

第一篇 预测预报研究

一、暴雨泥石流预报专家系统研究^①

——以昭通地区为试验区

王瑞元 张根娟 曾宜君

(一) 前言

昭通泥石流是昭通主要自然灾害之一,也是云南省泥石流灾害重点发生区,每年雨季暴雨泥石流给昭通 11 个县的人民生命财产、工农业生产、交通运输带来重大经济损失。为了使灾害造成的损失减轻到最小,除了必要的治理外,在灾害发生前能及早作出准确的预报,提前做好防御,也是一种重要的防灾减灾途径。然而,该灾害是多种因素综合造成的,它涉及到地理、水文、地质、气象、社会等学科领域,同时泥石流灾害从长时间序列来看,它仍属小概率事件,不利于采用纯统计学预报建模式,而专家系统是能兼容并蓄,将地理、气象等知识融为一体、集思广益。气象部门在 80 年代中期,开始引进和推广天气预报专家系统,这次把它又引进到暴雨泥石流预报领域中来,作为一个暴雨泥石流预报模式的尝试。

本系统采用 LISP 与 C 语言混合编写程序,由暴雨因子库→规则库→规则网络→个例库→结果库所构成。泥石流图象因子库→昭通地区泥石流最危险区域预报文字图象输出(结果库)。它具有便于修改、补充和不断更新的功能,而且操作简便,结论直观,利于在业务上推广和应用。该系统要求在 386 及以上档次的计算机、VGA 彩显,1M 以上内存、10M 以上硬盘上运行,汉字环境要求能支持 25 行彩色汉字显示,DOS3.0 及以上的版本。

(二) 预报因子的天气学基础

本区上空的大气环流和特定的地理地形条件下的对流层中低层环流系统状况、季风形态、天气系统是建立和确定预报因子的重要基础。

1. 大气环流

(1) 对流层的平均气流场:昭通地区位于北纬 $26^{\circ}30'$ 到 $28^{\circ}30'$,东经 $102^{\circ}50'$ 到 $105^{\circ}23'$,在云南省东北部;西、北、东与四川接壤,南面与贵州相接,西南与会泽县、东川市相连。鉴于其特殊的地理位置,所以形成了该区特色的气候条件。

雨季,本区对流层上空受热带东风带、副热带西风带和西南季风影响。上空 400 百帕及以上对流层中、上层在纬向风速剖面图上为深厚的热带东风带,在经向风速剖面图上,

^① 国家自然科学基金项目(49261002)和云南省科委切块研究项目(92-01)。

可以看到西南季风一直向北推进到北纬 35 度,其厚度达 7 公里高度,这是本区上空大气环流的重要组成部分,它的地理位置和强度变化与本区雨季开始迟早有着密切关系。副热带西风急流轴 4 月开始北移,到 5 月由 25°N 位置可移到 35°N 附近,平均每月北移 5 个纬距,7、8 月可到达 40°N,9 月后又开始南移。昭通地区雨季中均处于副热带急流的南侧,副热带急流的季节变化是整个大气环流及青藏高原大地形热力学和动力学效应的综合结果。

(2)平流层平均流场:雨季中本区平流层环流盛行偏东风,而 5 月、10 月正好是平流环流东西风的转换季节,也是雨季开始和结束季节。

(3)受地形影响下的低层环流状态

①距地 300 米流场 夏季盛行偏西南气流并呈气旋式弯曲,在 105°E 附近并常与东南气流汇合,因此 105°E 又称之为西南季风与东南季风的过渡带,本区刚好处于此过渡带两侧。

②700 百帕与 500 百帕流场 由于气流受青藏高原大地形影响,形成了区域性环流特征——绕流现象。夏季此现象仍然存在,700 百帕上西南地区均为气旋式流场控制之下,正涡度中心位于高原东南部即云南中部、南部地区,西南气流与高原北侧过来的偏北气流在高原东侧秦岭附近形成一条切变线。500 百帕上是由一支从孟加拉湾上高原来的西南季风气流,这次西南季风同高原北侧的偏北气流形成了一条横贯青藏高原的切变线,负涡度出现在切变线南侧高原上空,切变线位置南北摆动和其强度的变化,对当地天气影响很大。夏季当有北方冷高压南移,切变线推移到川滇交界处,其附近会产生强对流天气。

③西藏高原对云南局地环流的影响 在夏季从径向环流来看使南来季风气流到达副高辐合区时,即 35°N。受辐合区影响气流上升,它的上升也是高原动力和热力的共同作用。由于地形影响,有许多天气系统可以在高原上空及其邻近地区生成。同时也可使外部移来的天气系统到达高原时得到改造。如高原上生成的西南低涡对昭通地区天气影响较大。又如低槽东移过程中在高原得到加强,而高压脊则会减弱。从 6—8 月历年静止卫星云图(GMS)分析,在 25—30°N、100—105°E 范围内高原夏季常常会产生中尺度对流云团,这些云团生命史很短,约 12—24 小时左右,可是这些对流云团会产生局地强对流降水天气,在外来天气系统配合下,降水范围和降水强度都可以明显增强。

2. 季风

季风是昭通地区气候形成的基本因子,也是季风现象较复杂的地区。季风的改变象征着季节的更改。冬季本区主要受来自西北利亚寒冷的偏北季风影响,本区以阴雨天气为主,形成干季不干与云南其它地方不同的气候特点。但夏季季风比较复杂,既有印度西南季风和东亚季风影响,又有高原季风影响,偶尔还有来自极地的大陆季风影响。从季风特征分析,夏季昭通地区主要属副热带季风区。近地层风向既有来自印度、孟加拉湾偏西南风和来自西南太平洋和南海的偏东南风,和绕高原东部南下的偏北风。进入盛夏还会有来自南半球的东南信风越过赤道经印度洋北部、孟加拉湾,中南半岛进入本地区,这支强劲气流其湿层深厚,水汽充沛,是本区雨季降水的主要水汽来源,称之为印度季风(高由槽)。从地面最多风向频率分析昭通地区各县全年除鲁甸县夏季为偏西南风外其余均为偏北风为主,这也是与省内各地西南风为主的不同特点。当鲁甸县由偏北风转为偏西南风时,是

