第 18 卷　第 34 期　2018 年 12 月
1671—1815(2018)034-0156-08

科　学　技　术　与　工　程
Science Technology and Engineering

Vol. 18　No. 34　Dec. 2018
© 2018　Sci. Tech. Engrg.

引用格式:余　国, 谢谟文, 李　勇. 基于地理信息与综合信息模型的区域库岸边坡稳定性评价方法[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(34): 156—163

Yu Guo, Xie Mowen, Li Yong. Regional bank slope stability evaluation method based on geographic information systems and integrated information model[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(34): 156—163

天文学、地球科学

基于地理信息与综合信息模型的区域库岸边坡稳定性评价方法

余　国[1]　谢谟文[1*]　李　勇[2]

(北京科技大学土木与资源工程学院[1],北京北科安地科技发展有限公司[2],北京 100083)

摘　要　通过地理信息系统(geographic information systems,GIS)与综合信息模型相结合的方法,进行区域库岸边坡稳定性综合评价。通过在研究区域内选取坡向、坡度、山体阴影、高程、地质构造、地层岩性、河流作用 7 项对库岸边坡稳定性有影响的指标,建立库岸边坡稳定性评价指标体系,然后利用 GIS 对各个因素进行栅格化,依据综合信息模型,得出基于栅格单元的评价指标分布图,对区域库岸边坡进行稳定性评价。对某工程水库区的区域库岸边坡稳定性进行评价,结果表明:地质构造和地层岩性对评价结果的影响最为显著,且大部分研究区域处于稳定性较低区,其中稳定性低和较低区占总研究区域面积的比例分别为 15.2% 和 51.5%,稳定性评价结果精度高达 95.41%。

关键词　区域库岸边坡　　稳定性评价　　综合信息模型　　GIS

中图法分类号　P694;　　**文献标志码**　A

水库建成后,水库水位的变化会改变库岸边坡所处的状态,会对边坡的稳定性产生不利因素,从而会导致滑坡事件的发生。滑坡一旦发生,将会对水库的正常运行带来严重的影响。为了减小边坡失稳对水库运行安全的影响,需要对区域内的边坡及时发现以及进行稳定性评价,为工程建设及管理提供科学的决策依据[1]。目前,单体边坡的稳定性评价已经取得了很深入的研究成果,并多采用确定性分析方法,如 Hungr[2]、谢谟文等[3]、周桂云等[4]利用极限平衡法及有限元法进行了单个边坡发生滑坡可能性大小的分析。此类确定性分析方法能够对单体边坡的稳定性进行准确的评价,但对于区域库岸边坡,由于边坡数量众多,对每一边坡都进行稳定性计算,工作量很大。

目前,很多学者对区域库岸边坡稳定性评价进行了研究,一般多采用多变量分析并结合数学模型进行分析,将各种对边坡稳定性有影响的因子(如坡度、地质构造、地层岩性等)进行权重叠加,得出区域内的综合指标分布图,如贺鹏[5]等结合 GIS 与层次分析法对西藏扎达地区的滑坡灾害易发性进行了评价;杨虎等[6]基于混沌理论的 PSO-RBF 模型对滑坡位移进行了预测;孙光林[7]基于 ARMA 模型对滑坡滑动力大小进行预测;刘艺梁等[8]基于逻辑回归和人工神经网络模型对区域滑坡危害进行了预测划分;李元松等[9]利用模糊逻辑与神经网络相结合的方法,对岩质边坡的稳定进行了评价;薛新华等[10]基于遗传算法的模糊神经网络模型,对边坡进行稳定性评价。但以上所述方法在对因素状态进行分级时很大程度上需要依赖工程师的工程经验,没有合理的理论支撑,从而会对模型结果的准确性造成影响。综合信息模型是建立在对已知破坏区域的真实情况基础上进行统计分析,该方法依据定量的指标进行因素状态的分级,能够很好地克服以上问题,且由于其该模型更加具有理论依据,在区域库岸边坡稳定性评价方面得到了广泛的应用[11—13]。

地理信息系统(geographic information systems,GIS)对于区域问题具有独到的应用优势。在 GIS 中可以将矢量数据转化为 GIS 栅格数据集。且其具有的兼容性及开放性,使得能够利用 GIS 处理非常复杂的专业问题[14]。

本文基于统计分析的综合信息模型,结合 GIS

2018 年 7 月 10 日收到　　国家自然科学基金(41372370)资助

第一作者简介:余　国(1990—),男,汉族,湖北人,博士研究生。E-mail:yuguo199001@126.com。

*通信作者简介:谢谟文(1965—),男,汉族,湖北人,博士,教授。E-mail:mowenxie@126.com。

平台,通过建立指标评价体系,得出基于栅格单元的评价指标分布图,以此来对区域库岸边坡进行稳定性评价。综合信息模型是统计分析模型的一种,该模型即克服了依赖经验对结果准确性的影响,又定量地给出了评价值。

