

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2013 4
Vol.18 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2013 年 4 月 第 18 卷 第 4 期(总第 204 期)

目 次

综述

车载视觉系统中的行人检测技术综述 许腾,黄铁军,田永鸿(359)

图像处理和编码

利用边缘匹配矢量量化和变率编码的高嵌入效率信息隐藏 王凌飞,潘志斌,邓晓曼,胡森(368)

小波变换和 SHA-1 相结合的图像压缩加密 李园园,张绍武(376)

图像分析和识别

基于 Haar 纹理的非结构化道路消失点检测 王永忠,文成林(382)

多种人群密度场景下的人群计数 覃勋辉,王修飞,周曦,刘艳飞,李远钱(392)

计算机图形学

大规模散乱点的 k 邻域快速搜索算法 杨军,林岩龙,王阳萍,王小鹏(399)

三角 Bézier 曲面的几何约束形变 陈军(407)

遥感图像处理

面向测绘任务的光学遥感影像质量分级评定 王昱,时红伟,胡闻达(415)

采用高斯归一化水体指数实现遥感影像河流的精确提取 沈占锋,夏列钢,李均力,骆剑承,胡晓东(421)

地理信息技术

图层约束下的点状自然灾害风险地图综合 潘东华,王静爱,贾慧聪,袁艺(429)

模板阴影体扩展方法 曹雪峰,万刚,李锋,李明(436)

“第 9 届中国计算机图形学大会”专栏

利用 SIFT 特征的非对称匹配图像拼接盲检测 杜振龙,杨凡,李晓丽,郭延文,沈钢纲(442)

视觉感知的图像和视频抽象 宋杰,徐丹,时永杰(450)

局部线性模型优化的灰度图像彩色化 厉旭杰,赵汉理,黄辉(460)

分区域去运动模糊 张璐,盛斌,马利庄(467)

脑血管体绘制的快速表意式增强 吴腾飞,骆岩林,田云,武仲科,闫建平(476)

第七届国际图象图形学学术会议征文通知 封 3

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 18 No. 4 April 2013

Contents

Review

Survey on pedestrian detection technology for on-board vision systems Xu Teng, Huang Tiejun, Tian Yonghong(359)

Image Processing and Coding

Highly efficient information hiding using SMVQ-compressed images and variable length coding
..... Wang Lingfei, Pan Zhibin, Deng Xiaoman, Hu Sen(368)

Image compression and encryption based on DWT and SHA-1 Li Yuanyuan, Zhang Shaowu(376)

Image Analysis and Recognition

Vanishing point detection of unstructured road based on Haar texture Wang Yongzhong, Wen Chenglin(382)

Counting people in various crowd density scenes using support vector regression
..... Qin Xunhui, Wang Xiufei, Zhou Xi, Liu Yanfei, Li Yuanqian(392)

Computer Graphics

Fast algorithm for finding the k -nearest neighbors of a large-scale scattered point cloud
..... Yang Jun, Lin Yanlong, Wang Yangping, Wang Xiaopeng(399)

Shape modification of triangular Bézier surfaces with geometric constraints Chen Jun(407)

Remote Sensing Image Processing

Optical image quality grading assessment orienting to surveying & mapping mission requirements
..... Wang Yu, Shi Hongwei, Hu Wenda(415)

Automatic and high-precision extraction of rivers from remotely sensed images with Gaussian normalized water index
..... Shen Zhanfeng, Xia Liegang, Li Junli, Luo Jiancheng, Hu Xiaodong(421)

Geoinformatics

Generalization for point features in risk mapping of natural hazards based on layer constraint
..... Pan Donghua, Wang Jing'ai, Jia Huicong, Yuan Yi(429)

Extension method of stencil shadow volume Cao Xuefeng, Wan Gang, Li Feng, Li Ming(436)

Issum of Chinagraph'2012

Foggy image blind detection by asymmetric search based on SIFT
..... Du Zhenlong, Yang Fan, Li Xiaoli, Guo Yanwen, Shen Ganggang(442)

Visual perception based image and video abstraction Song Jie, Xu Dan, Shi Yongjie(450)

Local linear model optimization based grayscale image colorization Li Xujie, Zhao Hanli, Huang Hui(460)

Motion deblurring based on image segmentation Zhang Lu, Sheng Bin, Ma Lizhuang(467)

Fast illustrative enhancements on volume rendering of cerebral vessel
..... Wu Tengfei, Luo Yanlin, Tian Yun, Wu Zhongke, Yan Jianping(476)

中图法分类号: P228.3; P229.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)04-0429-07

论文引用格式: 潘东华, 王静爱, 贾慧聪, 袁艺. 图层约束下的点状自然灾害风险地图综合[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(4): 429-435.