本地区进入雨季的重要指标。本区受高原季风影响较大,夏季青藏高原为一热源,上空是个热低压,气流为气旋性环流,构成本区地面风向维持偏北的主要原因,同时夏季降水主要发生在高原切变线及其切变线上的扰动处,这也是高原特定条件下的天气系统。季风活动是造成该区域气候的重要因素,如西南季风到达本区的迟早表征着雨季开始的迟早,而季风的强弱又往往会造成该地气候异常,昭通地区夏季旱涝,就要看该年季风活动程度。西南季风的活跃期(盛行偏南风向期)约5—7天和中断期(风向转为偏北)5—6天为我们作准中期天气预报提供了依据。

·3. 影响本地区的夏季天气系统

夏季大雨暴雨天气,往往是造成本区泥石流的主要原因之一,两者关系十分密切,尤其是金沙江河谷及其支流,这里山高坡陡,水土持水性差,气温高,少雨,为干热河谷区。干旱与土壤干旱使软质岩层易风化,水土流失严重,一旦遇有暴雨,易诱发洪涝及浅层滑坡、泥石流灾害发生。是本区的泥石流最危险区之一。横江流域,是地震频率高,断裂极其发育的地区,加上人口密度大,垦殖系数高,植被覆盖率低,是浅层滑坡、泥石流灾害的强敏感区,加上这里又是大雨暴雨高频发生区,大于100毫米的大暴雨年年均有,所以本区又是昭通地区泥石流另一个最危险区。对本地区影响较大的夏季降雨天气系统有西南低涡、切变、低槽、冷降、东风波、副热带高压脊、辐合区等。

(1)西南低涡 西南低涡是在青藏高原特殊地形条件下形成的我国西南地区中尺度气旋式涡旋,产生在高原东侧,反映在700百帕或850百帕上,范围约300—500公里大小,它是造成四川、云南中部、北部、及黔北地区重大降水过程的天气系统,可产生连续性的大雨、暴雨,当它东移和发展时,常给我国沿长江省区尤其是东部江淮地区带来暴雨天气,酿成洪涝灾害,本区发生的较大范围的连续性大雨、暴雨天气过程,常与西南低涡影响有关。具体指标见因子表表1—1序号14、15。

(2)西太平洋副热带高压(以下简称副高) 副高的活动对本区降水影响甚大,它可造成本区雨季开始期和结束期的早迟,也可影响每次降水过程的强弱和降水范围的分布,副高的活动和强弱常用其高压轴线、西伸轴线端点位置覆盖的一定区域面积指数大小即584、588线所围面积来衡量,或用一定区域内几个站的高度值之和来表示。盛夏当副高增强,西伸控制本区时,就会出现伏旱,当副高较弱位置偏东偏南时,本区为副高边缘的东南气流控制时,往往与北方高压形成切变线影响本区,或地面有冷空气侵入,就可以造成较大的降水天气。具体指标见因子表序号1。

(3)台风 台风活动对沿海地区降雨关系密切,对内陆省云南来讲影响小一些,南海台风西进登陆越南后对云南省南部地区也会产生大雨暴雨降雨天气,造成文山州、红河州南部洪涝泥石流灾害,对滇中地区影响较小。但是东部台风活动往往会促使副高西进,造成影响本区的西南季风发生中断,出现偏北风控制本区,造成本区少雨天气和伏旱现象。因此可以认为东部台风是抑制昭通地区出现暴雨泥石流的重要指标。具体指标见因子表序号5、8、13。

(4)印度孟加拉湾中低压 印度孟加拉湾中低压产生和发展对昭通地区暖湿气流的输送强度有着很大的关系,是本区产生暴雨的重要水汽来源。具体指标见因子表序号10。

(5)低压槽 在高原南部有低压槽或孟加拉湾低压中可分析出低槽,槽前西南气流是

本区降雨的水汽源,低槽的深厚程度和位置,对本区影响均有很大关系,具体指标见因子表序号 2、3、6、11。

(6)地面冷锋 当极地冷空气经由新疆或蒙古南下,过四川进入昭通地区,夏季受冷锋影响的地区,同时遇有其它天气系统配合,常发生锋生锋消现象,即增强减弱的过程。当产生锋生时,会出现雷雨大风、冰雹和暴雨等剧烈天气现象。具体指标见因子附表序号 18。

(7)低涡切变 低涡切变常是构成本区出现重要降水的因素之一,有 90% 的概率会出现中雨以上的降雨天气过程,出现大雨的概率为 60%,出现暴雨则为 21%,它的时间分布为 7、8 月出现暴雨概率分别为 33%、56%。切变线可以从 500 百帕、700 百帕、或 5000 米、4000 米流线上本区上空清楚地分析出来,它是由高原中部、东部的高压和南部副高之间形成的风向切变,或是西风低槽东移到华北,其南段在高原南侧形成横切变形式出现;在切变线两侧维持一片雨区,同时切变线上常可分析出闭合小低涡一个或几个,小低涡沿切变线向东移,在移动过程中,低涡中心附近常常是降雨集中区域。切变线有时也会随着南北高压的增强减弱而南北摆动,地面上雨区也随之北南向移动。具体指标见因子表序号 4、12。

(8)东风波 在副热带高压脊北移到 30°N 或更北地区时,本区常处于高压南侧的东风气流之中,并出现波状扰动天气,发生间隔很有规律的阵性降水天气现象,常见于 7 月下旬到 8 月中旬这个时段里面。东风波扰动源于登陆台风西移,或华南热带气旋西移的结果,东风波扰动出现的降雨天气一般不大,但它与其它天气系统相结合也会产生较大范围的大雨、暴雨天气过程。具体指标见因子表序号 7。