1　综合信息模型

综合信息模型的理论基础是信息论,通过对已知的破坏区域的现实情况,来反映出各影响因素的重要性,并用信息量值来反映滑坡事件发生的可能性大小,信息量值越大,说明边坡的安全系数越低,发生滑坡的可能性越大[15]。

基于 GIS 和综合信息模型对区域边坡进行评价时,假定将研究区域划分为 M 个栅格单元,其中 M_1 为已经发生滑坡的栅格单元个数。对单个因素来说,单因素 x_i 共有 K 个栅格单元,其中 K_1 为已经发生滑坡的栅格单元个数,则单因素 x_i 的信息量 Lx_i 为

$$Lx_i = \log_2 \frac{K_1/K}{M_1/M} \tag{1}$$

将栅格单元数量换算为面积来表示,则式(1)可表示为

$$Lx_i = \log_2 \frac{B_1/B}{D_1/D} \tag{2}$$

式(2)中:D 为研究区域总面积;D_1 为滑坡的总面积,B 为单因素 x_i 的栅格总面积;B_1 为单因素 x_i 中已经发生滑坡的总面积[16]。

由于边坡稳定性的影响因素很多,故信息量值的计算是通过叠加各因素所贡献的信息量来计算,表达式为

$$I(y,x_1x_2\cdots x_n) = I(y,x_1) + I_{x_1}(y,x_2) + \cdots + I_{x_1x_2\cdots x_{n-1}}(y,x_n) \tag{3}$$

式(3)中:$L(y,x_1x_2\cdots x_n)$ 为各因素组合 $x_1x_2\cdots x_n$ 条件下的信息量。

2　工程概况

滇中引水工程奔子栏水源地库区属高山深切侵蚀-剥蚀峡谷地貌,褶皱、断裂构造发育,且岸坡大部分基岩裸露,主要为石炭系、二叠系及泥盆系地层,岩性主要为变质基性火山岩(片理化)、板岩、片岩及灰岩、大理岩等组成,岩层总体走向呈近 SN 向,大多与岸坡小角度斜交,倾角一般介于 45° ~ 70°。第四系覆盖层主要为冲洪积砂卵砾石,分布于河床及漫滩,金沙江干流两岸分布较少。

库区发育的不良地质体主要为滑坡,在暴雨、水位快速变化的极端情况下,可能对库岸边坡的稳定性产生影响。

3　区域库岸稳定性评价

3.1　栅格单元划分

为实现对研究区域内边坡稳定性的评价,需先对研究区域进行栅格单元的划分。在对空间数据(主要包括库区 1∶1万地形图、库区 1∶5万工程地质图)进行整理的基础上,把研究区域内的 CAD 图形资料转换为 ArcGIS 环境下的矢量数据,通过 ArcGIS 中的空间分析功能将相关的地形、地层、地质构造等矢量数据分别转化为栅格数据,然后对每个栅格单元赋予一个信息量值,即每个栅格单元的值代表该因素对边坡稳定性的影响程度。

在库区所在的金沙江流域内,取左右沿岸各 1.5 km 为研究区域。研究区南北相距 65 km,东西 1.5 km,栅格单元取 10 m × 10 m,将研究区划分为 8 136行,3 084 列,栅格单元共计 2 713 335 个。

3.2　指标体系建立

选取研究区内 67 个滑坡数据样本,开展边坡稳定性的评价研究,选择与边坡稳定相关性较大的因素构建指标体系,其中选取的因素有坡向、坡度、山体阴影、高程、质构造、地层岩性、地河流作用 7 个指标[11]。指标体系的建立包括指标因素状态分级和因素状态相关性分析。

3.2.1　指标体系建立

由于单个因素在不同的状态对结果的影响会不同,所以需要对指标的状态进行分级,状态分级划分的标准是依据综合信息模型得出的已经发生滑坡比例曲线与信息量曲线,来找出突变点作为分级划分的依据。且数据类型可分为连续型数据和离散型数据。

(1)地形条件

主要包括坡向、坡度、山体阴影和高程,为连续型数据类型。在 GIS 中提取出坡度、坡向、山体阴影和高程栅格数据,统计在不同状态下的信息量值和发生滑坡的栅格比例,如图 1 所示。可以看出,研究区内坡度可划分为 0° ~ 3°、3° ~ 25°、25° ~ 40°、40° ~ 50°、50° ~ 90°,其中发生滑坡的坡度主要在 3° ~ 40° 区间内;坡向可划为 - 1° ~ 100°、100° ~ 180°、180° ~ 330°、330° ~ 360°,其中发生滑坡的坡向主要在 180° ~ 330° 区间内;山体阴影可划分为 0° ~ 40°、40° ~ 120°、120° ~ 200°、200° ~ 254°,其中发生滑坡的山体阴影方向主要在 200° ~ 254° 区间内;高程可划分为 2 005 ~ 2 155 m、2 155 ~ 2 505 m、2 505 ~ 2 755 m、2 755 ~ 3 500 m,其中发生滑坡的高程主要在 2 155 ~ 2 505 m 区间内。图 2 为连续型指标因素状态分级图。