图层约束下的点状自然灾害风险地图综合

潘东华^{1,2}, 王静爱^{2,3}, 贾慧聪⁴, 袁艺¹

1. 民政部国家减灾中心, 民政部卫星减灾应用中心, 北京 100124;
2. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875;
3. 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京师范大学, 北京 100875;
4. 遥感科学国家重点实验室, 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101

摘要: 点状自然灾害现象如地震、滑坡等, 由于其特殊性, 灾害风险与其周边的地理环境有着复杂的联系和相互作用, 孕灾环境对灾情具有放大或缩小的效应, 在制图综合过程中, 不能只考虑单个灾害点个体, 而因将与之相关的各因素综合考虑, 从而判定其风险范围。基于此, 在地理学与地图学的基础上, 从灾害系统的角度考虑, 探讨基于图层约束(LC)和模糊推理系统(FIS)相结合的点状现象自动综合的适用性问题, 重点阐述基于图层约束理论和FIS算法相结合的滑坡灾害自动综合技术, 并以滑坡灾害为例, 构建了基于滑坡灾害程度区划、地形坡度、地貌区划、地震长期烈度区划、年暴雨日数、年均降水量等为约束图层的自动综合应用; 通过多尺度综合分析结果表明, 中国存在三大重点滑坡区: 即青藏高原东部斜坡带、黄土高原滑坡区和太行山东麓、巫山、武陵山脉一线滑坡带。本研究为多尺度、多图层约束下的自然灾害风险地图自动综合提供了一种有效途径, 同时对不同区域尺度下的灾害风险管理提供了更高效、更准确的决策支持和技术支撑。

关键词: 制图综合; 图层约束; 自然灾害风险地图; 滑坡; 模糊推理系统

Generalization for point features in risk mapping of natural hazards based on layer constraint

Pan Donghua^{1,2}, Wang Jing'ai^{2,3}, Jia Huicong⁴, Yuan Yi¹

1. National Disaster Reduction Center of China, Ministry of Civil Affairs, Beijing 100124, China;
2. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;
3. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology (Beijing Normal University), Beijing 100875, China;
4. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Jointly Sponsored by the Institute of Remote Sensing and Digital Earth of Chinese Academy of Sciences and Beijing Normal University, Beijing 100101, China

Abstract: Point-like natural disaster phenomena, such as earthquakes, landslides, etc., have complex linkages and interactions with their surrounding geographical environment. Disaster environment on the disaster may enlarge or reduce effect. In the process of cartographic generalization, only considering a single point of individual disasters is not enough. Based on Geography and Cartography, but from the perspective of a disaster system, the applicability issues of automatic generalization of point phenomena are explored by combing the layer constraint (LC) and Fuzzy Inference System (FIS). A landslide-disaster automatic-generalization technology, based on LC and FIS, is discussed. Taking landslides as an example, an automated comprehensive application of the constraint layers, including landslide hazard zoning, terrain slope, landform re-

收稿日期: 2012-03-27; 修回日期: 2012-09-27

基金项目: 国家重大科学研究计划项目(2012CB955402); 国家科技支撑计划项目(2006BAD20B02)

第一作者简介: 潘东华(1981—), 男, 助理研究员, 2010年于北京师范大学获自然地理学理学博士学位, 主要研究方向为GIS&RS在自然灾害风险评估与制图中的应用研究, 已在国内外核心期刊和国际学术论文集上发表学术论文20余篇。E-mail: pandonghua@ndrcc.gov.cn

通讯作者: 王静爱, E-mail: sqq@bnu.edu.cn

gionalization, long-term seismic intensity zoning, annual torrential rain days, and annual precipitation was developed. The experiment results showed that there are three key landslide areas in China, which are the eastern slope of the Qinghai-Tibet Plateau, the Loess Plateau, and the Taihang Mountain landslide area, Wushan-Wuling Mountain Area landslide. Our research can provide an effective way for automatic generalization of natural disaster risk maps under the constraints of multi-scales and multi-layers. It can also provide a more efficient, more accurate decision-making support and technical support for disaster risk management of different regional scales.

