

云南金沙江流域滑坡泥石流灾害区划研究

杨子生

(云南大学资源环境与地球科学学院, 昆明 650091)

摘 要:滑坡泥石流灾害区划是自然灾害区划体系中的重要部分。选取 11 个指标,运用模糊聚类方法进行了云南金沙江流域滑坡泥石流灾害区划,将该流域划分为 3 个滑坡泥石流灾害区、9 个滑坡泥石流灾害亚区,揭示了该流域滑坡泥石流灾害的地域差异性,为因地制宜地制定滑坡泥石流灾害防治规划及减灾防灾措施提供了科学依据。

关键词:滑坡;泥石流;灾害;区划;模糊聚类方法;云南金沙江流域

中图分类号:P642.21,P642.22,P642.23,S157.1 **文献标识码:**A

1 引言

滑坡(含崩塌,下同)、泥石流是山区常见的自然灾害之一。云南金沙江流域山地面积约占 95%,盆地(当地俗称坝子)仅占 5%。由于山高坡陡、雨季降雨集中且雨强大、岩性软弱破碎、断裂发达等自然因素与人们长期以来毁林毁草开荒、陡坡垦殖、顺坡种植、乱开滥挖等诸多不合理土地利用活动的共同影响,云南金沙江流域生态环境日趋恶化,水土流失日益严重化,各种自然灾害(尤其崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害)也很强烈,因此该流域已成为西部生态建设所关注的焦点。1998 年 11 月经国务院常务会议讨论通过的《全国生态环境建设规划》已将长江中上游地区规划为全国生态环境建设的四大重点区之一^[1],而云南金沙江流域又被定为长江中上游生态建设的三个重点区之一,可谓全国生态环境建设的重中之重!为了因地制宜地防治滑坡和泥石流灾害、建设良好生态环境、促进可持续发展,本文拟对该流域滑坡泥石流灾害区划进行专题研究。

自然灾害区划(Natural Disaster Regionalization)是自然灾害学和灾害地理学的重要研究内容^[2],滑坡泥石流灾害区划则为自然灾害区划体系中不可缺少的重要部分。所谓滑坡泥石流灾害区划,就是对滑坡泥石流灾害区域的划分,它是客观存在的滑坡泥石流灾害的地域实体的反映。科学的滑坡泥石流灾害区划,对于正确认识滑坡泥石流灾害区域的客观规律性(即滑坡泥石流灾害的地域差异性)、因地制宜地制定滑坡泥石流灾害防治规划及减灾防灾措

施具有极其重要的现实意义。

2 研究方法

2.1 区划原则的确定

滑坡泥石流灾害区划的目的在于揭示滑坡、泥石流灾害状况在空间上的区域差异性,为各地因地制宜地制定滑坡泥石流防治规划及对策措施、从而减少和减轻滑坡泥石流灾害、促进经济社会可持续发展和生态系统良性循环提供科学依据。为此,经初步考虑,拟提出以下 5 条原则:

1. 滑坡泥石流灾害强度的相对一致性。这一原则特别重要,它可以说是实现滑坡泥石流灾害区划的基本原则。因为本项区划是一种具有特定目的的区划,亦即它是为减少和减轻滑坡泥石流灾害、促进各业生产和经济社会的可持续发展服务的。滑坡泥石流造成的灾害强度大小是由多种因素决定的,它不仅取决于滑坡、泥石流灾害点数目(即以往进行滑坡泥石流活动强度分区时所着重考虑的滑坡泥石流灾害点密度指标^{[1],[3]}),还取决于滑坡泥石流灾害点的规模大小、发生地点及影响范围、当地人口及社会经济状况等多种因素。因此,这是一条综合性的原则。

2. 滑坡泥石流灾害防治对策措施的相对一致性。这一原则也很必要,它作为上述基本原则的补充,两者可谓相辅相成。一地的滑坡、泥石流灾害的强度大小(灾害点数目、规模、影响范围、危害程度等),从根本上决定了该地防治滑坡泥石流灾害的难易程度以及所应该采取的防治对策和措施。

收稿日期:2002-10-20。

基金项目:云南省自然科学基金资助项目《云南省金沙江流域重大农业自然灾害区划研究》(批准号 2000D0015M)。

3. 滑坡泥石流形成的基本条件和主要触发因素的相对一致性。滑坡、泥石流的发生需要一定的条件和触发因素。滑坡形成的基本条件有3个,即①软弱、破碎或松散的岩土体,②软弱的结构面,③有效的临空面;泥石流形成的基本条件也有3个,即①大量的松散固体物质,②陡峻的地形,③丰沛的降水。其触发因素既有暴雨、绵雨(长时间降雨)、地震等自然因素,还有修路、开矿、采石、毁林开荒及陡坡垦殖等一系列人为因素。这些形成条件和触发因素相近的区域内,滑坡、泥石流灾害的特点、数目、规模、危害程度、防治对策措施等方面也往往相似。这一原则可作为上述原则的进一步补充。