(9)副热带急流 副热带急流是本区发生重要降水的主要天气系统,它主要出现在 700 百帕上风速大于 12 米/秒风向东或东南并呈带状分布。具体指标见因子表序号 17。

(10)孟加拉湾热带气旋 孟加拉湾热带气旋不同于印孟中低压,它是在孟加拉湾 18°N、88—92°E 之间和 8—16°N、86—92°E 之间生成的两个源地,而后一个源地为主占 78%。还有一种是由南海台风西移登陆中南半岛,再西移进入孟加拉湾海洋上,重新加强发展,孟湾热带气旋对云南秋季降水影响很大,而盛夏出现较少。对本区有明显影响的是夏季南海台风西移,在孟湾加强的热带气旋,其外围降水云系结合地面冷锋就可产生大雨暴雨天气过程。

以上几种天气系统,它有时会单独出现,有时会两个或两个以上同时出现影响本区时,则大雨暴雨的范围和持续时间都要显著加强。

(三)预报对象的因子及分级

1. 雨量资料

昭通 11 个县气象站 1974—1993 年 6 月至 9 月逐日雨量并具备下列任一条件定为一次暴雨过程。

(1) 3—4 站日雨量 $\geq 40.0\text{mm}$, 且其中有一站日雨量 $\geq 100.0\text{mm}$;

(2) 5 站及以上日雨量 $\geq 40.0\text{mm}$, 且其中有一站日雨量 $\geq 50.0\text{mm}$;

(3) 3 站及以上日雨量 $\geq 50.0\text{mm}$ 。

20 年 80 个月中符合上述任意一条件者共有 26 次暴雨个例。

2. 泥石流资料

采用 1:50 万昭通地区坡度图、植被图、地貌类型及相对高差因子图、岩石坚硬程度及断裂构造因子图、泥石流分布及活动程度图,对上述诸图(略)进行分析、反复订正及实地考察综合后绘制出 1:50 万昭通地区泥石流危险区划图(图 1-1),把泥石流危险区分为四个等级,一级最危险区、二级危险区、三级中度危险区、四级弱或无危险区。

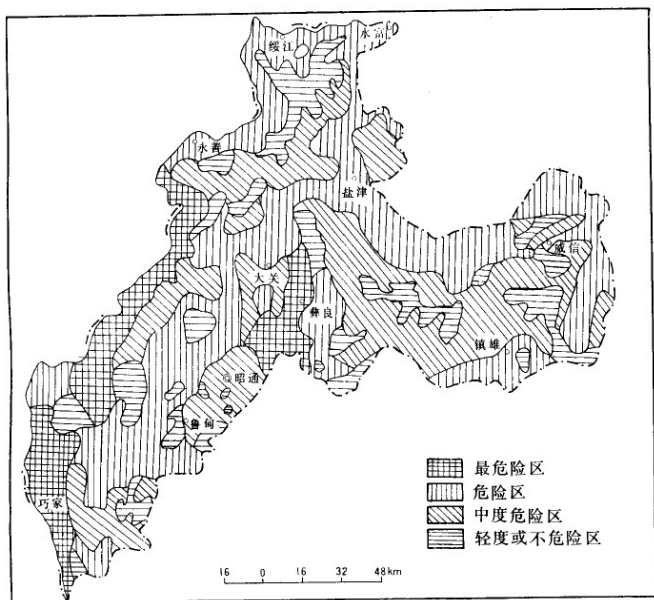


图 1-1 昭通地区泥石流危险区划图

3. 最危险泥石流雨量临界值分析

将历史上发生的泥石流与暴雨进行相关统计分析后,并参照泥石流危险区划图上的不同危险区,绘制出 1:50 万昭通地区暴雨泥石流临界雨量图(图 1-2)。

(四)专家系统 5 个库的建立

1. 预报因子库(知识库)

昭通暴雨因子库是专家系统的核心,是采集预报信息和判断推理的“指挥部”,也是软件开发难点,因子(知识)选择的好坏是决定系统成败的关键,过去认为经验性是不科学、

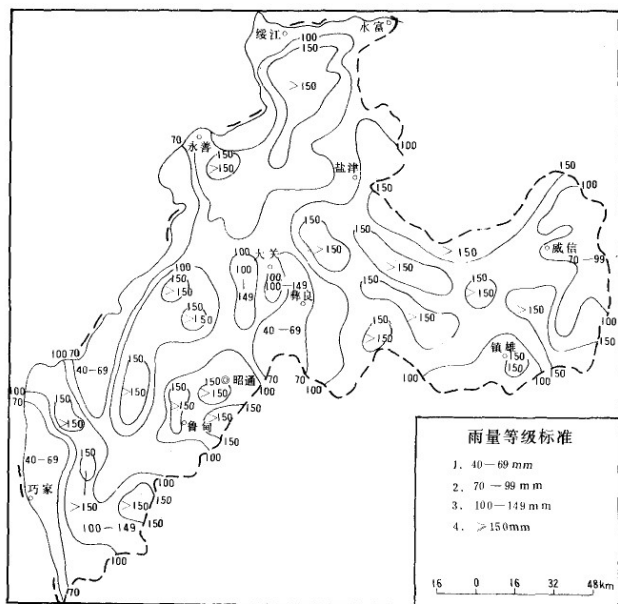


图 1—2 昭通地区暴雨泥石流临界雨量图

不严格的知识,而且大量是不完全的知识,真正认识清楚泥石流过程也是有限的知识,如何扩大不完全知识,人工智能恰恰认为不完全知识是最大量、最活跃的,更体现出综合性的特点,譬如医学上,西医则重原则,中医综合医疗,老中医丰富的经验是重要的。而智能型与数理型具有不同特点:①智能型具有地区性,昭通泥石流知识库不能搬到其它地方去用;②智能型具有试探性,不断运用、修改完善;③智能型具有针对性,不同问题用不同的因子去解决。而数理型则不具备上述特点。

