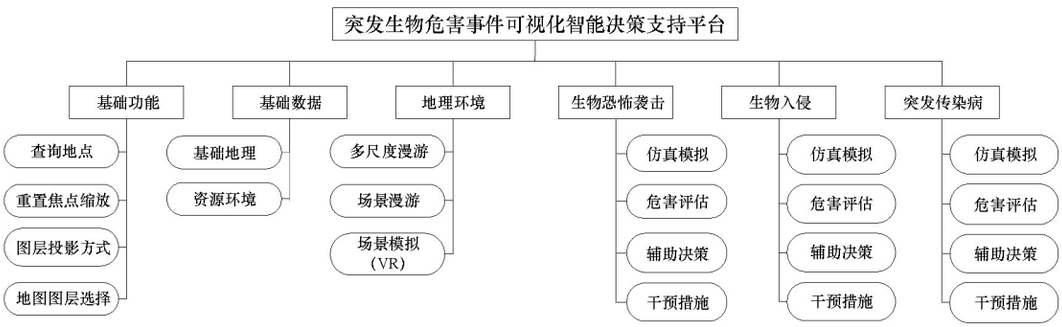

图3　系统总体功能模块

Fig. 3　System overall function modules

2.1　基础功能模块

基础功能模块通过重写Cesium控件,实现了查询地点、重置焦点缩放、图层投影方式、地图图层选择的4项基本功能,以适用于突发生物事件可视化智能决策支持平台的可视化需求,为三维数据的可视化与可视分析提供基础的功能保障。

1)查询地点。基于Cesium的Geocoder控件,实现了支持经纬度定位的兴趣点(point of interest,POI)搜索,并通过Camera控件将视角平缓转移到指定的位置。

2)重置焦点缩放。此功能基于Cesium的homeButton控件实现,点击该按钮可以让视角重新回到默认焦点,本平台重写homeButton控件代码,更改默认焦点为大地基准点,并支持在任何操作下返回焦点并实现视角的缩放复位。

3)图层投影方式。此功能是突发生物危害事件可视化智能决策支持平台最主要的基础功能(图4),本平台基于Cesium框架中的sceneModePicker(场景切换按钮)控件,实现了地理数据在2D、3D、Columbus(哥伦布投影,即2.5D)的投影可选择转换,方便直观、多视角地展现数据特征,更好地为突发生物危害事件可视化智能决策支持平台提供可视化与可视化分析的基础技术支撑。

图4　2D、3D和Columbus投影方式

Fig. 4　2D, 3D and Columbus projection method

4)地图图层选择。本平台默认选择Google map作为底层地图服务,并且还提供了本地图层、Bing map、Map Box地理图层服务,供用户依据需要自行选择,此功能为平台提供了多样式底层地图服务。

2.2　基础数据模块

基础数据模块主要实现基础地理数据、资源环境数据、突发生物危害事件业务数据的全方位可视化,形成了一套模拟突发生物危害事件完整的基底数据,是进一步进行模拟突发生物危害事件各项场景的数据源,目前主要实现了基础地理数据、资源环境数据、突发生物危害事件业务数据的可视化与可视分析。

以基础地理模块中的地貌数据为例,此功能依据用户选择的地貌选项,具体实现步骤为:调用云服务器上的地貌地图服务,加载到本平台图层 Imagery Layers上,并提供对应搭配的图例。如图5所示,平台投影地图数据到虚拟地球上,还可使用基础功能里的2D、3D、Columbus三种投影方式。

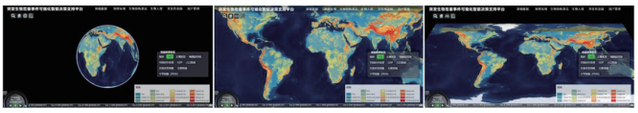

图5 基础地理——地貌数据的2D、3D和Columbus投影展示

Fig. 5 Basic Geography-2D, 3D and Columbus projection display of landscape data

2.3 地理环境模块

地理环境模块包含多尺度漫游、场景漫游、场景模拟(virtual reality,VR),主要利用Cesium框架的VrButton控件实现了场景模拟的VR技术。以场景模拟(VR)为例,利用双屏的VR技术,模拟场景,并需要佩戴VR头盔以达到融入情景感知的观影效果(图6)。