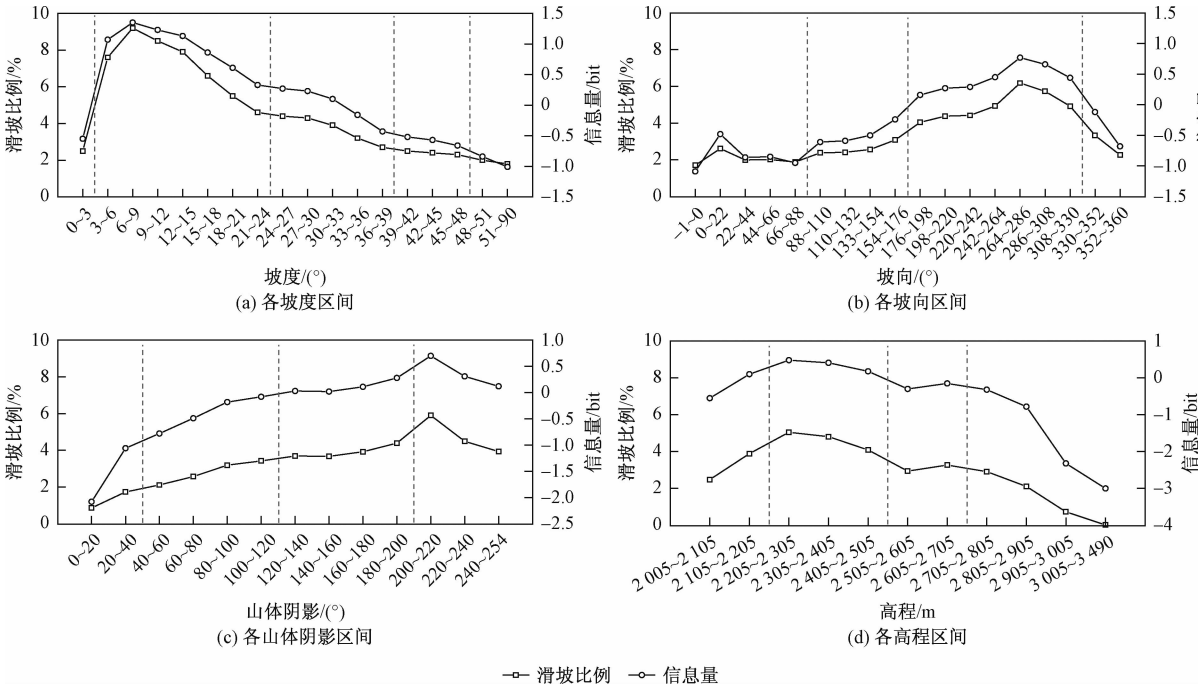

图 1 滑坡比例和信息量分布曲线

Fig. 1 Distribution curves of landslide ratio and weighted information value

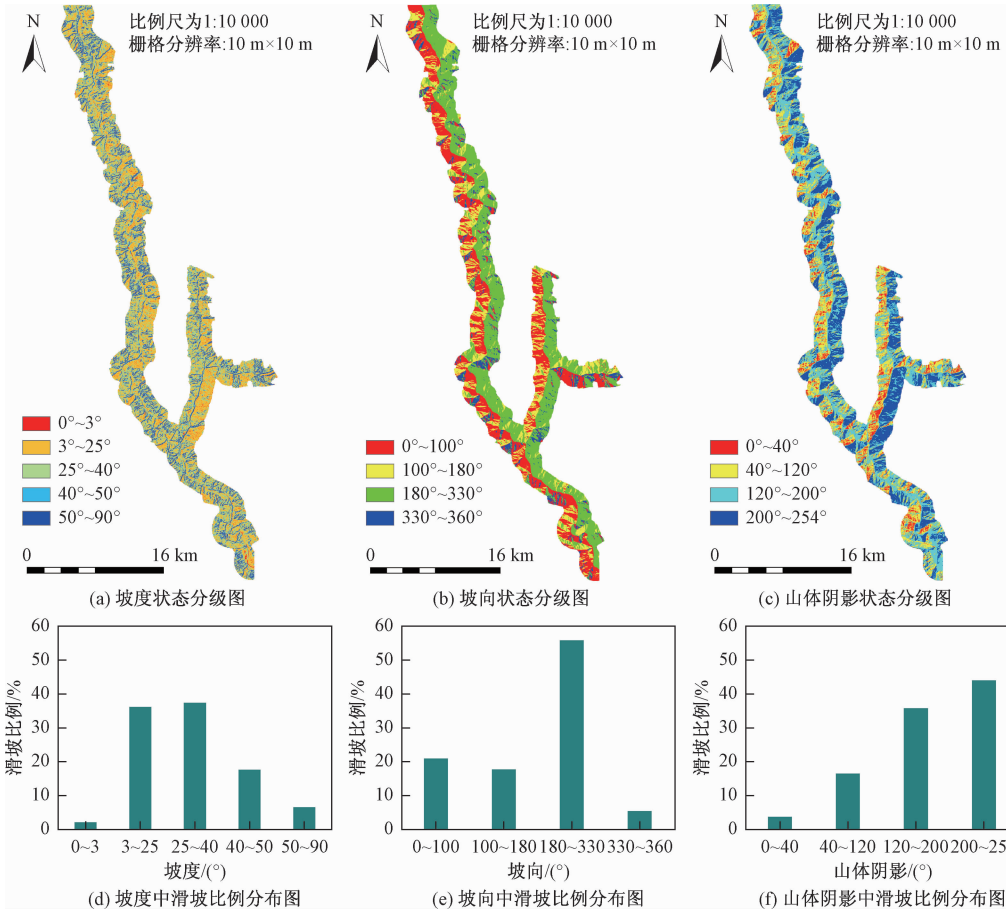

图 2 连续型因素状态分级

Fig. 2 The state classification of continuous factors

(2)地层岩性

研究区域内主要有沉积岩、岩浆岩及变质岩。该地区发生有强烈的褶皱和断裂,同时伴有以深成岩侵入为主的岩浆活动。根据各地层岩性及不稳定边坡的分布情况,统计出在不同地层岩性内的信息量值和发生滑坡的栅格比例,如图 3(a)所示。结果表明研究区地层岩性可以划分为 6 组,分别为 DTJ,D_2^a,P_1^b、Pt_2x^3,P_{2g}、P_1^r、C_3,P_1^a、D_{2q}、T_2q^1,T_3j、T_2q^2、Pt_2x^1、D_{1g},其中发生滑坡的地层岩性主要在 DTJ、D_2^a 地层内。

(3)地质构造

研究区对边坡稳定性有影响的地质构造条件主要表现为断裂构造。研究区位于川滇菱形块体内北西边界地带,该地带挤压现象严重。根据各断裂构造及滑坡的分布情况,且考虑断裂构造的活动性,计算出断裂构造的影响密度,统计出各密度区间内的信息量值和发生滑坡的栅格比例,如图 3(b)所示。结果表明断裂构造密度可划分为 0 ~ 0.8、0.8 ~ 1.6、1.6 ~ 2.4、2.4 ~ 3.2、3.2 ~ 4.73,其中滑坡主要发生在密度值为 1.6 ~ 2.4 的区间内。

