

泥石流危险度评价 的 GIS 与专家系统集成方法研究*

赵 士 鹏

(东北师范大学地理系 长春 130024)

周 成 虎 谢 又 予

(中国科学院地理研究所 北京 100101)

许 信 旺

(安徽省池州师范专科学校地理系)

摘 要 针对泥石流灾害的特点,提出了泥石流危险度评价的系统集成策略。即泥石流危险度评价集地理信息系统和专家系统为一体,采用公共接口模块的外连式结构进行集成,并具有较好的用户界面和构造特定的应用框架为用户导航,实施的中心环节是组分软件的优选、各组分间转换、访问函数的实现和特定应用框架的构造。通过建立孙胡沟流域的数据库和泥石流危险度评价的知识库,利用集成系统对孙胡沟流域泥石流危险度进行了评价。

关键词 泥石流,危险度评价,系统集成, GIS, 专家系统

1 引 言

泥石流是我国广大山区常见的一种自然灾害。它具有暴发突然、历时短、冲击力强、破坏力强等特点。对山区沟谷泥石流危险度进行准确评价是建立山区减灾防灾综合体系的一项重要基础工作。

目前,泥石流危险度的评价方法有定性判定法^[1]和定量判定法^[2]。前者通过实地考察山区小流域特征逐一判定,进行大范围推广,工作量大;而后者在确定各因子权重时又难免牵强^[3,4],因为适宜的沟道坡度、足够的固体物质累积及高强度水源补给是泥石流暴发的必要条件。

本研究拟探索地理信息系统与专家系统的集成方法用于泥石流危险度评价的途径。首先介绍泥石流危险度评价集成系统建立的原理和方法,然后以北京北部山区孙胡沟流域为例对集成系统进行了验证。

* 此文在陈述彭教授指导下完成,并得到了香港中文大学梁怡教授许多帮助,特此致谢。

收稿日期:1995年3月20日;收到修改稿日期:1995年8月21日

环境遥感

REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT
CHINA

第11卷 第3期
Vol.11 No. 3

3
1996

中国科学院遥感应用研究所 主办
中国地理学会环境遥感分会
科学出版社 出版

文件，一是栅格形式的 Lattice 或 Grid 文件。对于上述文件，依其结构用 C 语言写成函数，并实现为动态链接库形式以便应用程序共享。

专家系统中的知识库文件、推理结果文件和推理过程解释文件均实现为文本形式，可直接用文本编辑器修改、存储。

2.2.2 构造操作的实现

构造操作是指集成系统为完成某项功能而将两个或多个组分的一系列操作按一定顺序组织在一起。构造操作的实现有批处理和交互式两种形式。批处理式构造操作如 Ding 和 Fotheringham 的 SAM 系统^[7]用 ARC/INFO 的宏语言 AML 来组织一系列操作，然后用 & run 去执行。泥石流危险度评价集成系统用 Windows 的 program manager 交互式实现构造操作。泥石流危险度评价的应用框架可以被设为一个程序组，与此有关的程序都可作为程序项添加进去，这些程序项中必须包括一个说明系统的该应用功能完成具有 OLE 接口的详细文档阅读程序。与批处理方式相比，交互式构造操作更灵活，更有利于人随时控制集成系统的运行。

2.2.3 友好用户界面的实现

集成系统采用 Windows 用户界面，即用窗口、菜单、控制、对话框、光标等图形画面和符号的操作来完成对系统的使用。由于 Windows 操作系统提供了许多工具如资源编辑器、绘图工具等，应用这些工具进行用户界面设计，所见即所得，多快好省。泥石流危险度评价的结果可以用文本文件 (TEXT)、图元文件 (Metafile) 和位图 (Bitmap) 多种形式存储，并可通过一个具有多文档界面 (MDI) 的显示程序 (Hyper View) 进行浏览。

3 集成系统的应用框架

集成系统的应用框架是指面向特定应用的规范化的操作模式。前已述及集成系统的应用框架可通过其公共接口模块的构造功能进行组织。在组织过程中，必须列出具体应用的操作步骤及其每一步的输入—处理—输出内容，为用户导航。逐步输入—处理—输出内容可用一简化框图表示，我们称为 SIPO (Stepwise Input—Processing—Output) 图。泥石流危险度评价的应用框架见图 2。由图可见，其应用可分两步，第一步为地理信息系统操作阶段，第二步为专家系统推理阶段。