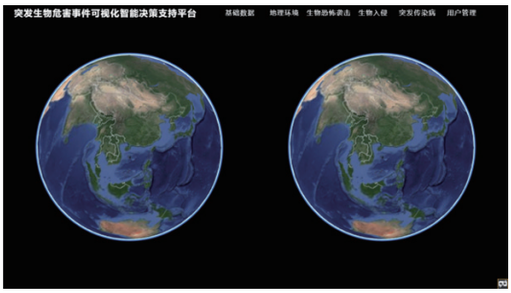

图6 场景模拟(VR)

Fig. 6 Scene simulation (VR)

2.4 生物入侵模块

生物入侵模块是以红火蚁入侵为具体实施对象,实现从仿真模拟、危害评估,到辅助决策和干预措施4项功能。其中,辅助决策功能主要针对厦门地区红火蚁入侵进行无人机管控模拟和生境信息提取。

以生物入侵模块中的仿真模拟为例(图7),该功能主要是采用时空动态可视化技术分析全球范围内红火蚁入侵状况,并针对红火蚁入侵数据利用Echarts图进行多维度可视化展示,具体实现步骤为:平台通过异步加载服务器上的红火蚁数据,依据数据的经纬度字段,在三维地球上添加红火蚁发生的地理位置(用红点表示);依据数据的年、月字段,将视图所在发生地点分别通过柱状图和折线图展示当地的1年降水量与气温变化;点击发生事件地点,显示该点包括事件ID、发现时间、发现国家、类型等相关信息,直观地模拟红火蚁入侵状况。图7右侧采用Echarts图从多维度、宏观上展示红火蚁数据特征,分别用词云图展示了红火蚁事件发生地点所在国家的频次,用动态柱状图显示每年发生的次数,用饼图显示火红蚁事件发现的方式。

图7 生物入侵——仿真模拟

Fig. 7 Biological invasion——simulation

2.5 突发传染病模块

突发传染病模块是以H7N9禽流感疫情为具体实施对象,实现仿真模拟、危害评估、辅助决策、干预措施4项功能。

以突发传染病模块中的危害评估为例(图8),危害评估主要依据增强回归树算法对H7N9禽流感疫情进行估值预测模拟。

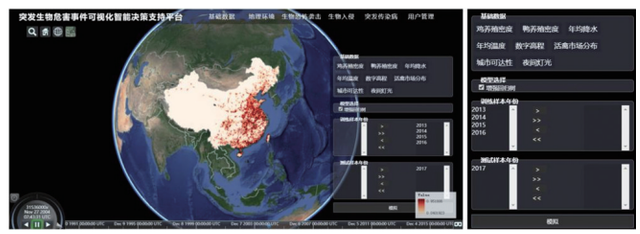

图8 突发传染病——危害评估

Fig. 8 Infectious disease—hazard assessment

增强回归树算法作为基于分类回归算法的一种自学习方法,通过某自变量和因变量的相互关系,得出对因变量的影响大小[20-21],提高计算结果的稳定性和精度[22]。其中,基础数据作为参考要素数据即自变量,平台通过调用云服务器对应的地图数据服务,加载在平台图层Imagery Layers上并提供相对应的图例,供用户参考。模型模拟具体实现步骤为:选取2013、2014、2015、2016年作为训练样本年份,2017年作为测试样本年份,依据选择模型参数调用云服务器对应的地图数据服务,加载到本平台图层Imagery Layers上并提供相对应的图例。

其中模型参数表达式为

$$\hat{Y}_i = \sum_{k=1}^{K} f_k(X_i) \qquad f_k \in F$$

式中,f_k是在函数空间F里的函数,而F对应了所有回归树(regression tree)的集合,X表示与H7N9传播相关的地理、环境和社会人文要素的集合,K是回归树的数量,k指第k次增加训练。