本文采用以天气学原理为基础与预报员经验相结合,对有利于产生暴雨泥石流的天气因子进行分解,使每个因子只表示预报的局部现象;采用快速抽样,扩大样本,回报历史、修正因子,并对这一过程进行多次反复修正,采用 1974 年到 1993 年 6—9 月逐日 08 点(北京时)历史天气图 500hpa 高度场,700hpa 高度场和地面天气图 3 个不同层次,用产生暴雨的天气学原理与预报经验相结合的方式,对影响昭通的天气系统和要素值进行全面普查。最初选出 38 个预报因子,按“抓关键、抓重点”原则反复筛选后,保留 18 个因子群来表达知识,并对因子进行规范化处理后,列因子简表①序号,②因子代码,③因子名称,④逻辑值及因子说明(表 1—1)。

另外逻辑值可以用“模糊集理论”处理,因为“不确定性”是人类大脑思维所固有的一种特性。例如一个天气预报员预报明天有暴雨,在他头脑中的反映多半不是绝对肯定的,

而是有暴雨的可能性大,因为天气系统的“强”与“弱”是具不确定性的。即使在本文中采用的{0、1}、{0、0.5、1}的“确定性”值,而“不确定性”值为{0、1},即“确定性”值也就包含“不确定性”的值域。

写进计算机软件采用框架结构描述这类因子。

结构式定义:

(因子代码“因子名称”

(&DATA

(逻辑值“因子文字说明”)

:

:

:

(逻辑值“因子文字说明”)))

2. 预报规则库的建立

专家预报知识(因子)是以事实、规则的形式表达的,单一的预报因子只反映了天气变化的局部信息,天气变化往往是多种因素的组合和它的演变的结果,而预报规则是多种预报因子逻辑归纳的集合,它较全面地反映了天气变化的综合条件。

它也是根据各个因子进行逻辑判别的程序系统,目前一般采用产生式规则,就是说当满足某些条件时,则未来在某时间出现暴雨泥石流天气,在推理方式上,采用人机结合的问答式推理。这种综合条件表现了专家头脑中预报概念模式,规则表示方法,采用“IF……THEN”的一阶谓词形式,并遵循“总体综合性原则”和因子的“等效原则”。所谓总体综合性原则,就是每条预报规则的预报准确率要高于规则中的单个因子,且使用效果要稳定;等效原则是指在一条规则中各个因子彼此起着相辅相成的作用,无相辅相成功效的因子,就删除,所以规则中有的规则只用 11 个因子,有的只用 8 个因子组成。

表 1-1

因子简表

序号	代码	名 称	逻辑值说明
1	SH5	500Hpa 图上西副高脊点位置	1. 在 20—30°N, 104—110°E 范围内有 588 线上的脊点或在 20—23.5°N, 90—105°E 范围内有 588 线上的脊点或 588 线段 3. 上述两范围内无脊点
2	TR5	500Hpa 图上西部槽	1. 在 10—30°N, 60—100°E 范围内有印孟中低槽(压)且同时在 25—35°N, 90—105°E 范围内槽 3. 在上述范围内无标准槽
3	TRP5	500Hpa 图上西部竖槽切变	1. 在 25—35°N, 90—105°E 范围内槽的最南端点伸展到 30°N 及以南, 且槽线与 30°N 之交点为坐标点画出纵坐标, 在第 1 象限横坐标, 30°N 与槽线的夹角 ≥ 30 度的竖槽或高原东部为低压而无槽 3. 在上述范围内无标准槽

续表

序号	代码	名 称	逻辑 值 说 明
4	CVG5	500Hpa 图上辐合切变线	1. 在 20—40°N, 80—100°E 范围内有呈闭合 588(584) 外围线段与西副高呈两高间辐合切变线 3. 在上述范围内无标准辐合切变
5	TPH5	500Hpa 图上台风	1. 在 20—25°N, 105—110°E 范围内有登陆台风中心或台风北侧偏东风 2. 在上述范围内无台风
6	TRS5	500Hpa 图上西边槽位置	1. 在 25—35°N, 90—105°E 范围内, 高原槽的位置必须在宜宾以北或成都或宜宾或西昌或威宁以西 2. 在上述范围内高原槽已越过威宁
7	SE7	700Hpa 图上的偏东南风	1. 在 25—32°N, 104—110°E 范围内副高西部边沿 2 站及以上的风向在 90—180 度之间且风速 ≥ 4 米/秒, 或成都、西昌、重庆、贵阳、遵义、宜宾、威宁有任意一站的风向在 90—180 度之间 2. 在上述范围内出现不符合上述系统的, 而是四川小高压南侧的、台风北侧的偏东风或无此风向的风
8	TNE7	700Hpa 图上出现台风西部偏东北风	1. 在 25—32°N, 104—110°E 范围内登陆台风西侧有 ≥ 3 站风向在 0—90 度之间的东北风 2. 在上述范围内无台风或有台风, 但位置偏南, 没有出现台风西部偏东北风
9	J7	700Hpa 图上副热带急流	1. 在 20—32°N, 100—110°E 范围内有 ≥ 3 站风速 ≥ 12 米/秒, 并呈带状分布, 风向在 200—260 度之间, 且在威宁、西昌、贵阳有任意一站的风速 ≥ 12 米/秒 3. 在上述范围内不符合上述条件的风
10	L7	700Hpa 图上有印孟中低压	1. 在 10—30°N, 60—100°E 范围内有印孟中低压 3. 在上述范围内无标准低压
11	LV7	700Hpa 图上在高原东部有低压槽	1. 在 25—35°N, 90—105°E 范围内有低压或与印孟中低压连为一体 3. 在上述范围内无标准低压
12	CVG7	700Hpa 图上有辐合切变线	1. 在 30—40°N, 90—100°E 范围内有 312(316) 闭合等高线段或中心与西副高形成辐合切变线 3. 在上述范围内无标准辐合切变线