Key words: cartographic generalization; layer constraint (LC); risk map of natural hazard; landslides; fuzzy inference system

0 引言

自然灾害风险地图作为一项重要的非工程性措施,对灾害易发区的损失评估、防灾救灾辅助决策等都能发挥重要的作用,它不仅具有十分显著的社会经济减灾效益,而且可为其他领域提供强有力的科学决策依据^[1]。自动综合在灾害风险地图中的运用显得尤为迫切,目前国内外专门针对灾害风险地图的制图综合研究还甚少。人们对风险地图的表达多停留在风险本身的评估,对在特定区域,因比例尺或地图用途发生变化,对风险地图内容进行综合和概括的研究比较薄弱,而灾害风险地图的自动综合对中国地域辽阔、灾害类型多、区域差异大的基本国情有着重要的现实意义。

点状自然灾害特征是空间灾害风险分布规律分析的一种重要对象,而空间点集表现为复杂目标时,空间灾害点的大小、形状已经失去意义,因此,区域空间点集自动综合的重点在于空间点的选取,除了参考空间点本身的某些“资格”外,反映区域点集分布规律和孕灾环境整体的结构特征,就成为灾害点选取考虑的主要问题^[2-4]。针对点状自然灾害风险地图自动综合的研究缺乏系统的理论基础,潘东华等人结合点状承灾体自身及在灾害系统中的属性特征,抽象概括了点状承灾体在灾害地图中的 6 种制图综合类型,即重要性综合、特殊性综合、邻近性综合、条件性综合、完整性综合、随机性综合^[5],在区域应用上,基于人口与绿洲承灾体图层约束,以中国西北干旱区为例,开展了区域灾害风险的制图综合研究,为地广人稀、灾害频发的西部地区提供了有针对性的风险防范模式^[6]。本研究旨在从灾害系统理论角度出发,基于图层约束来探索区域灾害风险制图中自动综合方法研究,以期为区域灾害风险识别,风险防范与管理提供理论与技术支持,进而为区域的防灾减灾提供科学依据。

1 点状自然灾害风险地图自动综合的理论构建

自然灾害风险制图中,缺乏基于灾害系统过程的递进式自动综合研究,以往的灾害风险地图,主要集中在致灾因子危险性方面的研究,或者是直接对风险结果作地图图形方面的自动综合,因此当前灾害风险地图的自动综合,既缺乏较完备的理论支撑,又缺少对灾害发生过程反映的自动综合方法,基于此,在已有研究成果的基础上^[6],从“地理学—地图学—灾害学”3 维角度构建了“自然灾害风险制图自动综合的图层约束(LC)理论”,提出在自动综合过程中需要从灾害系统角度出发,找出自然灾害发生、发展过程中的关键图层作为尺度约束,并依据图层在灾害系统中的作用,分层次、分过程地对图层作了灾害系统的语义约束、孕灾环境的结构约束、致灾因子的阈值约束、承灾体的空间约束,以及灾情表征的视觉约束系统研究^[6](图 1)。

基于灾害系统理论,在 GIS 数字环境下,结合地理学和地图学知识,探讨了点状自然灾害现象(滑坡)的自动综合问题,在充分揭示滑坡灾害风险表达明辨性、逻辑一致性和结构整体性的前提下,考虑各种与滑坡灾害相关的孕灾环境及致灾因子情况,提取了滑坡点自动综合的主要约束图层:滑坡灾害程度区划(slidezone)、地形坡度(slope)、地貌区划(landform)、地震长期烈度区划(earthdensity)、年暴雨日数(rainstorm)、年均降水量(rainfall)等图层信息,并结合模糊推理系统(FIS)算法,通过空间数据挖掘,构建了各个约束图层的隶属函数,运用 Mamdani 模糊控制器进行近似推理,计算了每个滑坡点在 6 个约束图层下发生灾害的风险等级,为多尺度的滑坡灾害风险地图自动综合提供了新的思路与方法。

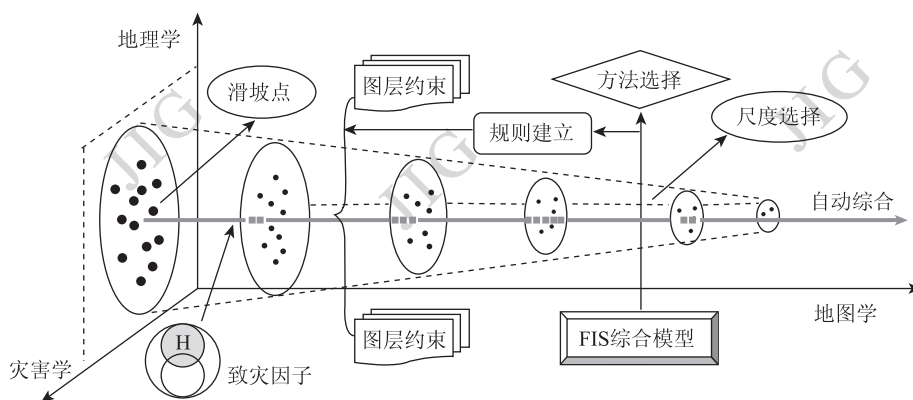


图1 点状自然灾害风险制图中自动综合理论框架

Fig. 1 Theory framework of automated generalization of point in risk mapping of natural hazard