4. 集中连片性。这是所有区划的共性和基本要求,它实际上也就是地理学上常说的区域共轭性原则。这一原则强调地域的整体性,每一个区划单位都必须而且必然是空间上连续的地域个体,一个地域单元个体不能包括地域空间上不相连续的若干部分,这也是区划与分类(类型划分)的主要差别之所在。

5. 照顾到县级行政区划界线的完整性。多数区划中都要求照顾到某一级行政界线的完整性,其基本目的是为了便于有关生产、计划、规划等部门的实际应用。此外,保持行政界线的完整,也有利于有关基础资料的搜集和整理。至于照顾到哪一级行政界线的完整,则主要由研究区域的范围大小来定。就云南金沙江流域而言,由于其地域广阔,行政区划上包括47个县(市、区)之多,加之考虑到目前资料数据的情况,这里将本项区划照顾到县级行政界线的完整,即不打破县级行政界线。这一点与云南省已开展的金沙江流域农业综合开发规划、生态建设规划(含水土保持计划、退耕还林规划)等工作是一致的。

2.2 区划指标的选择

根据本项研究工作需要和可能搜集得到的基础资料条件,经反复分析,本文确定采用以下10项区划指标:

1. 滑坡泥石流灾害点密度(I_1)。即单位土地面积内滑坡泥石流灾害点数目(处/ 10^3km^2)。这是反映各分区单元(县、市、区)滑坡、泥石流灾害相对数量的基本指标。

2. 单位土地面积滑坡泥石流侵蚀物质量。包括侵蚀物质(岩土体)总量(I_2)和土壤侵蚀量(I_3)2个具体指标,其单位均为 $\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}^{-1}$,前者系反映各

分区单元滑坡、泥石流总侵蚀物质相对数量的指标,后者则是反映各分区单元滑坡、泥石流总侵蚀物质中土壤侵蚀相对数量的指标^[4]。二者不仅从根本上反映了滑坡、泥石流的强度,还在一定程度上反映了滑坡、泥石流对土地资源的破坏程度。

3. 灾毁耕地占耕地总面积比例(I_4)。用各分区单元(县、市、区)1979~2000年(共22年)年均灾毁耕地面积占统计年报耕地面积的百分比(%)来表示。该指标反映了以滑坡、泥石流为主体的自然灾害对耕地资源的破坏程度。

4. $>25^\circ$ 陡坡地占土地总面积比例(I_5)。即各分区单元 $>25^\circ$ 陡坡地面积占土地总面积的百分比(%)。这是反映滑坡、泥石流发生的地形条件指标之一。

5. 岩性软弱破碎程度(I_6)。这是影响滑坡、泥石流发生的重要因素。鉴于该因素比较复杂,难以用定量的指标数据来表达,本文参照文献[3],将各个分区单元的岩性软弱破碎程度指标大致分为5个定性等级,即:①很软弱或破碎,②软弱或破碎,③较软弱或破碎,④较坚硬、完整,⑤坚硬、完整。并分别用定量数值1、2、3、4、5表示之,以便为后面采用定量方法进行区划奠定基础。

6. 断裂活动状况(I_7)。也是影响滑坡、泥石流发生的重要因素之一。该因素亦难以定量表示,只能先给出定性指标,即同样将其划分为5个定性等级:①活动很强烈,有深大断裂;②活动强烈,有大断裂;③活动一般,多一般断裂;④活动弱,断层较少;⑤活动很弱,断层少。然后分别用定量数值1、2、3、4、5表示之,作为各分区单元的断裂活动状况指标。

7. >4 级地震发生情况(I_8)。地震不仅可以触发大量的崩塌、滑坡,还间接激发泥石流的发生,如金沙江下游大关—永善、东川等地地震后的雨季,其泥石流的暴发频率和泥石流沟数量普遍增加。根据金沙江流域近10年 >4 级地震发生情况^[5-7],将各分区单元的地震发生情况指标分为5级,即①发生很频繁,有5级以上较大地震发生;②发生较频繁;③有 >4 级地震发生;④近10年未发生过 >4 级地震,但有发生地震的潜在危险,历史上发生过 >4 级地震;⑤极少发生 >4 级地震。并分别用定量数值1、2、3、4、5来表示。