续表

序号	代码	名称	逻辑值说明
13	TPH7	700Hpa 图上台风北界达北纬 30 度	1. 在 20—25°N, 105—110°E 范围内有登陆台风中心, 台风北部偏东风风速 ≥ 6 米/秒的一个站已达到北纬 30 度及以北 2. 在上述虽有台风中心, 但台风北侧风未达到 30°N
14	VSW7	700Hpa 图上有川西南低涡	1. 在 25—32°N, 95—105°E 范围内在阿坝、甘孜、昌都、丽江、西昌、威宁、宜宾、成都之间有川西南低涡, 即任意两站风向切变 ≥ 180 度 3. 在上述范围内无标准低涡
15	VS7	700Hpa 图上川西南低涡位置	1. 川西南低涡在 40°N 以南, 宜宾以北, 且在成都或宜宾或西昌或威宁以西 3. 川西南低涡已移过威宁, 威宁为西北(东北)风
16	VC	地面图上高原东部实况或云图实况	1. 在 25—35°N, 90—105°E 范围内有 2 站及以上的 Cb 云, 其余大部地区为低云 9—10 阴天 2. 上述两范围内高原东部 80% 的站是 9—10 低云量, 并伴有阵雨或雷雨, 贡山有雾或卫星云图上有对流云团 3. 在上述范围内无标准云量及天气现象
17	JS7	700Hpa 图上各风向的急流	1. 在 20—30°N, 100—110°E 范围内有风向(0—90)或(90—180)或(200—260) ≥ 3 站的风速 12 米/秒, 且威宁、西昌、贵阳有任意一站风速 ≥ 12 米秒 3. 在上述范围内无标准风速
18	FNT	地面图上的锋	1. 在 30—40°N, 90—105°E 范围内有跨 7 个经(纬)距的锋线或在 29—30°N, 100—105°E 有 3 个经距, 且未过昭通的锋线 3. 在上述范围内无标准锋

用形式化定义如下:

〈规则〉::= $\langle \langle \text{规则名} \rangle \langle \text{前提} \rangle \rightarrow \langle \text{结论} \rangle \rangle$

例如:

(W101 ((Y SE7 L(1))

(Y L7 L(1))

(Y LV7 L(1))

(Y VSW7 L(1))

(Y VS7 L(1))
 (Y VC0 L(1 2))
 (Y TR5 L(1))
 (Y TRS5 L(1))
 (Y TRP5 L(1))
 (Y SH5 L(1))
 (Y TPH5 L(3)))

→

((R HW L(W“在未来1—2天内:昭通有 ≥ 4 站强对流天气”))), W101 是规则序号,上述11个因子都成立→则未来1—2天内昭通区有 ≥ 4 站的强对流天气。若输入昭通11县雨量预报级别为1时(即40—69mm)即可显示出全区泥石流预报图及打印出全区各县、乡泥石流危险区预报表(表1—2)

表1—2

暴雨泥石流危险区域预报表

时间	预 报 结 果
在未来1—2天内	昭通市泥石流最危险(1)盘河,尖山,大寨子;危险(2)靖安,酒渔
在未来1—2天内	大关县泥石流最危险(1)青龙,天星;危险(2)大关,玉碗,上高桥,悦乐,黄葛,寿山,吉利
在未来1—2天内	水富县泥石流最危险(1)无;危险(2)水富,楼坝,两碗,太平
在未来1—2天内	鲁甸县泥石流最危险(1)梭山;危险(2)火德红,龙头山,小寨,新街,龙树
在未来1—2天内	永善县泥石流最危险(1)大兴,档口,黄坪,黄华,务基,莲峰;危险(2)永善,佛滩,团结,靖胜,桧溪,黄坪
在未来1—2天内	威信县泥石流最危险(1)无;危险(2)威信,水田,高田,旧城,双河,长安,罗布
在未来1—2天内	巧家县泥石流最危险(1)巧家,大寨,小河,荞麦地,中寨,蒙姑;危险(2)东坪,新店,大塘包,炉房
在未来1—2天内	绥江县泥石流最危险(1)无;危险(2)绥江,新滩,会议,南岸
在未来1—2天内	镇雄县泥石流最危险(1)无;危险(2)镇雄,扩户,塌坝,罗坝,以勒,坡头,母享
在未来1—2天内	彝良县泥石流最危险(1)洛泽河,彝良,两河,毛坪;危险(2)彝良,洛旺,龙街,牛街
在未来1—2天内	盐津县泥石流最危险(1)无;危险(2)盐津,兴隆,普洱,滩头,豆沙

3. 规则网络

本文采用语义网络来描述专家知识的共有 10 条规则组成两种多元推理网络(图 1—3),从条件→结论正向推理。

正向推理机,即首先由用户提供一批事实,譬如输入当时因子逻辑编码,存入在数据库(结果库)中,然后推理机进行工作。其步骤是:①推理机用这批事实与知识库中规则的前提事实进行匹配,为此,首先把知识库中一条规则的前提事实取出来,尔后看这些前提事实是否都在数据库中,若不全在,进行下一条规则的匹配,若全在,则这规则匹配成功;②把匹配成功的规则的结合部分的事实做为新的事实加到结果库中去(这时结果库中的事实增加了);③再用更新后的结果库中所有事实,重复上述①②两步用 LISP 语言来实现上述功能。

因子与因子之间用逻辑运算符“ $\wedge$ ”“ $\vee$ ”,“ $\wedge$ ”称合取,即同时“都”的意思,“ $\vee$ ”称析取,即“或”的意思。因子代码后括号中的值 1、2、3 为逻辑值(1 表示 1,2 表示 0.5,3 表示 0)

只要将建立起的规则库文件输入计算机,进入 LISP 后,可自动产生上述推理网络。

4. 个例库的建立

昭通暴雨因子组合 10 个规则中共 31 个暴雨历史个例,按推理网络可预报准 26 个昭通暴雨过程,其中空报 1 次,并报对 4 次无强对流天气,历史个例的积累使用在专家系统中具有举足轻重的作用,它包含了丰富的客观知识,即它包含有原始因子的实际值及预报目标实况值的因果偶对关系,没有历史个例,专家系统是无法建立起来的。