2 点状自然灾害风险地图的自动综合应用——以滑坡点状灾害为例

进行滑坡灾害风险地图的自动综合,最核心的就是要对滑坡灾害模糊推理系统(FIS)建立一种语言分析的数学模式,将专家经验或实践认识从自然描述转化为模糊规则和模糊集合表示的定量的计算机算法和控制系统。滑坡灾害模糊推理系统(Slide-FIS)基于 Matlab 平台,选用 Mamdani 模型进行建模,该模型主要有模糊规则、模糊逻辑推理和非模糊化等几部分组成。进行滑坡点灾害模糊映射推理的模糊逻辑控制器基本结构主要有 5 个步骤:

2.1 确定模糊控制器的结构

对于滑坡灾害而言,这里主要选取了滑坡灾害程度区划,地形坡度、地貌区划、地震长期烈度区划、

年暴雨日数、年均降水量这 6 个与滑坡灾害发生密切相关的约束图层作为输入变量;模糊控制器选用 Mamdani 进行建模,风险程度(riskdegree)作为输出结果。

2.2 定义隶属函数的形式与范围

滑坡灾害模糊推理的隶属函数选用了高斯型(Gaussmf),通过数据挖掘,计算滑坡灾害程度区划对应区域内其他约束图层属性的均值,从而得到各对应滑坡程度等级所对应的 6 个约束图层的属性均值(见表 1),其中地貌区划约束层是计算了各类地貌区中滑坡点个数的百分比,以此来衡量地貌类型对滑坡的影响度。确定相应约束图层的隶属函数范围,通过隶属函数编辑器(membership function editor)构建相应的隶属函数,从而得到 6 个输入量(约束图层)和输出量(风险程度)隶属函数分布如图 2—图 7 所示。

表 1 滑坡程度区划内相应约束图层的均值

Table 1 Mean value of corresponding LC in slidezone

target		C_layer1	C_layer2	C_layer3	C_layer4	C_layer5	C_layer6
riskdegree		slidezone	slope	landform	earthdensity	rainstorm	rainfall
高	7	7	5.789 6	0.120 6	4.494 4	1.781 5	728.16
	6	6	4.402 1	0.116 4	2.817 3	3.601 1	1 095.08
	5	5	7.179 8	0.024 7	4.833 2	0.559 6	400.06
	4	4	3.203 5	0.034 8	2.555 1	5.435 1	1 418.98
	3	3	3.728 4	0.011 1	4.389 9	0.198 1	228.64
	2	2	1.762 1	0.002 2	2.025 7	1.319 9	439.35
低	1	1	0.580 2	0.005 3	3.369 9	1.180 5	324.46