8. 年 $\geq 25\text{mm}$ 降水日数(I_9)。丰沛而集中的降水是滑坡、泥石流发生的重要有利条件。云南金沙江流域属干湿分明的季风气候,雨季(5~11月)降水集中,且多大雨、暴雨,这一降水特点对该流域滑

坡、泥石流产生的“贡献”很大。这里采用年 ≥ 25 mm降水日数^[8]作为该项区划的降水条件指标。

9. 森林覆盖率(I_{10})。即有林地面积占土地总面积的百分比(%)。其大小对滑坡、泥石流发生状况有一定程度的影响。本文采用云南各地土地资源详查2000年变更调查的林地数据来计算该指标。

10. $> 25^\circ$ 耕地占耕地总面积比例(I_{11})。即 $> 25^\circ$ 耕地(包括坡旱地和梯田梯地)面积占耕地总面积的百分比(%)。其大小在一定程度上对滑坡、泥石流的产生及其强度有影响。该指标亦采用云南各地土地资源详查2000年变更调查的耕地数据来计算。

上述各项指标经综合整理、计算成表1。应指出,从滑坡、泥石流的活动和分布状况看,与降水指标的关系不很密切,年 ≥ 25 mm降水日数多的地方,其滑坡泥石流发生的频率和强度不一定高,如上游的中甸、德钦等地年 ≥ 25 mm降水日数远少于中游区,但其滑坡、泥石流发生频率和强度却远比中游区大。另外,植被条件较好的一些地区,如上游的德钦、维西一带森林覆盖率较高(见表1),但滑坡、泥石流仍较活跃。这说明,影响滑坡、泥石流的因素较多,每种因素的作用具有一定的条件,在某种条件下作用较明显,而在另一种条件下作用又不明显。因此,每个区域滑坡、泥石流的形成、频度、强度和危害度均有若干个主导因素。

2.3 分区方法的选用

与其它区划一样,滑坡泥石流灾害区划也是以区内相似性与区间差异性特征为基础,采用归纳相似性与区分差异性这一原理,划分不同级别的滑坡泥石流灾害区。这种分区的过程,实际上就是聚类的过程^[9],即将那些在滑坡泥石流的形成条件、频度、强度、危害度和治理措施上大致相同或相似的分区单元(本文为县级行政单位)聚为一类(即归并为一个滑坡泥石流灾害区),而将滑坡泥石流形成条件、频度、强度、危害度和治理措施上具有较大差异性的分区单元聚为不同的类(即区分为不同的滑坡泥石流灾害区)。因此,模糊聚类方法将在滑坡泥石流灾害区划工作中具有良好的应用前景。其方法步骤参见文献^[10]。

3 聚类结果分析与分区系统

经过反复优选,我们确定 λ 为0.80,这时该流域45个县(市、区)被聚为11类:(1){1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 18, 19},(2){6},(3){8},(4){9},(5){11, 12,

13, 14, 15, 16, 17},(6){20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 35},(7){26},(8){28},(9){29},(10){34},(11){36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45}。显然,这不能直接作为分区结果,需要进行适当归并。

首先,第(1)类中的最后2个县(18和19)在地域上与前面7个县不连片,应区分为不同的区。第(1)类中的前面7个县与第(3)、(4)类在滑坡、泥石流灾害状况上较为类似,地域上又连片,因而可归并为一个大区,由于这9个县滑坡、泥石流灾害点密度较大、发生频繁、危害较重,地域上属云南金沙江上游部分,地貌上大多属滇西北高山高原峡谷区,因而可称之为“上游高山高原峡谷强度滑坡泥石流灾害区”(简称“上游强度灾害区”),用I表示。第(1)类中的最后2个县(18和19)、第(2)和(5)类、第(6)类中的前面10个县(市、区)、第(7)和(8)类在滑坡、泥石流灾害状况和形成条件上有一定类似性,地域上也连片,因而可归并为一个大区,鉴于这22个县(市、区)地域上属云南金沙江中游部分,地貌上大多属滇中北中山高原河谷区,滑坡泥石流灾害点密度、发生频率、危害程度均小于上游区和下游区,因而可称之为“中游中山高原河谷中轻度滑坡泥石流灾害区”(简称“中游中轻度灾害区”),用II表示。第(6)类中的最后2个县(33和35)与第(9)~(10)、(11)类(共计14个县、市、区)在地域上属云南金沙江下游部分,地貌上大多属滇东北中高山山原峡谷区,滑坡泥石流灾害点密度、发生频率、危害程度均小大于上游区和中游区,因而可称之为“下游中高山山原峡谷极强度滑坡泥石流灾害区”(简称“下游极强度灾害区”),用III表示。