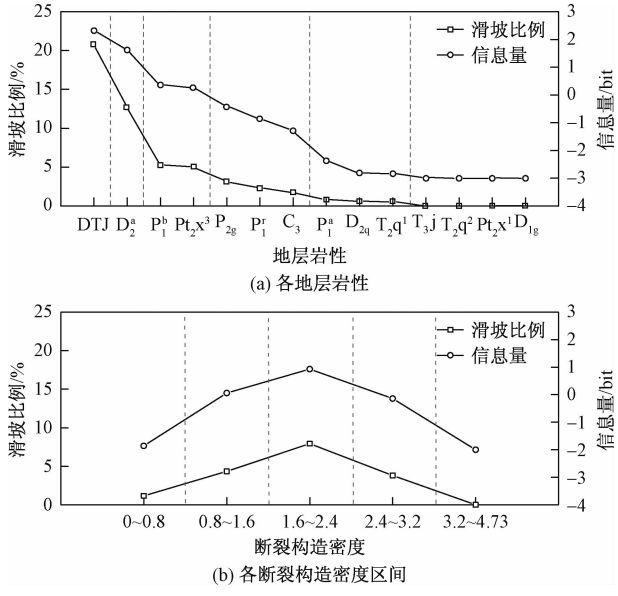

图 3　各地层岩性及各断裂构造密度区间滑坡比例和信息量分布曲线

Fig. 3　Distribution curves of landslide ratio and weighted information value in each stratigraphic and density of fracture structure range

(4)河流作用

整个研究区内贯穿着金沙江,呈南北向展布,流向由北向南,河流对边坡的稳定性影响主要包括软化作用、降低岩体的黏滞力、冲刷作用、液化作用等[17],经过这些作用后岩土体会逐渐软化,强度下降,从而会发生失稳。

图 4 为离散型指标因素状态分级图。根据距离河流越远,受河流影响的程度越小,将河流的距离划分为 6 个等级,分别为 0 ~ 300 m、300 ~ 600 m、600 ~ 900 m、900 ~ 1200 m、1 200 ~ 1 500 m。统计出各区间内的发生滑坡所占的比例,从图 4(f)中可以看出与河流的距离越近,产生滑坡的可能性就越大。

3.2.2　因素状态相关性分析

对边坡稳定性有影响的因素有多样,但这些因素之间可能存在一定的相关性,各因素所得的信息量会叠加,从而会影响模型的准确性。故需要对重复性较大的指标因素进行剔除,应用 ArcGIS 中计算协方差和相关矩阵模块进行相关性分析,得到显著性为 0.01 时各因素之间的相关性系数(表 1)。