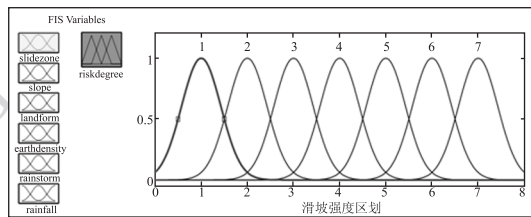


图 2 滑坡强度区划隶属函数

Fig. 2 Membership function of slidezone

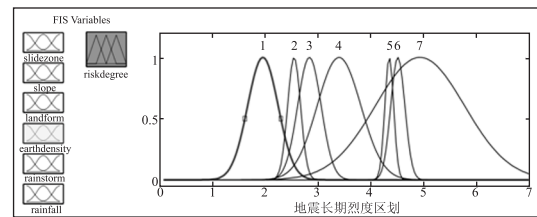


图 5 地震烈度隶属函数

Fig. 5 Membership function of earthdensity

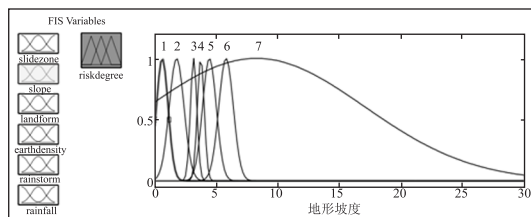


图 3 坡度隶属函数

Fig. 3 Membership function of slope

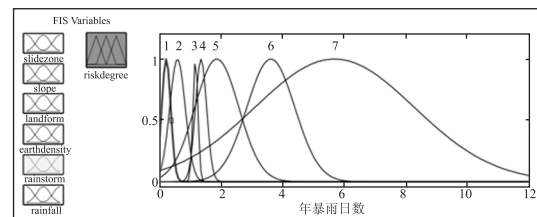


图 6 暴雨日数隶属函数

Fig. 6 Membership function of rainstorm

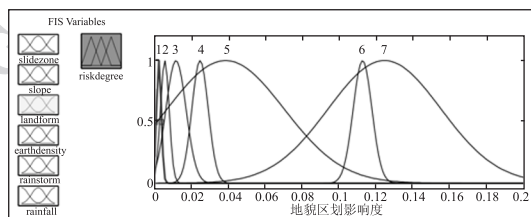


图 4 地貌区划隶属函数

Fig. 4 Membership function of landform

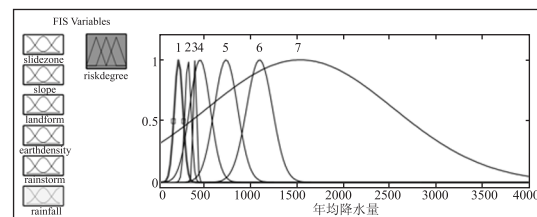


图 7 年均降水量隶属函数

Fig. 7 Membership function of rainfall

2.3 建立滑坡灾害的模糊推理规则

根据已有的滑坡灾害程度区划建立各约束图层与之对应的隶属函数范围级别,为了计算方便,将滑坡灾害程度区划分别用代码表示,最严重区(7)、严重区(6)、较严重区(5)、一般严重区(4)、较轻区(3)、

微弱区(2)、基本无灾区(1),其他各约束图层的隶属函数取值范围,由弱到强也以此用代码 1—7 来表示,由此通过 SlideFIS 的规则编辑器 (rule editor) 来建立推理规则,得到基于 6 个约束图层作为输入变量、风险结果作为输出结果的推理规则。

If (slidezone is 1) and (slope is 1) and (landform is 2) and (earthdensity is 4) and (rainstorm is 3) and (rainfall is 2) then Riskdegree is 1
 If (slidezone is 2) and (slope is 2) and (landform is 1) and (earthdensity is 1) and (rainstorm is 4) and (rainfall is 4) then Riskdegree is 2
 If (slidezone is 3) and (slope is 4) and (landform is 3) and (earthdensity is 5) and (rainstorm is 1) and (rainfall is 1) then Riskdegree is 3
 If (slidezone is 4) and (slope is 3) and (landform is 5) and (earthdensity is 2) and (rainstorm is 7) and (rainfall is 7) then Riskdegree is 4
 If (slidezone is 5) and (slope is 7) and (landform is 4) and (earthdensity is 7) and (rainstorm is 2) and (rainfall is 3) then Riskdegree is 5
 If (slidezone is 6) and (slope is 5) and (landform is 6) and (earthdensity is 3) and (rainstorm is 6) and (rainfall is 6) then Riskdegree is 6
 If (slidezone is 7) and (slope is 6) and (landform is 7) and (earthdensity is 6) and (rainstorm is 5) and (rainfall is 5) then Riskdegree is 7

2.4 执行模糊规则的推理单元

通过 2.3 节所建立的模糊规则进行所有滑坡点单位的近似推理,图 8 是所建模糊系统模型的诊断/预测推理结果示意图,图中每条规则对应一行,每行的 7 个小矩形框表示该条规则的 6 个前提和 1 个推论;每列对应一个变量,其中每列末行的数字显示该

变量的取值范围;前 6 列小矩形框显示了每条规则的前提部分引用的高斯隶属度函数分布,第 7 列为相应的推论输出。矩形框中表示变量的指示线穿过图中的隶属度函数线的位置确定了该条规则活跃的程度,隶属度曲线下的灰色曲面表示了模糊隶属度值;第 7 列中的第 8 行小矩形为各条规则推理的加权平均清