5. 结果库(实时资料库)

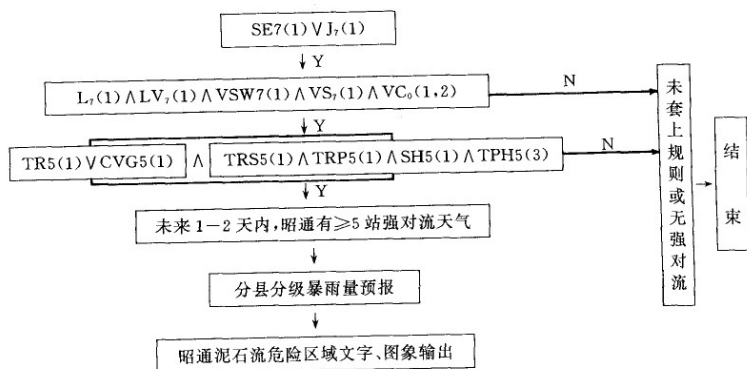
在投入正常业务使用后,每天采集因子输入后,系统将自动存储到结果库中去,充实个例,以便总结经验,修改因子,充实完善系统。

(五)本系统效果说明和存在问题

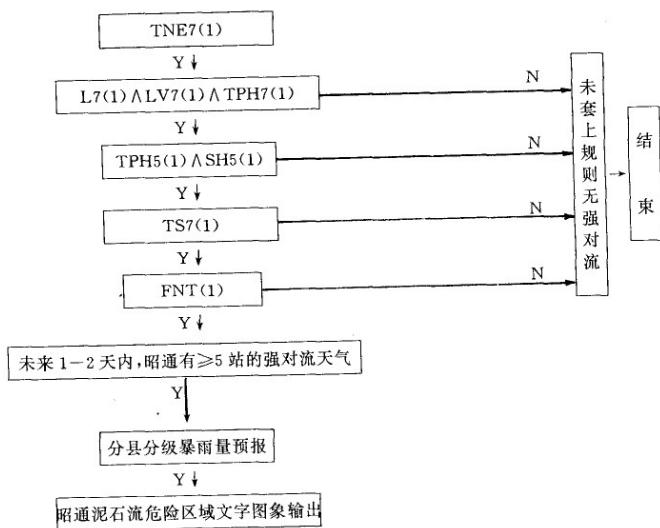
系统建立过程中,基本查明昭通地区在什么天气系统下产生暴雨泥石流天气过程,关键区不在昭通的上游而在下游,即昭通地区东南方向为副热带高压控制,并切断水汽通道,昭通处于副热带高压西部边缘;必备因子为在昭通上游即昭通的西北方向有向着昭通移动的川西南湿性低涡(低气压中心);配合因子为北部湾到滇东南无台风出现,此时才有利于孟加拉湾水汽源不断输送到昭通上空结聚产生辐合,而引起强对流天气,这就产生昭通主要暴雨泥石流天气形势,这种形势概括了昭通地区 20 年以来 78% 的暴雨泥石流过程。

泥石流的形成除天上暴雨的外部激发因子外,还有地面内部因子,它涉及到地形地貌、植被、坡度、地质构造、岩性、社会等诸因子的综合结果。

暴雨泥石流危险区域预报文字输出可以精确到昭地区县乡一级(表 1—2),图象输出可以精确到所有地方,操作简便,结论直观。



(a)



(b)

图 1-3 多元推理网络图

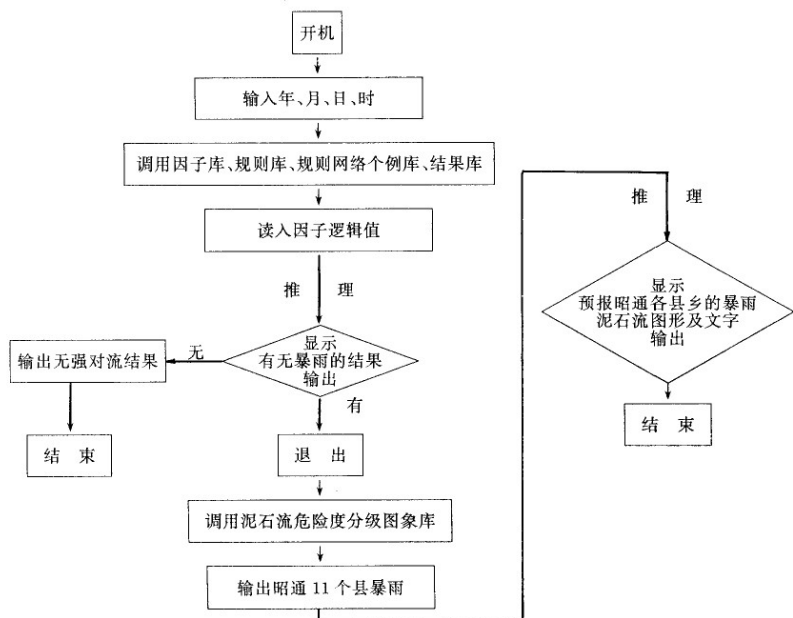


图 1—4 昭通暴雨泥石流预报专家系统工作流程图

本系统的建立是逐日普查历史天气图资料 2440 天,在 3 个不同层次采集天气图因子共 131760 个数据,并抄录雨量资料 26840 个数据,在这 10 多万个因子数据群中建立起专家预报系统,其历史成功率为 97%,若操作者在人工采集因子时认真、准确,投入运行后,准确率可达 70—80%,明显高于昭通日常的暴雨预报准确率(一般在 15%左右)。

本系统是人工干涉来增长、修订知识,它的自学功能尚差是其不足之处。

天气知识因子是由人工采取输入,对天气图的分析 and 天气形势识别十分重要,一旦差错会直接影响到预报的成败。因此要提高天气分析和识别能力,才能正确掌握因子规定的条件,是预报准确之关键。