表 1　各因素间的相关系数

Table 1　The correlation coefficients of each factor

指标因素	坡度	坡向	山体阴影	坡高	地层岩性	地质构造
坡度	1.00					
坡向	0.04	1.00				
山体阴影	0.02	0.02	1.00			
坡高	0.31	0.03	0.03	1.00		
地层岩性	0.07	0.08	0.04	0.28	1.00	
地质构造	0.03	0.01	0.01	0.02	0.07	1.00
河流作用	0.05	0.04	0.04	0.20	0.04	0.04

由表 1 可知:相关系数 > 0.10 的组合有高程与坡度、高程与地层岩性、高程与河流作用。可看出高程分别与坡度、地层岩性、河流 3 组因素相关性较大,信息量可能会互相叠加,所以将高程因素剔除。

3.3　基于信息量模型的边坡稳定性分区

对相关性进行分析后,最终选取了坡向、坡度、山体阴影、地质构造、地层岩性、河流作用指标因素形成评价指标体系。运用综合信息模型可以计算出信息量值,结果如表 2 所示,从而得到边坡稳定性评价分布图。统计结果表明,地层岩性所占的信息量权值最大。另外,影响因素的信息量从大到小依次为:地层岩性、地质构造、坡度、坡向、山体阴影、河流作用。

将边坡稳定性评价分布图依据信息量划分为五个等级:稳定性高区[-14.5, -11.7]、稳定性较高区(-11.7, -9.6)、稳定性中区(-9.6, -6.1)、稳定性较低区(-6.1, -1.9)、稳定性低区(-1.9, 3.1),划分依据主要为如图 5 所示的等级划分标准[18—20],库岸边坡稳定性评价分区图如图 6 所示。