其次,由于云南金沙江流域地域范围较广,土地总面积达13 473 774.2 hm^2 ,自然因素与社会经济条件非常复杂,滑坡泥石流灾害的地域差异很显著,上述3大区的划分显得较为粗略,需要进一步续分亚区,以便更好地反映该流域各地滑坡泥石流灾害状况的地域差异性。亚区的划分仍以上述聚类结果为基础进行归并和区分:

在I区内,第(1)类中的2(德钦)和3(维西)为典型的高山峡谷区,陡坡地比重极大,滑坡、泥石流灾害点密度达26处/ 10^3km^2 以上,故将这2个县划分为1个亚区,并称为“德钦-维西强度滑坡泥石流灾害亚区”记为 I_1 ;第(1)类中的5(永胜)、7(宁蒗)和10(宾川)地貌上主要为中高山高原河谷区,滑坡、

表1 云南金沙江流域滑坡泥石流灾害区划指标表

Table 1 The regionalizing index of landslide and debris flow disaster in Jinsha River Basin of Yunnan

分区单元		分区指标										
编号	名称	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁
1	中甸县	10.0	436.7	111.3	0.52	53.19	2	2	1	2.9	57.04	0.00
2	德钦县	28.5	1219.0	289.7	1.14	80.88	1	2	2	3.2	49.50	45.38
3	维西县	26.2	1383.1	353.4	0.52	66.79	1	1	3	7.2	59.14	47.42
4	丽江市	13.7	595.6	153.8	0.30	49.29	2	2	1	7.2	59.08	5.34
5	永胜县	23.3	1391.3	461.3	0.58	40.61	2	2	1	9.1	37.05	6.09
6	华坪县	14.8	674.1	194.1	0.65	28.31	2	2	4	11.6	38.65	5.85
7	宁蒗县	22.3	1483.5	422.9	0.96	44.79	1	2	1	7.8	58.26	3.98
8	鹤庆县	19.5	691.4	210.1	0.18	19.62	2	2	3	8.0	23.32	2.27
9	洱源县	16.4	559.0	165.2	0.23	25.67	3	2	2	6.4	25.50	3.93
10	宾川县	30.7	2136.1	666.5	0.27	29.57	2	2	3	4.6	31.93	4.82
11	祥云县	11.1	284.4	94.6	0.12	23.48	3	3	5	7.8	39.89	1.69
12	楚雄市	8.1	209.8	67.3	0.17	44.83	4	3	3	7.4	57.16	4.70
13	南华县	12.8	397.9	141.7	0.26	33.69	3	3	4	7.4	48.90	2.18
14	牟定县	22.2	445.9	111.8	0.18	17.51	3	3	4	7.5	30.72	0.49
15	姚安县	11.8	284.5	82.8	0.19	27.55	3	4	2	6.2	57.22	4.62
16	大姚县	7.9	187.8	60.5	0.14	51.64	4	4	2	7.2	41.50	18.39
17	永仁县	11.6	321.1	110.1	0.46	29.52	3	3	4	8.6	43.75	3.11
18	元谋县	21.7	939.9	319.2	0.41	23.30	2	2	4	4.8	12.43	4.83
19	武定县	16.7	609.8	178.3	0.39	28.08	2	2	1	10.6	33.48	3.76
20	禄丰县	9.8	257.3	89.6	0.21	16.91	4	3	4	9.0	38.64	5.84
21	西山区	14.2	1732.0	374.9	0.16	12.76	2	2	5	9.6	29.55	6.98
22	官渡区	9.0	179.3	50.4	0.21	4.00	4	2	5	9.6	27.73	0.74
23	呈贡县	10.8	128.4	39.9	0.06	2.99	4	3	4	5.6	18.53	0.57
24	晋宁县	8.2	170.7	48.6	0.05	12.10	4	3	4	8.6	19.01	0.95
25	安宁市	11.3	294.8	81.9	0.21	16.03	3	3	4	7.1	37.79	0.14
26	富民县	21.9	506.0	273.6	0.21	24.30	2	2	4	7.1	45.14	6.40
27	嵩明县	17.1	410.7	123.4	0.03	5.47	3	2	4	9.2	27.02	0.14
28	禄劝县	12.8	1526.8	375.2	0.15	37.43	3	2	2	9.9	39.48	31.63
29	东川区	120.8	11006.4	5756.9	0.36	60.37	1	1	4	7.4	11.86	5.18
30	寻甸县	22.0	1978.5	899.1	0.28	11.85	2	2	3	10.5	35.75	6.73
31	沾益县	17.8	734.5	337.7	0.06	1.15	4	2	3	9.9	45.98	1.15
32	马龙县	15.6	348.6	105.0	0.05	1.75	3	2	4	10.2	39.59	0.36
33	宣威市	41.1	2625.3	624.6	0.20	18.72	2	2	3	8.6	28.63	7.51
34	会泽县	53.7	4357.4	2198.7	0.15	35.29	2	2	3	7.1	23.76	11.50
35	昭通市	21.3	3715.1	1012.9	0.29	22.09	3	3	3	7.4	17.02	7.26
36	鲁甸县	35.6	5839.0	1522.1	0.41	30.94	2	2	3	6.9	13.64	14.42
37	巧家县	30.7	5698.4	1811.2	0.33	56.00	1	1	3	7.7	14.86	13.49
38	盐津县	46.0	5983.7	1757.1	0.50	53.87	2	2	3	11.1	34.79	35.36
39	大关县	51.8	8558.8	2287.6	1.16	55.67	2	2	3	8.1	18.21	15.43
40	永善县	33.1	4260.6	1252.3	0.26	52.38	2	2	3	4.8	13.67	31.03
41	绥江县	97.8	6938.5	1669.0	0.40	48.38	2	2	3	9.3	30.48	23.05
42	镇雄县	46.0	4690.9	1201.8	0.28	35.53	2	2	3	7.1	5.51	13.00
43	彝良县	47.9	6894.4	2169.1	1.60	39.50	2	2	4	6.7	20.07	15.42
44	威信县	40.2	5275.6	1431.2	0.50	41.40	2	2	3	7.3	18.26	60.55
45	水富县	59.1	7378.0	1933.5	1.19	42.03	2	2	4	8.0	24.41	41.41