二、澜沧江流域中下游暴雨滑坡泥石流预报模式研究^①

王瑞元 霍义强

(一) 前言

澜沧江发源于我国青藏高原唐古拉山北麓,是一条经中国、缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南的跨国河流,我国境外称湄公河。干流全长 4850 公里,流域面积 79.5×10^4 平方公里。澜沧江在云南省境内干流全长 1240 公里,涉及 7 个地州、3 个市、35 个县。区内是水能资源开发利用的最优地区,目前已兴建了装机 150 万千瓦的漫湾电站和正在动工的 125 万千瓦的大朝山电站,规划中有装机 360 万千瓦的小湾电站、450 万千瓦的糯扎渡电站和 150 万千瓦的景洪电站。该区电力的开发将成为云南支柱产业之一,并带动云南经济更快发展,这里的水电、有色金属基地已列入 1985 年全国重点开发区之一,澜沧江本身又是一条云南以至整个西南通向东南亚诸国的国际贸易水上通道,除此这里丰富的旅游资源和动植物资源都具进一步开发的前景。云南省境内中下游段研究范围介于北纬 $21^{\circ}10'$ — $25^{\circ}10'$,干流总长为 672 公里,涉及 5 个地州,流域面积 57530 平方公里。由于该流域地形险峻,地质构造复杂,新构造运动强烈,地震频度高,全年降水量丰沛,大雨暴雨较多,加之近期人为工程、工农业生产活动强度大,造成本区域崩塌、滑坡、泥石流等斜坡变形破坏现象加重,且有不断发展趋势,对该区水利水电资源的开发利用、城镇建设和运输公路、航道畅通影响极大,引起了有关部门的极大关注。因此对该区暴雨滑坡泥石流灾害的评价和预测研究至关重要,为本区资源开发和灾害防治对策提供参考依据,也为省、地民政、保险救灾抢险安排提供决策。

区域内暴雨泥石流的天然因子是搞清引发暴雨的大气环流背景及降水机理——大气稳定性的物理学推算。而暴雨泥石流的地面因子是探讨流域区内的地理地质环境特征,地壳稳定性、斜坡稳定性和分区特征,气候、水文、植被等因素。

(二) 澜沧江中下游自然地理概况

研究区位于澜沧江云南境内中下游段,介于东经 $99^{\circ}10'$ — $101^{\circ}50'$,北纬 $21^{\circ}10'$ — $25^{\circ}40'$;涉及中国云南省大理、保山、临沧、思茅、西双版纳 5 个地州和大理、永平、昌宁、凤庆、云县、镇沅、景谷、普洱、思茅、耿马、双江、沧源、澜沧、孟连、勐海、景洪、勐腊 17 个县,总面积 57530 平方公里。

^① 国家自然科学基金(49261002)和云南省科委切块研究项目(92-01)。

1. 地势与地貌特征

印度板块与欧亚板块碰撞挤压使喜马拉雅造山运动强烈,燕山运动后夷平面抬升至 2000 米左右的高度,成为当今的云南高原面,第四纪以来的构造运动和侵蚀循环过程促使云南山川水系重新排列调整,形成云南高原西部横断山脉、高山峡谷相间排列的三江南北向构造的地貌格局,三江断裂带又呈弧形弯曲,澜沧江为云南地貌与地理系统的一个重要组成部分。

澜沧江地势由西北向东南递减,研究区域内最高点在大理苍山海拔 4122 米,最低点在勐腊县澜沧江与南腊河交汇处海拔 480 米。两处高差 3642 米。中下游河段北自功果桥南至南腊河口,全长 672 公里,落差 882 米。本区主要地貌类型为高山与峡谷和中山、低山、宽谷相嵌的地形,绝对高差在 1000—3500 米,相对高差在 500—1000 米之间,北段大理、镇沅之间及以西地区为中度起伏山地区与宽谷结合的地貌类型。保山地区的中山以喀斯特中山形式出现,由于断裂和河流侵蚀的共同作用,区内有较多的中盆地坝子,其中保山、昌宁、巍山、弥渡坝子面积较大。云县、景东一线以南至思茅、澜沧一线,河谷右侧为侵蚀、剥蚀小起伏中山,岩性以紫色砂页岩组成为主,坡度在 15—25 度之间,河谷左侧为侵蚀大起伏高中山花岗岩岩性,相对高差在 500—1000 米之间,坡度在 20—35 度之间,其中点缀着面积不一的中盆地,思茅、澜沧等,此外尚有石灰岩分布区中有暗河、溶洞、漏斗、峰丛、峰林等典型的喀斯特地貌。思茅以南至西双版纳,河谷地势相对平缓,以低中山为主,多数小于 1000 米低山及 6 个较大的盆地;如景洪、勐捧、勐腊,勐海等坝子,且都为低热区,是云南省主要热带经济作物——橡胶的生产基地。澜沧江中下游地段在景云桥以北河谷地貌均为峡谷地貌类型,景云桥以南即澜沧江进入橄榄坝后出现宽谷盆地与峡谷相间的河谷地貌类型,景洪盆地是主流流经的最大盆地。

2. 降雨特征

本区域由于受季风气候的影响,降雨量时间上空间上的分布很不均匀,年降雨量受西南部季风影响的 85% 左右集中在 5—10 月,且多大雨和暴雨,南北差异很大,云县—景东为 1000—1250 毫米,耿马—景谷一带为 1750—2000 毫米,思茅—勐海一带为 1500—1750 毫米,勐海—景洪一带为 1200—1500 毫米,并存在着以景洪、勐腊、镇沅为中心的暴雨区。一日最大降雨量可达 150—200 毫米,其它地方一日最大降雨量在 100—150 毫米之间。