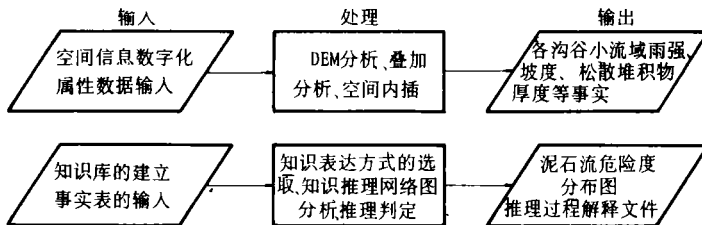


图 2 泥石流危险度评价的 SIPO 图

Fig.2 The SIPO graph for mudflow hazard assessment

4 集成系统应用示例

4.1 孙胡沟流域概况

孙胡沟流域地处北京北部军都山区深处, 面积 1192.4km²。本区断裂构造较为发育, 风化强烈, 为固体物质累积提供了条件; 河道纵比降和山坡坡度都很大, 为泥石流形成提供了巨大的势能; 而且本区地处北京市暴雨平均强度高值区^[8]。

4.2 孙胡沟流域泥石流危险度评价数据库的建立

建立数据库的基本原始资料包括 1:10000 地形图、1:16000 残坡积物厚度图、1:16000 岩性分布图、1:16000 植被覆盖度图、1:16000 泥石流流域分布图, 枣树林、八道河、张家坟、沙峪、四海等雨量站 1969 年 8 月 10 日的降雨时程分布资料。

上述数据输入到数据库后, 经 DEM、Overlay 和内插分析得泥石流危险度评价的事实表(表 1)。

4.3 孙胡沟流域泥石流危险度评价知识库的建立

知识的收集包括本区泥石流暴发典型实例和专家们研究分析本区泥石流文献。孙胡沟流域本世纪以来 1909、1939、1969、1972 年都发生了较大规模的泥石流, 其中 1969 年和 1972 年有较详细的调查资料。北京山区泥石流研究文献较多^[8-10], 现对其直接影响因素分析如下:

4.3.1 沟道坡度

据文献[9], 北京地区沟道纵坡大于 6° 就可能发生泥石流, 越大越危险。而据文献[10], 只有沟谷的纵向坡度为 10—30°, 才能既有利于松散堆积物在沟谷中的积累, 又有产生泥石流动力能量的基本条件。根据丁永建的理论研究^[11], 发生泥石流最有利的沟道坡度为 6—17.5°。因此, 我们归纳出沟道坡度与泥石流暴发适宜性的关系(图 3)。

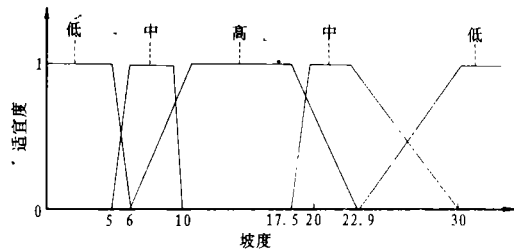


图3 沟道坡度对泥石流暴发适宜性的隶属函数示意图

Fig.3 Diagram of membership function on suitability of channel slopeness to mudflow

4.3.2 沟道活动层厚度

据文献[9], 沟谷内的松散岩屑土层厚度大于 1m 就可能发生泥石流, 而且厚度越大, 发生泥石流的规模就越大。据崔之久等研究^[10], 北京山区沟道堆积物累积到足以形成泥石流的厚度, 一般需要 30 年以上时间。这主要与岩性构造等因素有关。因此, 当沟谷沉积物厚度资料难以获得时, 我们可用沟谷发生泥石流的间隔时间与暴发周期之比来间接判断。

4.3.3 短历时降雨强度

短历时高强度降水是泥石流的触发因子。根据北京山区 10 多次泥石流的统计资料,

表 1 孙胡沟流域泥石流危险度评价的事实和结果

Table 1 Facts and results for mudflow hazard assessment on the Sunhugou watershed

沟号	坡度	间隔时间与周期比	最大 1 小时暴雨强度	前期雨量	泥石流危险度	泥石流严重程度
0	28.4	0.375	30	50	低(0.902) ¹⁾	无(0.902)
2	13.0	0.375	30	55	低(0.902)	无(0.902)
4	8.1	0.375	30	60	低(0.902)	无(0.902)
5	7.9	0.5	35	75	低(0.902)	无(0.902)
6	10.2	0.75	40	80	中(0.81)	轻度(0.812)
10	14.3	1.2	50	80	高(0.902)	严重(0.857)
11	14.5	0.9	30	70	中(0.855)	无(0.902)
12	15.3	1.1	45	85	高(0.902)	严重(0.857)
15	9.9	1.1	45	85	中(0.855)	轻度(0.812)
18	16.8	0.5	50	90	中(0.855)	轻度(0.812)
19	13.3	0.86	50	95	中(0.855)	轻度(0.812)
22	18.8	0.9	30	50	低(0.81)	无(0.902)
24	12.7	0.9	30	55	低(0.81)	无(0.902)
25	12.8	1.2	40	70	高(0.902)	严重(0.857)
27	11.5	1.2	40	75	高(0.902)	严重(0.857)
29	9.6	1.1	35	60	中(0.855)	轻度(0.812)
32	6.9	0.5	30	55	低(0.81)	无(0.902)
35	7.6	1.1	40	75	中(0.855)	轻度(0.812)
38	8.8	1.1	35	70	中(0.855)	轻度(0.812)
40	13.7	1.1	40	75	高(0.902)	严重(0.857)
42	8.4	0.6	45	85	低(0.81)	无(0.769)
45	7.3	0.5	40	80	低(0.81)	无(0.769)
46	16.1	0.75	40	85	中(0.855)	轻度(0.812)
47	10.4	1.2	45	85	高(0.902)	严重(0.857)
48	22.6	1.2	45	90	中(0.855)	轻度(0.812)
49	6.8	1.2	45	80	中(0.855)	轻度(0.812)
50	7.3	1.2	45	80	中(0.855)	轻度(0.812)
51	16.8	0.87	50	95	中(0.855)	轻度(0.812)
52	12.3	1.5	50	85	高(0.902)	严重(0.857)
44	7.7	0.5	40	75	低(0.81)	无(0.769)