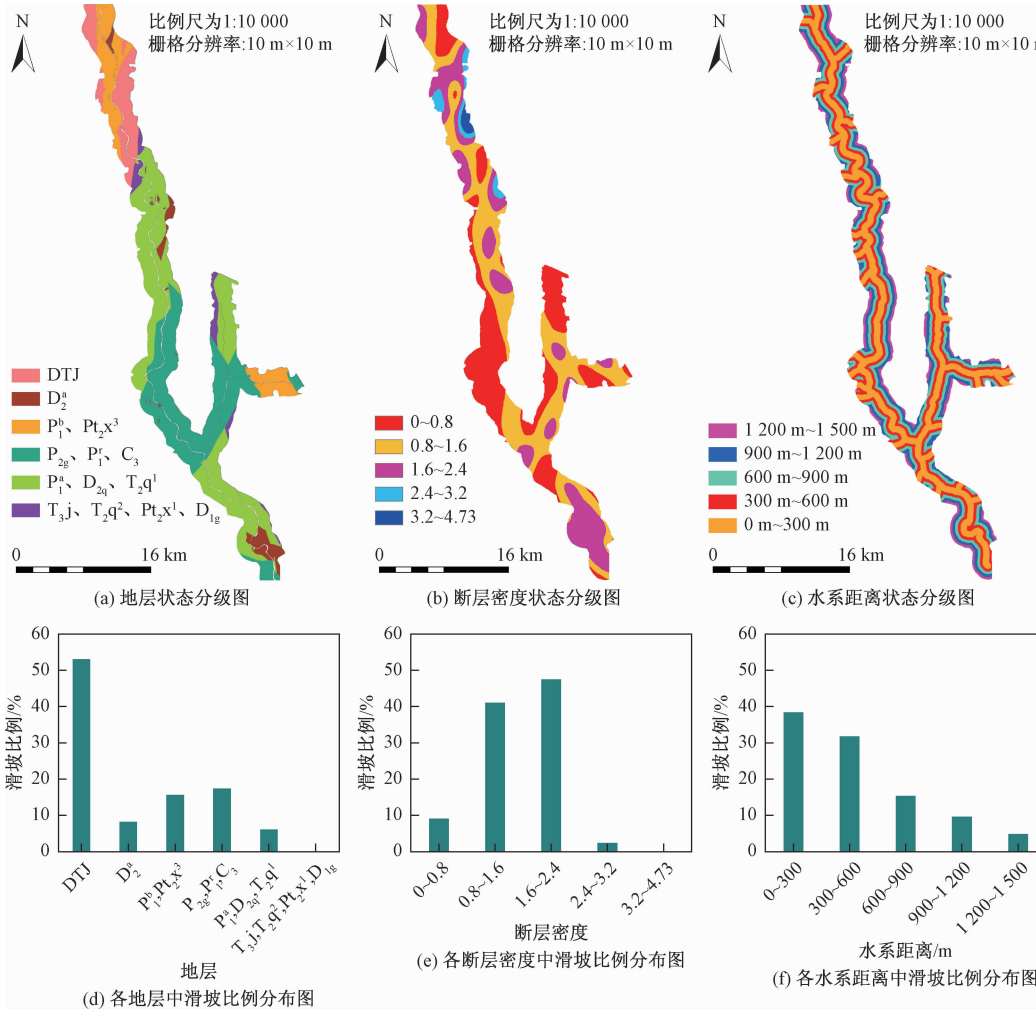

图 4 离散型因素状态分级图

Fig. 4 The state classification of discrete factors

表 2 各因素状态信息量

Table 2 The weighted information values of each factor state

指标类型	类型	状态	信息量	排序	变量	指标类型	类型	状态	信息量	排序	变量
坡度/(°)	连续型	0 ~ 3	-0.55	15	X_{01}	地层岩性	离散型	DTJ	2.3	1	X_{14}
		3 ~ 25	0.63	4	X_{02}			D_2^a	1.6	2	X_{15}
		25 ~ 40	-0.22	12	X_{03}			P_1^b、Pt_2x^3	0.29	6	X_{16}
		40 ~ 50	-0.82	17	X_{04}			P_2g、P_1^r、C_3	-0.77	16	X_{17}
		50 ~ 90	-1.01	19	X_{05}			P_1^a、D_2q、T_2q^1	-2.61	26	X_{18}
								T_3j、T_2q^2、Pt_2x^1、D_1g	-4	29	X_{19}
坡向/(°)	连续型	0 ~ 100	-0.96	18	X_{06}	地质构造	离散型	0 ~ 0.8	-1.86	23	X_{20}
		100 ~ 180	-0.41	13	X_{07}			0.8 ~ 1.6	0.06	9	X_{21}
		180 ~ 330	0.32	5	X_{08}			1.6 ~ 2.4	0.93	3	X_{22}
		330 ~ 360	-0.46	14	X_{09}			2.4 ~ 3.2	-0.14	11	X_{23}
								3.2 ~ 4.73	-2	25	X_{24}
山体阴影/(°)	连续型	0 ~ 40	-1.89	24	X_{10}	河流作用/m	离散型	0 ~ 300	-1.43	20	X_{25}
		40 ~ 120	-0.55	15	X_{11}			300 ~ 600	-1.65	22	X_{26}
		120 ~ 200	-0.06	10	X_{12}			600 ~ 900	-2.63	27	X_{27}
								900 ~ 1 200	-3.21	28	X_{28}
		200 ~ 254	0.22	7	X_{13}			1 200 ~ 1 500	-4.05	30	X_{29}

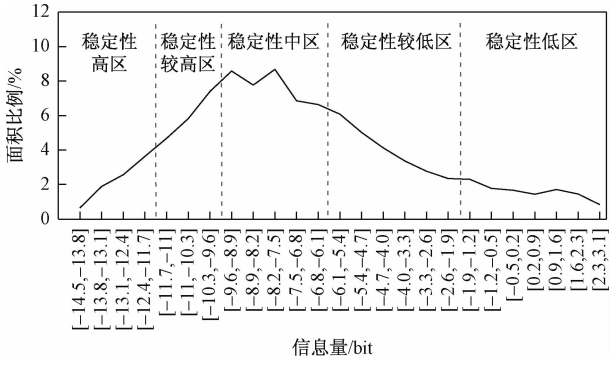

图 5　边坡稳定性等级分级标准

Fig. 5　The classification standard of slope stability

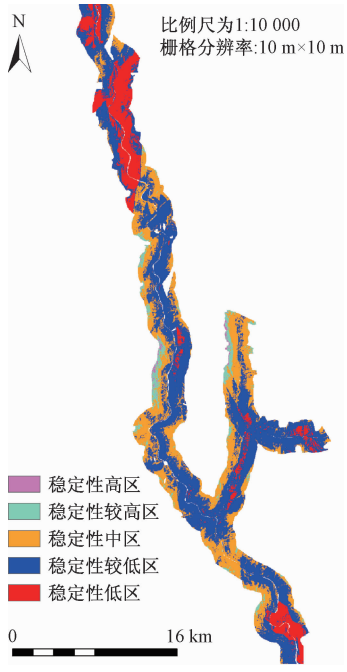

图 6　边坡稳定性评价分区

Fig. 6　The distribution of slope stability evaluation

4　结果及精度分析

4.1　评价结果分析

如图 6 所示,由研究区库岸边坡稳定性评价分区结果可知,稳定性低和较低区域有以下特点。

(1)稳定性低和较低的区域主要分布在古生界泥盆系金沙江蛇绿岩群 DTJ、中统穷错组 D_2^a 地层中。DTJ 地层岩体裂隙较发育,该地层易发生滑坡;古生界泥盆系中统穷错组 D_2^a 表现为沿结构面溶蚀,并容易形成次生填充物,产生滑移破裂面的可能性较大,属于边坡稳定性低的地层。

(2)稳定性低和较低的区域主要分布在断裂构造分布集中的区域内。研究区域内断裂构造发育,有断裂 19 条,以陡倾角为主,且部分为活动断裂,岩体完整性较差,极易产生滑坡,属于边坡稳定性低的地层。