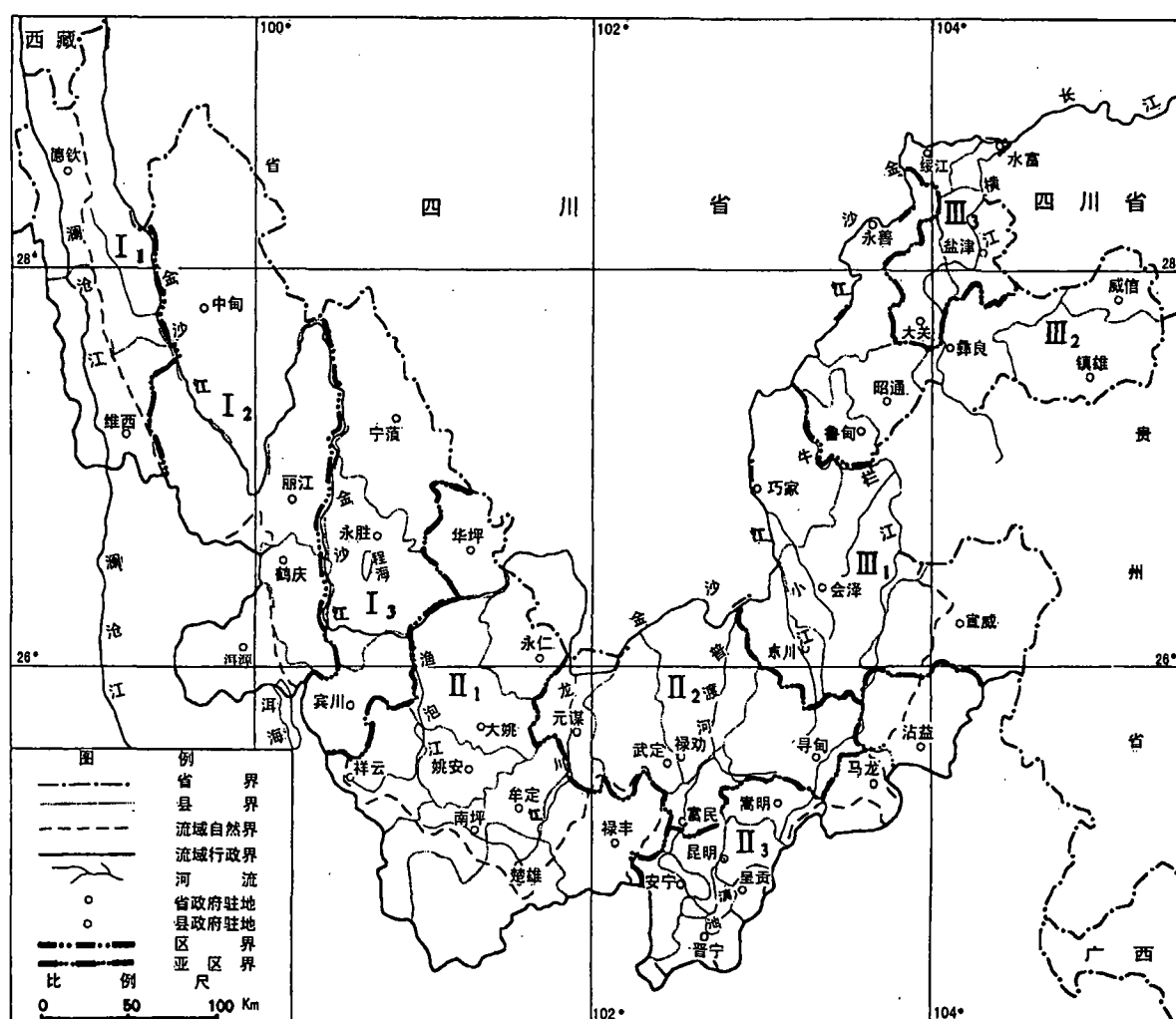
泥石流灾害点多且频繁,各县平均密度达 22~31 处/ 10^3km^2 之多,故单独划分为 1 个亚区,称其为“宁蒗-宾川强度滑坡泥石流灾害亚区”,记为 I₃;其余 4 个县在地貌上多为高山高原区,滑坡、泥石流灾害点密