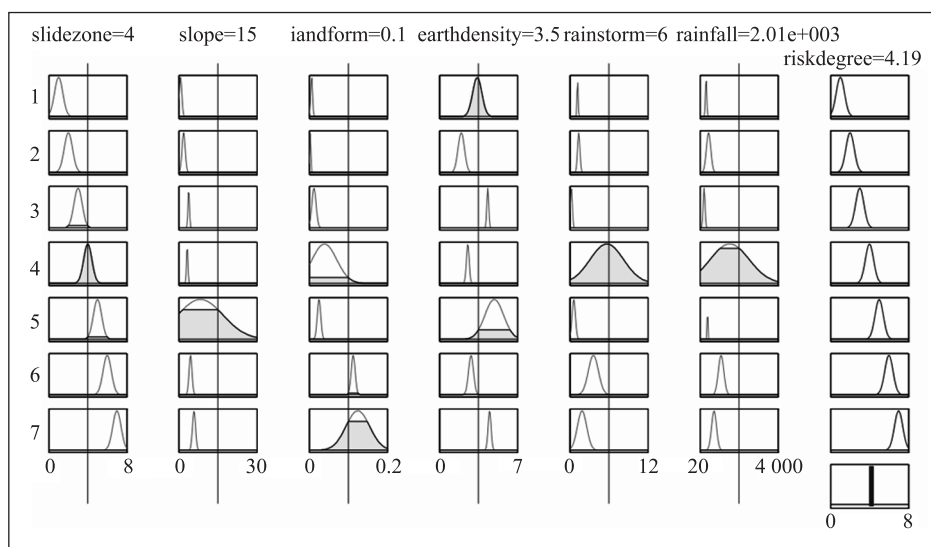


图8 约束图层的模糊推理规则显示

Fig. 8 Demo of the FIS rules for layer-control

晰化的结果,即得到的最后每个滑坡点位风险程度的模糊系统输出,从而也就完成了基于6个约束图层的滑坡点位发生灾害风险程度的可能性大小分析,为滑坡点位在不同尺度下的取舍表达提供了决策依据。

2.5 滑坡点多尺度自动综合的实现

运用模糊量清晰化方法作为多尺度综合的方法,FIS采用最大隶属度方法计算,通过解模糊化,得到每个滑坡点在6个约束图层控制下的风险等级

值,从而判断每个滑坡点在不同尺度转换时取舍的优先级序,不同优先级序对应不同的转化尺度(见表2)。在FIS系统里每个点是一个没有空间定位的数组,为了使滑坡点位具有空间定位性,将输出结果在ArcGIS中,对每个滑坡点 $P_i(x_i, y_i)$ 作了空间坐标信息的匹配。这样就可以反映滑坡在全国范围内分布的区域差异性,同时也为滑坡灾害的数据再挖掘深度和空间分析提供了可能。

表2 滑坡点位自动综合结果取值范围

Table 2 Range of value for automatic generalization in landslide disaster

综合程度	低						高
综合结果	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	
风险等级							
隶属值范围	> 3	> 4	> 4.5	> 5	> 5.5	> 6	

3 滑坡致灾因子灾害风险地图自动综合结果分析

3.1 综合结果的整体趋势分析

通过LC-FIS多尺度自动综合结果可以看出(图9—图14),中国滑坡发育地区主要是云贵川和藏东、甘南地区。其中滑坡灾害的70%~80%集中在青藏高原东部斜坡带,黄土高原地区和太行山东麓、巫山、武陵山脉第二斜坡带。从环境因素来看,其主导因素

是大地构造,地处中国两大阶梯过渡区域。通过多尺度综合程度的结果可以看出,中国滑坡灾害区域分布呈现区域不均衡性,大致空间分布如下:1)新构造活动的频度和强度大的地区;2)新生代沉积厚度大的地区;3)暖湿气候与温湿气候区;4)湿润气候与干旱气候的交界地区;5)地表水侵蚀切割强烈的地区;6)人类活动强度大,对自然环境破坏重的地区。