4.2　精度分析

依据稳定性评价结果,对已发生滑坡的栅格数 a、总栅格数 b、滑坡栅格比例 a/b、各等级栅格数占总栅格数的比例 c、各等级发生滑坡栅格数占总滑坡栅格数比例 d 进行统计(表 3)。

由表 3 可知:有 95.41% 的滑坡发生在稳定性较低和稳定性低中,边坡稳定性由高到低,滑坡比例由 0.2% 到 18.15% 逐渐增大;稳定性较低区所占栅格比例最多,达到 51.5%,说明研究区域大多处于稳定性较低区。在等级为稳定性低中,滑坡发生比例最大,达到 71.85%。

表 3　栅格统计

Table 3　The statistical of grids

稳定性等级	发生滑坡栅格数 a	总栅格数 b	滑坡栅格比例 (a/b)/%	占总栅格比例 c/%	占总滑坡栅格比例 d/%
高	589	17 236	0.20	0.67	0.52
较高	1 032	105 554	0.58	3.93	1.33
中	6 201	778 431	0.79	28.7	2.74
较低	24 644	1 397 958	1.7	51.5	23.56
低	75 163	414 156	18.15	15.2	71.85

总之,通过研究发现大部分区域处于稳定性较低区,且依据研究区库岸滑坡数据库统计分析结果发现,达到 71.85% 的失稳边坡处于稳定性低区,达到 23.56% 的失稳边坡处于稳定性较低区。用实际的滑坡单元占稳定性低和稳定较低区单元比例表示评价精度,则评价精度达到 95.41%。

5　结论

(1)基于 GIS 和综合信息模型,选择了坡向、坡度、山体阴影、高程、地质构造、地层岩性和河流作用 7 项因素用于建立库岸边坡稳定性评价体系,进行区域库岸边坡稳定性评价,建立了一套用于区域库岸边坡稳定性的快速评价方法,且通过实际工程验证了该方法的可行性。

(2)该方法相对其他变量分析方法来说,由于状态分级划分的标准是依据已经发生滑坡比例与信息量曲线,找出曲线分布的突变点作为分级的临界点,减小了人为经验带来的误差影响。

(3)研究结果表明地质构造和地层岩性对评价结果影响最为显著,稳定性低和较低的区域主要分布在古生界泥盆系金沙江蛇绿岩群和中统穷错组的地层内,以及地质构造发育的区域内。且研究区域大多处于稳定性较低区,其中稳定性低和较低区占总研究区域面积的比例分别为 15.2% 和 51.5%,稳

定性评价结果精度高达 95.41%。

参 考 文 献

1 丁志洋, 张发明, 杨 帆, 等. 降雨对大型水库滑坡稳定性影响分析. 科学技术与工程, 2013;13(10):2736—2740
Ding Zhiyang, Zhang Faming, Yang Fan. Analysis of the large reservoir landslide stability influenced by rainfall. Science Technology and Engineering, 2013;13(10): 2736—2740

2 Hungr O. An extension of Bishop's simplified method of slope stability analysis to three dimensions. Geotechnique, 1987;37(1): 155—156

3 谢谟文, 江崎哲郎. 基于 GIS 空间数据库的三维边坡稳定性分析. 岩石力学与工程学报, 2002;21(10): 1494—1499
Xie Mowen, Esaki Tetsuro. Stability analysis of 3D slope based on GIS spatial database. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002;21(10): 1494—1499

4 周桂云, 李同春. 基于静动力有限元的边坡抗震稳定分析方法. 岩土力学, 2010;31(7): 2303—2308
Zhou Guiyun, Li Tongchun. Slope aseismic stability analysis method based on static and dynamic finite elements. Rock and Soil Mechanics, 2010;31(7): 2303—2308

5 贺 鹏, 童立强, 郭兆成, 等. GIS 支持下基于层次分析法的西藏札达地区滑坡灾害易发性评价研究. 科学技术与工程, 2016;16(25): 193—200
He Peng, Tong Liqiang, Guo Zhaocheng, *et al*. Evaluation research on the landslide disaster liability in Zhada region of Tibet. Science Technology and Engineering, 2016;16(25): 193—200

6 杨 虎, 吴北平, 汪 利. 混沌序列 PSO-RBF 耦合模型在滑坡位移预测中的应用. 科学技术与工程, 2013;13(30): 9118—9121,9126
Yang Hu, Wu Beiping, Wang Li. Application of PSO-RBF coupling model based on chaos theory in forecast displacement of landslide. Science Technology and Engineering, 2013; 13(30): 9118—9121,9126

7 孙光林. 基于 ARMA 模型的滑坡滑动力预测研究. 科学技术与工程, 2014;14(36): 17—20,28
Sun Guanglin. Landslide sliding force prediction based on ARMA model. Science Technology and Engineering, 2014;14(36): 17—20,28

8 刘艺梁, 殷坤龙, 刘 斌. 逻辑回归和人工神经网络模型在滑坡灾害空间预测中的应用. 水文地质工程地质, 2010;37(5): 92—96
Liu Yiliang, Yin Kunlong, Liu Bin. Application of logistic regression and artificial neural networks in spatial assessment of landslide hazards. Hydrogeology and Engineering Geology, 2010;37(5): 92—96