度约在 10~20 处/ 10^3km^2 之间,低于上述 2 个亚区,故将其归为 1 个亚区,并称为“中甸-洱源中度滑坡泥石流灾害亚区”,记为 I₂。

在 II 区内,第(2)、(5)类以及第(6)类中的 20(禄

丰)(共计9个县、市)在地貌上主要为滇中红岩高原区,有一定程度的滑坡、泥石流灾害发生,其灾害点密度约在 $8 \sim 22$ 处/ 10^3km^2 之间,可将其划分为1个亚区,称为“大姚—禄丰中低度滑坡泥石流灾害亚区”,记为 II_1 ;第(1)类中的18(元谋)和19(武定)、第(6)类中的30(寻甸)以及第(7)、(8)类(共计5个县)在地貌上主要为滇北中高山河谷区,滑坡、泥石流灾害较多,其灾害点密度除禄劝县较低(但其灾害点规模大)外,均约达 $17 \sim 22$ 处/ 10^3km^2 之间,是 II 区内

滑坡泥石流灾害最突出的部分,故单独划分为1个亚区,称为“元谋—寻甸中度滑坡泥石流灾害亚区”,记为 II_2 ;第(6)类中除20(禄丰)、30(寻甸)、33(宣威)和5(昭通)外的8个县(市、区)地貌上主要为滇中中山高原区,滑坡、泥石流灾害相对较轻,其灾害点密度约在 $8 \sim 18$ 处/ 10^3km^2 之间,且以小型灾害为主,因而可将其划分为1个亚区,并称为“安宁—马龙轻度滑坡泥石流灾害亚区”,记为 II_3 。



- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| I 上游高山高原峡谷强度滑坡泥石流灾害区 | II_2 元谋—寻甸中度滑坡泥石流灾害亚区 |
| I1 德钦—维西强度滑坡泥石流灾害亚区 | II_3 安宁—马龙轻度滑坡泥石流灾害亚区 |
| I2 中甸—洱源中度滑坡泥石流灾害亚区 | III 下游中高山山原峡谷极强度滑坡泥石流灾害区 |
| I3 宁蒗—宾川强度滑坡泥石流灾害亚区 | III ₁ 东川—巧家极强度滑坡泥石流灾害亚区 |
| II 中游中山高原河谷中轻度滑坡泥石流灾害区 | III ₂ 昭通—威信强度滑坡泥石流灾害亚区 |
| II_1 大姚—禄丰中低度滑坡泥石流灾害亚区 | III ₃ 盐津—绥江极强度滑坡泥石流灾害亚区 |

图1 云南金沙江流域滑坡泥石流灾害区划图

Fig.1 The regionalization of landslide and debris flow hazard in Jinsha River Basin of Yunnan