3.2 综合结果的重点区域分析

随着综合程度的增加(图9—图14),滑坡高风险区的分布规律逐渐显现,从图13与图14两个综合尺度

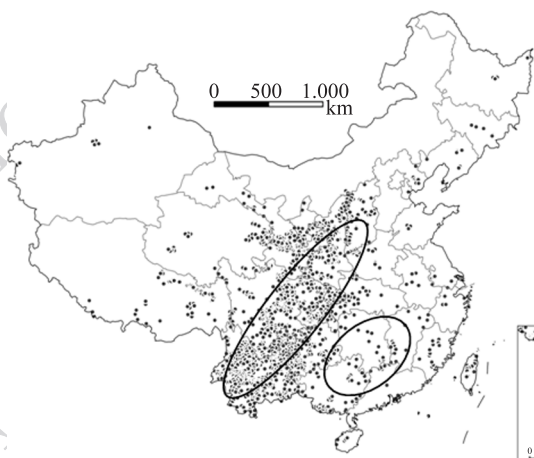


图 9 滑坡点第 1 次自动综合结果

Fig. 9 Result of automatic generalization of the 1st

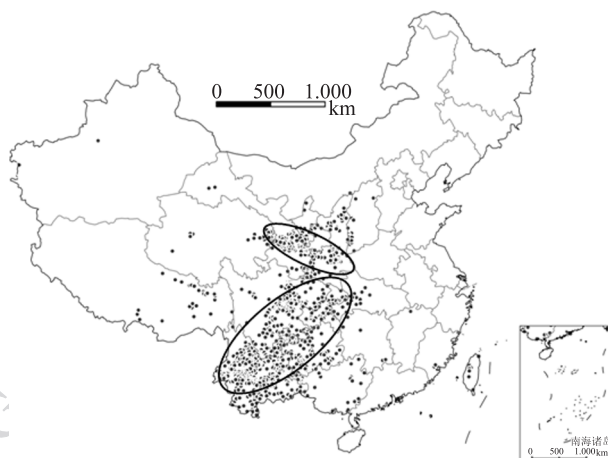


图 12 滑坡点第 4 次自动综合结果

Fig. 12 Result of automatic generalization of the 4th

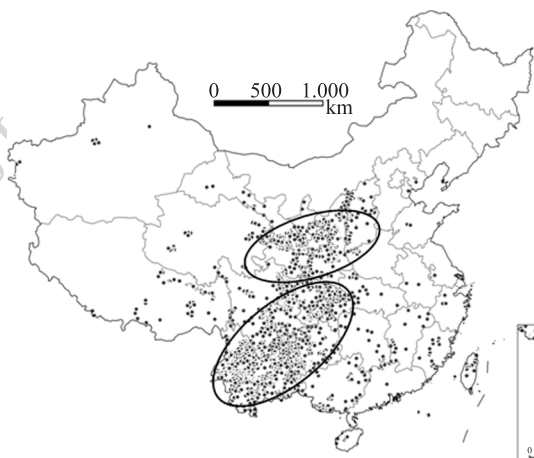


图 10 滑坡点第 2 次自动综合结果

Fig. 10 Result of automatic generalization of the 2nd

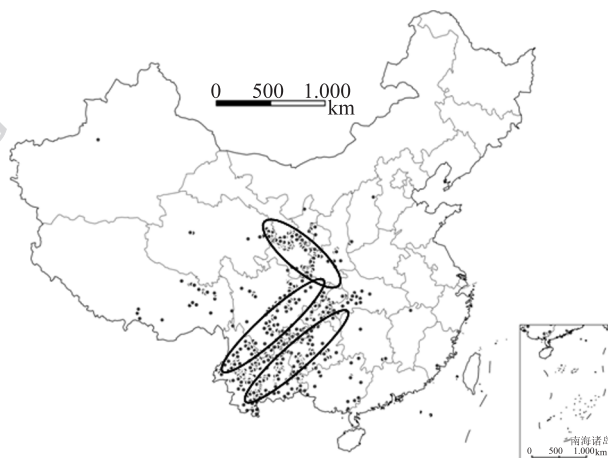


图 13 滑坡点第 5 次自动综合结果

Fig. 13 Result of automatic generalization of the 5th

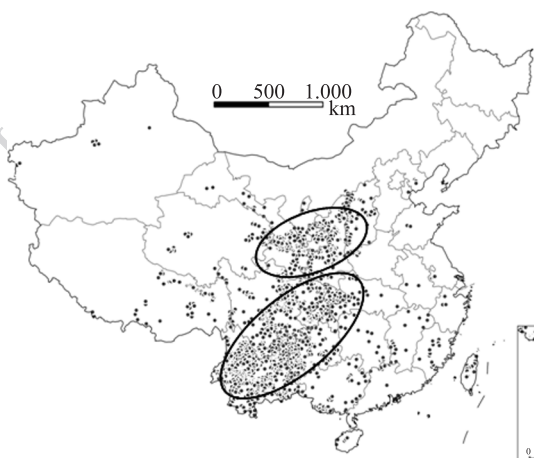


图 11 滑坡点第 3 次自动综合结果

Fig. 11 Result of automatic generalization of the 3rd

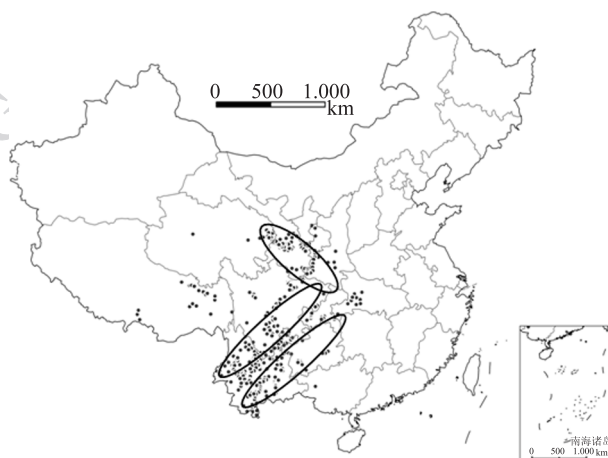


图 14 滑坡点第 6 次自动综合结果

Fig. 14 Result of automatic generalization of the 6th

可以清晰地看出,中国存在三大滑坡区,即青藏高原东部斜坡带、黄土高原滑坡区和太行山东麓、巫山、武陵山脉一线滑坡带。通过制图综合可以发现高风险区,从而着重分析其成因,并有针对性地进行了灾害风险防范。