9 李元松, 陈文峰, 李新平, 等. 基于模糊神经网络的边坡稳定性评价方法. 武汉理工大学学报, 2013;35(1): 113—118
Li Yuansong, Chen Wenfeng, Li Xinping, *et al*. Stability assessment of rock slope based on fuzzy neural network. Journal of Wuhan University of Technology, 2013;35(1): 113—118

10 薛新华, 张我华, 刘红军. 基于遗传算法和模糊神经网络的边坡稳定性评价. 岩土力学, 2007;28(12): 2643—2648
Xue Xinhua, Zhang Wohua, Liu Hongjun. Evaluation of slope stability based on genetic algorithm and fuzzy neural network. Rock and Soil Mechanics, 2007;28(12): 2643—2648

11 邓 辉, 何政伟, 陈 晔, 等. 信息量模型在山地环境地质灾害危险性评价中的应用——以四川泸定县为例. 自然灾害学报, 2014;23(2): 67—76
Deng Hui, He Zhengwei, Chen Ye, *et al*. Application of information quantity model to hazard evaluation of geological disaster in mountainous region environment: A case study of Luding County, Sichuan Province. Journal of Natural Disasters, 2014;23(2): 67—76

12 安凯强, 牛瑞卿. 信息量支持下 SVM 模型滑坡灾害易发性评价. 长江科学院院报, 2016;33(8): 47—51,58
An Kaiqiang, Niu Ruiqing. Landslide susceptibility assessment using support vector machine based on weighted-information model. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2016; 33(8): 47—51,58

13 谭玉敏, 郭 栋, 白冰心, 等. 基于信息量模型的涪陵区地质灾害易发性评价. 地球信息科学学报, 2015; 17(12): 1554—1562
Tan Yumin, Guo Dong, Bai Bingxin, *et al*. Geological hazard risk assessment based on information quantity model in Fuling District, Chongqing City, China. Journal of Geo-information Science, 2015; 17(12): 1554—1562

14 谢谟文, 蔡美峰. 信息边坡工程学的理论与实践. 北京:科学出版社, 2005
Xie Mowen, Cai Meifeng. The theory and practice of information slope engineering. Beijing:Science Press, 2005

15 殷坤龙, 朱良峰. 滑坡灾害空间区划及 GIS 应用研究. 地学前缘, 2001; 8(2): 279—284
Yin Kunlong, Zhu Liangfeng. Landslide hazard zonation and application of GIS. Earth Science Frontiers, 2001; 8(2): 279—284

16 张桂荣, 殷坤龙, 刘传正,等. 基于 GIS 的陕西省旬阳地区滑坡灾害危险性区划. 中国地质灾害与防治学报, 2003;14(4): 39—43
Zhang Guirong, Yin Kunlong, Liu Chuanzheng, *et al*. The hazard zoning of landslide supported by GIS in Xunyang region of Shanxi Province. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2003;14(4): 39—43

17 胡宪铭. 水对边坡稳定的影响及其防治. 金属矿山, 2009;45(增刊 1): 736—739
Hu Xianming. Water effect to slope stable and prevention. Metal Mine, 2009;45(S1): 736—739

18 Tang C, Zhu J, Qi X. Landslide hazard assessment of the 2008 Wenchuan earthquake: A case study in Beichuan area. Canadian Geotechnical Journal, 2011; 48(1): 128—145

19 Guzzetti F, Carrara A, Cardinali M, *et al*. Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. Geomorphology, 1999; 31(1—4): 181—216

20 Gorsevski P V, Jankowski P. Discerning landslide susceptibility using rough sets. Computers Environment & Urban Systems, 2008; 32(1): 53—65

Regional Bank Slope Stability Evaluation Method Based on Geographic Information Systems and Integrated Information Model

YU Guo[1], XIE Mo-wen[1*], LI Yong[2]

(School of Civil and Resource Engineering, University of Science & Technology Beijing[1],
Beijing Beike Andi Technology Development Co., Ltd.[2], Beijing 100083, China)

[**Abstract**] The geographic information systems (GIS) and the integrated information model were combined to evaluate the stability of the regional bank slope. First, a regional bank slope stability evaluation index system was established through studying 7 selected factors (slope, slope direction, mountain shadow, elevation, stratigraphic lithology, geological structure and river action) that have an impact on the stability of the slope. Then, the distribution of evaluation indicators was obtained based on rasterized factors selected and the integrated information model to evaluate the stability of the regional bank slope. Through the analysis of an actual project, it was concluded that the geological structure and stratum lithology have a significant impact on the evaluation results. Most of the research areas were in the relatively low stable areas. The low and the relatively low stable areas accounted for 15.2% and 51.5% of the total study area respectively. The accuracy of slope evaluation results in the study area reached 95.41% in the study area.

[**Key words**] regional bank slope　　stability evaluation　　integrated information model　　GIS