在Ⅲ区内,第(9)、(10)类以及第(11)类中的 37(巧家)在地貌上为中高山河谷区,滑坡、泥石流灾害非常突出,尤其东川区 and 会泽县境内的小江流域是举世闻名的泥石流灾害区,有“泥石流天然博物馆”之称,其滑坡灾害同样也很突出,故单独划分为 1 个亚区,并考虑地域集中连片性原则,将滑坡泥石流灾害较为严重的第(6)类中的 33(宣威)亦划入该亚区,称之为“东川-巧家极强度滑坡泥石流灾害亚区”,记为Ⅲ₁;第(6)类中的 35(昭通)和第(11)类中的 36(鲁甸)、40(永善)、42(镇雄)、43(彝良)、44(威信)(共计 6 个县、市)在地貌上主要为中山山原河谷区,滑坡、泥石流灾害较为严重,其灾害点密度约在 21~48 处/10³km² 之间,低于Ⅲ区内的其它区域,故将其划为 1 个亚区,称为“昭通-威信强度滑坡泥石流灾害亚区”,记为Ⅲ₂;第(11)类中的 38(盐津)、39(大关)、41(绥江)和 45(水富)(共计 4 个县)在地貌上主要为金沙江中低山区,地质、地貌、降雨等自然条件很利于滑坡、泥石流灾害的发生,其灾害点密度约达 46~98 处/10³km² 之多,因而将其划为 1 个亚区,称为“盐津-绥江极强度滑坡泥石流灾害亚区”,记为Ⅲ₃。

这样,我们便将云南金沙江流域划分为 3 个滑坡泥石流灾害区、9 个滑坡泥石流灾害亚区,构成了该流域滑坡泥石流灾害区划系统。应用 GIS 技术编

制了该流域滑坡泥石流灾害区划图(见图 1),从而直观地揭示了该流域滑坡泥石流灾害状况的地域差异性。

4 分区简析

为了节省篇幅以及便于比较,将 3 大区的基本情况和灾害特征列于表 2。总体而言,上游高山高原峡谷区地形相对高差大(大部分达 2 000 m~3 000 m),山高谷深,大部分河流沿活动断层发育,地震频繁,岩性破碎,滑坡、泥石流非常发育,是该流域乃至云南省滑坡泥石流数量较多的区域之一,其规模以中、小型为主;中游中山高原河谷区海拔多为 2 000 m~2 600 m,相对高差大多在 200 m~500 m,个别地区地震活动强烈,森林覆盖率居中等水平,有一定数量的滑坡、泥石流分布,但灾害点密度远低于上游区和下游区,且除少数地方外,滑坡、泥石流灾害以小型为主;下游中高山山原峡谷区相对高差大多在 1 000 m~2 000 m 以上,山高坡陡,山坡坡度多在 30° 以上,植被覆盖率低,陡坡垦殖普遍,滑坡、泥石流十分发育,是该流域乃至云南省滑坡泥石流灾害密度最高的地区,且有相当数量的大型(甚至特大型)滑坡、泥石流灾害点,直接威胁和危害到许多县城、乡镇、工矿、交通和水利工程。

表 2 云南金沙江流域 3 大区域滑坡泥石流灾害状况简表

Table 2 The state of landslide and debris flow hazard of three regions in Jinsha River Basin of Yunnan

区域名称及代码		I 上游强度灾害区	II 中游中轻度灾害区	III 下游极强度灾害区	全流域
年概况	土地总面积 (hm ²)	4937936.8	4911992.8	3623844.6	13473774.2
	年末总人口 (万人)	218.6	740.3	740.1	1699.0
	人口密度 (人/km ²)	44 (8~127)	151 (48~578)	204 (141~329)	126
	土地垦殖率 (%)	7.19 (1.4~17.0)	14.57 (6.4~25.0)	27.02 (19.7~38.5)	15.21
	森林覆盖率 (%)	49.85 (23.3~59.1)	39.07 (12.4~57.2)	19.72 (5.5~34.8)	37.82
	>25°耕地占总耕地%	9.19 (0.0~47.4)	5.97 (0.1~31.6)	16.70 (5.1~60.6)	11.66
	人均国内生产总值 (元)	2977 (1519~4578)	5154 (1940~21017)	2066 (983~6941)	3529
	农民人均纯收入 (元)	(806~1954)	(1160~4425)	(690~1415)	
	农业人均产粮 (kg)	444.2	445.5	309.4	379.1
滑坡泥石流灾害状况	滑坡泥石流灾害点合计(处)	961 (46~207)	668 (5~79)	1721 (26~316)	3350
	其中:滑坡(处)	648 (30~152)	443 (4~44)	1150 (18~229)	2241
	泥石流(处)	313 (15~55)	225 (1~35)	571 (8~202)	1109
	灾害点密度 (处/10 ³ km ²)	19.5 (10.0~30.7)	13.6 (8.1~22.2)	47.5 (21.3~120.8)	24.9
	单位土地面积滑坡泥石流侵蚀物质总量 (t/km ² ·a)	990.9 (436~2136)	632.7 (128~1979)	5189.8 (2625~11006)	1989.6
	其中:土壤侵蚀量 (t/km ² ·a)	275.2 (111~667)	214.7 (40~899)	1746.4 (624~5757)	648.8
	22 年灾毁耕地 (hm ²)	20469.5 (674~6220)	16316.2 (93~2377)	43015.3 (998~12625)	79801.0