3 结论

针对突发生物危害事件模拟预测的实际需要,本文在突发生物危害事件可视化智能决策支持平台的框架设计、功能设计方案的约束下,基于开源的三维地理信息Cesium框架和WebGL技术,设计了一套集成现场信息、仿真模拟、危害评估、辅助决策、干预措施于一体的三维可视化突发生物危害事件可视化智能决策支持平台。

平台具体实现了基础功能、基础数据、地理环境、生物入侵和突发传染病的功能模块,为突发生物危害事件决策提供数据支撑和可视化与可视化分析平台保障。随着今后基础数据的不断完善和技术的不断更新,本平台将在生物恐怖袭击场景上拓展仿真模拟、危害评估、辅助决策和干预措施4项功能,以及在生物入侵和突发传染病场景中的辅助决策和干预措施功能模块上有所完善,提高应对突发生物危害的科学决策和紧急应对能力。

参考文献(References)

[1] 江东. 地理信息技术提升突发生物危害事件评估决策能力[J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(12): 1725.
Jiang Dong. Geographic Information Technology (GIS) enhances the ability to assess and make decisions about sudden biohazard events[J]. Geo-Information Science, 2016, 18(12): 1725.

[2] United States General Accounting Office. Bioterrorism: Information technology strategy could strengthen federal agencies´ abilities to respond to public health emergencies[R]. Washington D C: General Accounting Office, 2003.

[3] Ryan J R. Consequence management and a model program[M]. Amsterdam: Elsevier, 2016: 323-343.

[4] Carley K M, Fridsma D B, Casman E, et al. BioWar: Scalable agent-based model of bioattacks[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans, 2006, 36(2): 252-265.

[5] Lee B Y, Bedford V, Roberts M S, et al. Virtual epidemic in a virtual city: Simulating the spread of influenza in a US metropolitan area[J]. Translational Research, 2008, 151(6): 275-287.

[6] Del V S Y, Stroud P D, Smith J P, et al. EpiSimS: Epidemic simulation system[R]. New Mexico: Los Alamos National Laboratory, 2006.

[7] Barrett C L, Beckman R J, Berkbigler K P, et al. Transims: Transportation analysis simulation[R]. New Mexico: Los Alamos National Laboratory, 2000.

[8] Chao D L, Halloran M E, Obenchain V J, et al. Flu TE, a publicly available stochastic influenza epidemic simulation model [J]. PLoS Computational Biology, 2010, 6(1): e1000656.

[9] Barrett C L, Eubank S G, Smith J P, et al. If smallpox strikes Portland[J]. Scientific American, 2005, 292(3): 54-61.

[10] MIDAS. Download FluTE[EB/OL]. (2014-11-09)[2015-09-20]. http://betaweb.rods.pitt.edu/digital-commons/main.

[11] 祖正虎, 许晴, 张文斗, 等. 突发传染病大规模传播模拟系统简析[J]. 军事医学, 2012, 36(10): 788-792.
Zu Zhenghu, Xu Qing, Zhang Wendou, et al. Analysis on large-scale transmission simulation systems of emerging infectious diseases[J]. Military Medical Sciences, 2012, 36(10): 788-792.

[12] 黎彬, 许增禄, 张虎林, 等. 世界主要国家突发传染病应对系统对比分析[J]. 医学信息学杂志, 2005, 26(6): 404-409.
Li Bin, Xu Zenglu, Zhang Linhu, et al. Comparative analysis of coping system of epidemics in major countries of the world [J]. Journal of Medical Informatics, 2005, 26(6): 404-409.

[13] 朱联辉, 郑涛, 赵达生. 美国反生物恐怖信息系统建设及启示[J]. 解放军预防医学杂志, 2007(4): 309-311.
Zhu Lianhui, Zheng Tao, Zhao Dasheng. American antibiotics information system construction and enlightenment[J]. Journal of Preventive Medicine of Chinese People´s Liberation Army, 2007(4): 309-311.