3. 水文特征

澜沧江中下游 672 公里的河段落差 882 米,河流比降为 1.2‰,平均径流深为 640 毫米,年径流量 688×10^8 立方米,年均单位面积产水量为 60.3×10^4 立方米/平方公里,干流年流入量为 258.1×10^8 立方米,流出量 765×10^8 立方米,中下游区域各支流产水量 338.8×10^8 立方米,其中威远江 59.2×10^8 立方米为最大,中下游径流年际变化不大,最大最小年之比为 1.6 倍,这与该地区年降雨量年际变化不大有关。澜沧江含沙量多年平均为 1 公斤/立方米,含沙量变化受气候条件、植被、地形状况影响,含沙量最大值出现在汛期 6—8 月,占全年 80—95%,年输沙量为 7379×10^4 吨/年。

4. 土壤与植被状况

土壤分布主要有砖红壤、赤红壤、红壤、褐红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤、高山草甸

土等地带性土壤和紫色土、石灰岩土、水稻土等非地带性土壤。砖红壤分布在 800 米以下热区,在景洪、勐腊附近有较大连片分布。赤红壤、褐红壤主要分布在海拔 800—1500 米地区,红壤分布在 1100—2300 米高度。黄壤则在 1500—2400 米澜沧江东岸迎风坡面上。黄棕壤在 2000—2900 米之间,棕壤在 2500—3300 米间,暗棕壤在 2700—3800 米之间,高山草甸土在 3800 米以上山脊(苍山)。流域内土壤肥力都很低,特别是分布较大的红壤类土壤;有机质不到 2%,同时水土流失严重,中下游流域植被随不同气候带分布的代表性植物,种类丰富,类型多样并具垂直地带性分布明显的特点。自下而上有热带雨林分布在海拔 800 米以下,季雨林、季风常绿阔叶林分布在海拔 1400 米以下。以上有落叶林、针阔混交林、针叶林、暗针叶林,高山杜鹃等,种有思茅松、云南松、冷杉林、灌木林、高山灌丛草地等。在少数干热河谷区还有稀树灌丛草地分布。

5. 岩质与斜坡状况

(1)松散堆积斜坡 由冲积、坡积、堆积和崩塌体堆积形成的斜坡,大都分布在各条支流干流的入口处,冲积堆积斜坡透水性较强,结构松散,下伏基岩容易构成相对隔水底板,其上因积水土质软化、泥化,使堆体沿基层面滑动,形成堆积体滑坡,阻塞河道,上面洪水冲击造成泥石流冲出河口。

(2)岩浆岩块状斜坡 一般由花岗岩,辉长岩,闪长岩类组成的斜坡其稳定性较好。但是低纬度地区的水湿条件和温度条件,使岩体易强烈风化,尤其是花岗岩常有几米到数十米的风化壳,造成岩体斜坡变形和破坏,出现崩塌滑坡发育,为泥石流提供了大量松散固体物质。

(3)碳酸盐岩层状斜坡 在层状碳酸盐岩层中间常夹有软弱层,如夹有煤软弱层的二叠系灰岩,尤其是在斜向多层结构状况下,斜坡易形成倾蚀槽等有效临空面,为崩塌创造了良好条件,岩体软弱基座的塑性压缩变形,向临空方向发生粒裂变形而产生崩滑,在溶蚀作用下,裂隙溶蚀、岩体弯曲到拉裂,危岩体出现崩塌,加上人类活动如修路、炸山取石和地震等外力作用下,易造成斜坡失稳下滑、堵塞江河而产生泥石流。

(4)碎屑岩层状斜坡 这类主要受斜坡岩体中的软弱面的产出状态所控制,也是澜沧江中下游地区斜坡变形失稳的最主要类型,多数是在持续降雨过程中发生。

通过大雨暴雨分布和斜坡稳定性评价等相关因素可以作出澜沧江中下游地区危险区划分布图(见图 1—5)。

(三)澜沧江中下游大雨暴雨预报模式

雨季云南处于盛行的夏季风控制,在特定的环流背景和天气系统的相互作用下,大雨暴雨等强对流天气频繁出现,造成山洪暴发,河堤决口,水库垮坝及泥石流等自然灾害,给国民经济和人民生活造成巨大损失。下面对雨季澜沧江中下游大雨暴雨作客观分型及大雨暴雨的环境背景和主要影响系统以及对大雨暴雨过程的物理量诊断分析,剖析其成因;建立大雨暴雨预报模型,减轻泥石流灾害所造成的损失。

1. 资料 and 标准

采用 1961—1994 年汛期省气象台逐日降雨量资料,分析澜沧江中下游雨季(5—10

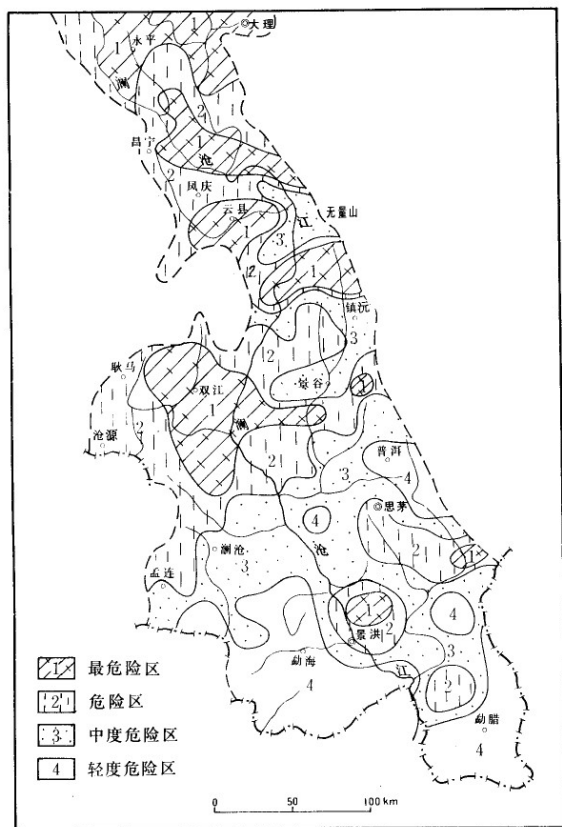


图 1-5 澜沧江中下游泥石流危险区划图