注:括号“()”内数值为各县(市、区)的变幅。

在滑坡、泥石流灾害防治上,要按照滑坡泥石流发生、发展、成灾、分布的基本规律,科学地制定防治与减灾规划,遵循“预防为主,防与治结合,重点整治与面上治理结合,因害设防,防治与开发结合”的基本方针,因地制宜地采取工程治理(包括减载、拦墙、锚固、反压、排水、分流、护坡、排导、固床、停淤等土工工程措施)与生物治理(包括荒山造林、封山育林、退耕还林等,做到乔灌草结合,有效地稳坡保水)相结合的综合治理措施,进行科学的防治,达到减灾兴利的目的。

5 结语

1. 滑坡泥石流灾害区划是揭示滑坡泥石流灾害区域分异规律(地域差异性)的基本方法和手段,对因地制宜地制定滑坡泥石流灾害防治规划及减灾防灾措施具有重要的科学意义。

2. 根据区划工作需要和可能的基础资料条件,本文选取 11 个指标,应用模糊聚类方法进行云南金沙江流域滑坡泥石流灾害区划。实践证明,模糊聚类法具有工作量小、区划结果比较准确和速度快的特点。从分区结果看,本文的区划方案比较符合云南金沙江流域的实际状况,与云南省滑坡泥石流危险度分区界线^[3](2000)也有较高的吻合度;从区划的工作量来看,由于该方法有电子计算机的帮助,省去了人工计算的繁重工作,故只需投入较少的人力

即可完成,工作量较之传统方法少得多,而且大大缩短了分区时间;从分区的精确度看,由于该法具有严密的数学基础,加之使用了计算机,减少了区划工作者的主观性,提高了区划工作的定量程度。只要合理地确定好区划指标和分区单元,区划结果会令人满意。

参考文献:

- [1] 刘江主编. 全国生态环境建设规划[M]. 北京: 中华工商联合出版社, 1999. 21 ~ 54, 528 ~ 552.
- [2] 杨子生, 谢应齐. 云南省农业自然灾害区划[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 1 ~ 24.
- [3] 云南省计委国土整治农业区划办公室, 中国科学院成都山地灾害与环境研究所. 云南滑坡泥石流灾害防治(1988 ~ 1999)[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000. 1 ~ 19, 118 ~ 135.
- [4] 杨子生. 云南金沙江流域重力侵蚀量分析[J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 4 ~ 8.
- [5] 云南减灾年鉴编委会. 云南减灾年鉴(1991 - 1995)[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1997. 86 ~ 155.
- [6] 云南减灾年鉴编委会. 云南减灾年鉴(1996 - 1997)[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1999. 91 ~ 123.
- [7] 云南减灾年鉴编委会. 云南减灾年鉴(1998 - 1999)[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000. 108 ~ 128.
- [8] 云南省气象局. 云南省农业气候资料集[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1984. 121 ~ 158.
- [9] 杨子生, 杨绍武. 模糊聚类方法在四川省土地利用区划中的应用[A]. 见: 中国自然资源学会等编. 土地资源与土地. 资产研究论文集[C]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1996. 513 ~ 519.
- [10] 杨子生. 云南省金沙江流域干旱灾害区划研究[J]. 山地学报, 2002, 20(增刊).

Study on Landslide and Debris Flow Hazard Regionalization in Jinsha River Basin of Yunnan Province

YANG Zi-sheng

(School of Resources Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming, 650091 China)

Abstract: landslide and debris flow hazard regionalization is an important part of natural hazard regionalization system. In the paper, the author selects 11 index, and uses the method of fuzzy cluster analysis for regionalizing landslide and debris flow hazard in Jinsha River Basin of Yunnan Province. As a result of the regionalization, the paper divides the Basin into three regions and nine subregion of landslide and debris flow hazard. The study on the regionalization has revealed the regional differences of landslide and debris flow hazard in the Basin, and may provide scientific bases for mapping out the planning of preventing and controlling landslide and debris flow hazard and the measures of disaster reduction in the light of local conditions

Key words: landslide, debris flow, hazard, regionalization, the method of fuzzy cluster analysis, Jinsha River Basin of Yunnan Province