1) 青藏高原东部斜坡带。该区地处中国一、二级阶梯过渡地段,是中国最重要的地势陡变带,也是新构造运动和外动力营力作用极其活跃的地带,特别是横断山区,新生代褶皱、断块大规模发育,是导致滑坡频发的主要因素;另外区域深切河谷的地貌发育,加之地震、暴雨频发,内外动力作用成为该区滑坡灾害频发的主要诱发因素。

2) 黄土高原滑坡区。该区地处半湿润、半干旱区,地表物质以松散沉积物为主,而滑体滑移作用的发生,必须存在边坡的临空条件,这种条件主要取决于地形坡度和地表相对切割深度,由于黄土具有特殊的物理学性质,相对切割深度较大,因此黄土高原的水系、冲沟越发育,产生滑坡的可能性就越大,而水系的发育更是滑坡产生的地表和地下水地质条件的重要因素,同时该区域不合理的人类活动也加剧了水土流失,导致植被覆盖率较低,也是滑坡发生的一个重要诱因。

3) 太行山东麓、巫山、武陵山脉一线滑坡带。该区地处中国二、三级阶梯过渡地段,区域构造活动显著,山系发育,属暖亚热带,气候湿润,年均降水量达1 000 mm,局地气候复杂,垂直变化大,是导致滑坡的发育主要因素;同时该地区是较之前两地区,人口较多,经济水平发达,人类活动频繁,盲目砍伐林木和垦殖,对植被破坏严重,也是诱发滑坡发生的一个重要因素。

4 结 论

运用LC-FIS模型对点状自然灾害风险地图的自动综合进行了初步探索,并以中国滑坡灾害为例,进行了多尺度自动综合的表达应用。

基于地理学、地图学和灾害学理论,初步构建了图层约束-模糊推理系统(LC-FIS)的点状自然灾害风险制图的自动综合模型;并从地学基础理论,模型方法支撑,到区域实证应用进行了探索性研究。

LC-FIS模型多尺度综合结果验证了该模型对中国滑坡灾害的表达能够较好的体现其区域分异规律,通过对孕灾环境、致灾因子、灾情等约束图层的选取,揭示高风险区的空间分布,为多尺度区域灾害风险管理与决策提供新方法与新思路。

仅从点状自然灾害现象自身考虑了空间制图综合,事实上,空间点集在比例尺缩小后在视觉上存在一个趋于“面状”特征的过程,因此,下一步的研究可从点簇整体“面状”特征的保持上有所突破,实现空间点簇的自动综合。同时在区域分布的均衡性上也要有所体现,即每个灾害区要有其典型点的保留,以体现该灾害在区域分布上空间均衡性。

参考文献(References)

- [1] Ge Q S, Zou M, Zheng J Y, et al. Preliminary Study of Integrated Risk Assessment of Natural Hazards of China[M]. Beijing: Science Press, 2008. [葛全胜, 邹铭, 郑景云, 等. 中国自然灾害风险综合评估初步研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.]
- [2] Scheuren J M, Le Polain de Waroux O, Below R, et al. Annual Disaster Statistical Review: The Numbers and Trends 2007[M]. Brussels Belgium: Center for Research on the Epidemiology of Disasters(CRED), 2008.
- [3] Wu F, Qian H Z, Deng H Y. Spatial Information Intelligent Processing Oriented Automatic Map generalization [M]. Beijing: Science Press, 2008. [武芳, 钱海忠, 邓红艳. 面向地图自动综合的空间信息智能处理[M]. 北京: 科学出版社, 2008.]
- [4] Guo Q S. The Theory and Approaches of Automatic Map Generalization in Cartography [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2002. [郭庆胜. 地图学自动综合理论与方法[M]. 北京: 测绘出版社, 2002.]
- [5] Pan D H, Wang J A, Jia H C, et al. Study of cartographic generalization on natural disaster risk mapping-taking point hazard-affected bodies as an example[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2011, 36(1): 51-55. [潘东华, 王静爱, 贾慧聪, 等. 自然灾害风险地图中的制图综合研究——以点状承灾体为例[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2011, 36(1): 51-55.]
- [6] Pan D H, Wang J A, Wang Y, et al. Elementary study on natural disaster risk mapping generalization based on drawing-layer constraint—a case study in the arid regions in northwest china[J]. Arid Zone Research. 2010, 27(1): 13-19. [潘东华, 王静爱, 王瑛, 等. 基于图层约束的自然灾害风险制图综合初探——以西北干旱区为例[J]. 干旱区研究, 2010, 27(1): 13-19.]