1) 括号中数字为评价结果的可信度指标。

产生灾害严重的泥石流的降雨强度为 $\geq 50\text{mm/h}$ 或 $\geq 70\text{mm}/3\text{h}$; 对灾害尤为严重的泥石流(1969年8月10日, 1972年7月27日, 1976年7月23日, 1991年6月10日), 其降水强度都超过 100mm/h 。前期降水的多少是泥石流爆发的潜在因素。如果在泥石流发生之前, 本地已出现1—2场“透雨”, 土石层处于水份饱和状态, 将有利于泥石流的形成。因此触发泥石流的暴雨强度临界值将随着前期降水的增多而降低。

4.4 孙胡沟流域泥石流危险度评价结果分析

依据孙胡沟流域各沟谷的事实和知识库, 运用正向推理方法, 得各沟谷泥石流危险度结果见表1所示。图4显示了孙胡沟流域1969年8月10日泥石流严重程度的空间分布。由图可见, 孙胡沟流域1969年8月10日在中部和南部各支沟内都发生了程度不等的泥石流, 主沟和北部各支沟可能无泥石流发生。这主要是因为孙胡沟流域南部各支沟处于花岗岩和变质岩分布地区, 易于固体物质积累, 且有的支沟源头还有深厚冰碛物存在, 加上本次暴雨的强度由东南向西北递减, 因此在坡度适宜的地方都可能暴发泥石流; 而北部各支沟处于灰岩、砂岩分布地区, 固体物质积累慢, 且降雨强度小, 因此泥石流暴发可能性小。与孙胡沟流域土地利用图(图5)对照, 许多居民点和农田都处于此次泥石流灾害的影响区域。事后调查表明, 此次山洪泥石流给孙胡沟大队造成了较大损失, 其空间分布与评价结果基本一致¹⁾。

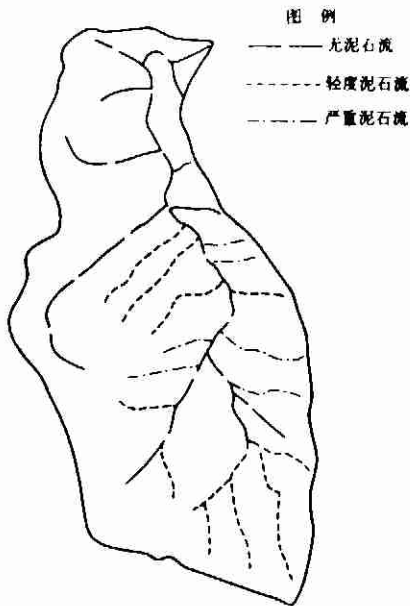


图4 孙胡沟流域泥石流严重程度的空间分布图

Fig.4 Distribution of seriousness for mudflow on the Sunhugou watershed

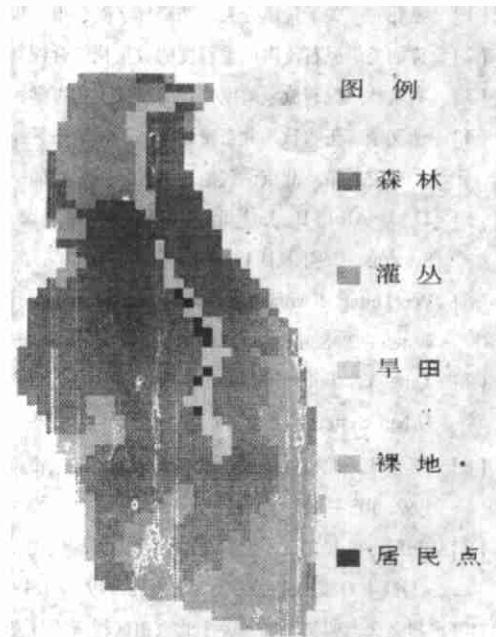


图5 孙胡沟流域土地利用图

Fig.5 Land use on the Sunhugou watershed

1) 地矿部地质遥感中心, 北京市泥石流航空遥感调查报告, 1987年4月。

5 结 语

通过以上分析, 可得如下结论:

(1) GIS 与专家系统的集成将为泥石流危险度评价提供一条有效的途径。在集成系统中, GIS 所起的作用主要是管理时空数据, 进行空间分析(如流域边界划定、Overlay 和内插等); 专家系统所起的主要作用是利用专家知识和空间目标(沟谷)的事实推理判定泥石流危险度。二者的结合将使专家经验得到推广应用, 减少野外和室内手工作业工作量, 使区域泥石流灾害的动态管理成为可能。

(2) 泥石流危险度评价集成系统应用的关键在于知识库的建立。由于目前依据的文献和资料有限, 现有的知识库只是最初级的。加上知识库中有些知识具有不确定性, 因此推理所得结论在人们救灾决策过程中只能起到参考作用。随着泥石流形成机理的进一步深化研究和集成系统应用经验的增多, 知识库可以得到逐步改进和完善, 这样对救灾决策将能进行更好支持。

参 考 文 献

- [1] 王礼先. 关于荒溪分类. 北京林学院学报. 1982, (3).
- [2] 谭炳炎. 泥石流沟严重程度的数量化综合评判. 铁道学报, 1986, 8(2).
- [3] 刘希林. 泥石流危险度判定的研究. 灾害学, 1988, (3): 10—15.
- [4] 谢又予, 伍永秋. 北京密云县泥石流危险区及沟谷危险度的初步研究. 见: 北京市科协编. 首都圈自然灾害与减灾对策. 北京: 气象出版社, 1992, 166—170.
- [5] D. J. Abel, P. J. Kilby, J. R. Davis. The system integration problem. *Int. J. Geographical Information Systems*, 1994, 8(1): 1—12.
- [6] Yee Leung, Kwong Sak Leung. An intelligent expert system shell for knowledge—based geographical information system: 2. Some applications. *Int. J. Geographical Information Systems*. 1993, 7(3): 201—213.
- [7] Ding Y., Fotheringham, A. S.. The integration of spatial analysis and GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*. 1992, 16: 3—19.
- [8] 吴正华. 北京的降水与泥石流. 见: 北京市科协主编. 首都圈自然灾害与减灾对策. 北京: 气象出版社, 1992, 105—111.
- [9] 田昭一, 崔之久, 谢又予. 北京山区现代泥石流与减灾的群防策略. 见: 北京市科协主编. 首都圈自然灾害与减灾对策. 北京: 气象出版社, 1992, 154—157.
- [10] 崔之久, 谢又予等. 关于北京山区泥石流暴发周期的初步探讨. 见: 北京市科协主编. 首都圈自然灾害与减灾对策. 北京: 气象出版社, 1992, 158—165.
- [11] 丁永建. 山区小流域洪水过程中泥沙搬运方式的初步研究. *地理学报*. 1989, 44 (4): 487—495.

作者简介

赵士鹏, 男, 1962年10月出生, 东北师范大学副教授, 1982年毕业于湖北大学地理系。现主要从事计量地理、地理信息系统等领域的研究, 已发表论文10多篇。

Study on Integration Methods of GIS and Expert System for Mudflow Hazard Assessment

Zhao Shipeng

(Department of Geography, Northeast Normal University)

Zhou Chenghu

(LREIS, Institute of Geography, CAS)

Xie Youyu

(Institute of Geography, CAS)

Xu Xinwang

(Dept. of Geography, Chizhou Teacher's College)

Abstract In accordance with the specific characteristics of disaster resulted from mudflow and present conditions, the system integration strategy for assessment of mudflow disasters was proposed. The integration system for assessment of mudflow disasters was configured with externally linkage architecture based on the common interface module and included two components, i.e. GIS and expert system. Thus central link of implementing the integrated system is construction of transformation function, accessing function and specific application frameworks. Transformation functions and accessing functions were performed as Dynamic Link Library so as to be shared by application programs. Application frameworks were expressed by Stepwise Input-Processing-Output graph (SIPO) and constructed by program manager and Multi-Document editor with OLE interface. After database on the Sunhugou watershed and knowledge base for mudflow hazard assessment were built up, mudflow hazard on the Sunhugou watershed has been assessed in this paper. Through comparison between field investigation and distribution map for mudflow hazard outputed by the integrated system the result shows that the integrated system is operable and highly reliable.

Key words Mudflow, Hazard assessment, GIS, Expert system, System integration