[14] 李俊金. 基于Cordova和Cesium的移动3D WebGIS系统实现[J]. 电子技术与软件工程, 2017(8): 55-57.
Li Junjin. Implementation of mobile 3D WebGIS based on cordova and cesium[J]. Electronic Technology & Software Engineering[J]. 2017(8): 55-57.

[15] 朱栩逸, 苗放. 基于Cesium的三维WebGIS研究及开发[J]. 科技创新导报, 2015, 12(34): 9-11.
Zhu Xuyi, Miao Fang. The research and development of three-dimensional GIS based on cesium[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015, 12(34): 9-11.

[16] 刘纪远, 钟耳顺, 庄大方, 等. SARS控制与预警地理信息系统的研制与应用[J]. 遥感学报, 2003(5): 337-344.
Liu Jiyuan, Zhong Ershun, Zhuang Dafang, et al. Development and application of national SARS disease controlling and pre- warning information system[J]. Journal of Remote Sensing, 2003(5): 337-344.

[17] 曹务春, 方立群, 徐友富, 等. 一种突发生物事件现场危害评估模拟系统: CN101894353A[P]. 2010-11-24.
Cao Wuchun, Fang Liqun, Xu Youfu, et al. A Simulation system for field hazard assessment of biological incidents: CN101894353A[P]. 2010-11-24.

[18] 罗军, 章昉, 李超. 面向微博数据的流感疫情监测分析方法及系统: CN103593462A[P]. 2014-02-19.

Luo Jun, Zhang Fang, Li Chao. Method and system for monitoring and analyzing flu epidemic based on Weibo data: CN103593462A[P]. 2014-02-19.

[19] 万方浩, 张润志, 王福祥, 等. 主要农业入侵生物的预警与监控技术[J]. 中国科技成果, 2013(24): 70-71.
Wan Fanghao, Zhang Runzhi, Wang Fuxiang, et al. Early warning and monitoring technologies of major agricultural invasive organisms[J]. China Science and Technology Achievements. 2013(24): 70-71.

[20] 李春林, 刘淼, 胡远满, 等. 基于增强回归树和Logistic回归的城市扩展驱动力分析[J]. 生态学报, 2014, 34(3): 727-737.
Li Chunlin, Liu Miao, Hu Yuanman, et al. Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression[J]. Acta Ecologica Sinica. 2014, 34(3): 727-737.

[21] 尹才, 刘淼, 孙凤云, 等. 基于增强回归树的流域非点源污染影响因子分析[J]. 应用生态学报, 2016, 27(3): 911-919.
Yin Cai, Liu Miao, Sun Fengyun, et al. Influencing factors of non-point source pollution of watershed based on boosted regression tree algorithm[J]. Chinese Journal of Applied Ecology. 2016, 27(3): 911-919.

[22] Glenn De´ath. Boosted trees for ecological modeling and prediction[J]. Ecology, 2007, 88(1): 243-251.

An intelligent visualization platform for biohazard incidents based on Cesium

ZHANG Xun[1,2], WANG Dongming[1], JIANG Dong[2,3], FU Jingying[2,3], LI Jiangtao[1]

1. Beijing Key Laboratory of Food Safety Big Data Technology, School of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China
2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
3. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract The purpose of this research is to meet the urgent needs of emergent biological hazard event simulation prediction research due to the new worldwide situation of complex biological hazard. With the help of the Cesium framework, an open source software tool for 3D geographic information technology from WebGL, this paper defines the overall framework of emergent biological hazard event platform. On this basis, a database of emergent biological hazard events is established, and for modules, namely analogue simulation function module, hazard assessment function module, auxiliary decision function module, and intervention measures function module are developed for three application scenarioes of bioterrorism, biological invasion, and infectious diseases. So a 3D earth biological platform for emergent biological hazard events has been implemented, which aims to provide a visual analysis platform for emergent biological hazard event research decision-making with data support and software platform guarantee.

Keywords Cesium; bioterrorism; system design; functional design

（责任编辑　傅雪）