

蔡影, 蒋梅英. 洪水泥石流等自然灾害对旅游景区的破坏作用研究[J]. 灾害学, 2019, 34(4): 64-67. [CAI Ying, JIANG Meiying. Damage of natural disasters to tourist scenic spots[J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(4): 64-67. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.04.012.]

洪水泥石流等自然灾害对旅游景区的破坏作用研究^{*}

蔡影^{1,2}, 蒋梅英²

(1. 云南工商学院, 云南 昆明 651701; 2. 云南师范大学 旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650500)

摘要:通过泥石流灾害模拟模型与灾害损失率计算方法了解旅游景区的损失状况,研究自然灾害对旅游景区的破坏作用。旅游景区洪灾模拟模型由分流模型与汇流模型构成,根据泥石流多相流成分中固液两相分离原则构建泥石流分流模型;引用DEM数据得到泥石流流域栅格的汇流方向,根据经验模型计算汇流用时,采用八方向方法获取河道信息,基于这些数据构建泥石流模拟的汇流模型,采用ArcGis软件实时呈现该模型的泥石流灾害模拟效果;结合ArcGis软件显示的灾情数据,采用洪灾损失率计算方法获取旅游景区自然灾害损失率。实验结果表明,该模型计算旅游景区建筑损失率误差均小于5%,在有效模拟泥石流灾害的同时,可准确描述自然灾害对旅游景区的破坏作用。

关键词:自然灾害;泥石流;旅游景区;ArcGis软件;损失率;破坏作用;模拟

中图分类号: X43; X915.5; P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2019)04-0064-04
doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.04.012

近十几年,我国旅游业发展迅速,部分旅游资源逐渐成为一些区域性标志,甚至成为部分地区经济发展支柱^[1]。旅游业具有集购物、观光以及食宿于一身的特点,一旦遭受自然灾害侵袭,则产生联动性的破坏结果,造成自然景观、经济财产的双重损失。由于近几年毁灭性的自然灾害时有发生,尤其对于人员集中的旅游景区而言,一旦发生自然灾害,游客的生命财产安全将受到极大威胁^[2]。因此,重视旅游景区的自然灾害隐患、注重旅游安全十分关键。

部分旅游区域的旅游资源反而成为爆发自然灾害的源头,如2004年印度洋地震海啸事件,地震导致大规模的海啸,周边多个以海滨旅游著称的国家遭受毁灭性的打击,造成当地严重的经济损失和人员伤亡^[3];我国西南部分地区以特殊的山林湖泊景观作为旅游资源吸引大批游客,但是由于大量的降雨导致洪灾暴发,形成泥石流、滑坡等次生灾害,破坏旅游景区环境的同时威胁游客的生命财产安全^[4]。因此,本文重点研究长期降雨导致的洪灾对旅游景区的破坏作用。

来势凶猛、破坏能力强是洪灾的主要特点,长期降雨导致地表径流饱和,多余的水量从山体汹涌而下^[5]。洪灾爆发后,往往导致山体滑坡与

泥石流灾害,泥石流的危害性不可忽视^[6],所以本文在模拟洪灾的过程中重点模拟泥石流灾害的运动过程,真实还原旅游景区爆发泥石流灾害的场景。

本文研究自然灾害对旅游景区的破坏作用主要分为两个步骤,①从泥石流分流与汇流两方面模拟泥石流灾害的运动过程,并采用ArcGis软件显示模拟效果,从ArcGis软件获取相关灾情数据;②根据相关灾情数据,利用旅游景区灾害损失率计算公式获取景区的灾害损失率,从数据角度评价自然灾害对旅游景区的破坏作用。

1 自然灾害对旅游景区的破坏作用

通过模拟泥石流灾害、计算灾害损失率掌握旅游景区的损失状况,研究自然灾害对旅游景区的破坏作用。首先模拟旅游景区发生的洪灾灾害,采用ArcGis软件显示洪灾模拟情境与相关灾情信息,其次根据ArcGis软件提供的有关数据^[7],计算旅游景区的洪灾损失率,掌握洪灾对旅游景区的破坏作用。

* 收稿日期: 2019-02-26 修回日期: 2019-05-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(41561033, 41261034)

第一作者简介: 蔡影(1987-),女,云南昆明人,讲师,博士研究生,研究方向为区域旅游开发与管理。

E-mail: athena107@hotmail.com

通讯作者: 蒋梅英(1976-),女,湖南道县人,讲师,硕士,研究方向为经济地理。E-mail: jiangmeiying2000@163.com

1.1 旅游景区洪灾模拟模型

1.1.1 泥石流模拟的分流模型

洪水灾害爆发后导致滑坡、泥石流等次生灾害, 此过程中流体结构复杂, 多相流体的分离与汇流是模拟洪灾的关键体现^[8], 本文通过多相流成分中固液两相的分离原则完成泥石流中多相流体的分离。

水、泥、沙、石是洪水泥石流的重要组成部分, 形成多相流体, 多相流体间的相互作用繁琐、复杂^[9]。通过分割泥石流为固液两相的方式降低泥石流运动模型的模拟难度, 液相是低于粒径划分标准的颗粒与水的混合物, 固相则是高于粒径划分标准的颗粒。表 1 为固相、液相分界颗粒的划分标准。

表 1 固相、液相颗粒的分界标准

固相/mm	2.1 ~ 1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3 ~ 1.2
液相/(g/cm ³)	2.1	1.1	0.51	0.11	0.05	0.01

泥石流液相浆体密度的计算方法为:

$$\rho_v = \rho_b V_e + \rho_h (1 - V_e) \quad (1)$$

式中: V_e 为细颗粒在浆体中的体积比重; ρ_h 为不含任何砂砾的水密度; ρ_b 为细颗粒密度。同理, 定义 λ 表示浆体的粘滞系数, λ_h 表示不含任何砂砾的水的粘滞系数, 则:

$$\lambda = (1 + 2.4 V_e) \lambda_h \quad (2)$$

泥石流运动模型中固体颗粒是推动泥石流向坡下滑动的关键作用力, 同时也对液相颗粒形成一定的约束力^[10]。至此构建泥石流模拟的分流模型, 接下来研究泥石流模拟的汇流模型。

1.1.2 泥石流模拟的汇流模型

将泥石流流域分割成规格相同的栅格, 不同栅格汇流至流域出口时经过的全部栅格汇流长度总和用 A_i 表示, 获取 A_i 需应用到栅格的汇流方向, 引用 DEM (Digital Elevation Model) 数据可得到这些栅格的不同汇流方向^[11]。其中, 泥石流流域的网格号码采用 i 表示, 第 i 个网格汇流至流域出口位置流经的全部网格数量用 d 表示; 方形网格矩阵单元边长、长度系数分别用 a_j 、 f_j 表示; 网格 i 流向相邻网格过程中, $f_j = 1$ 表示流向为上、下、左、右; $f_j = \sqrt{2}$ 表示流向为斜向。

$$A_i = \sum_{j=1}^d f_j a_j \quad (3)$$

利用水量连续平衡方程得出各个流域中不同单元的地表径流:

$$\frac{qF}{qt} = F_i - F_0 \quad (4)$$

式中: 单元中滞留的水量、进入单元格的水量、流出单元格的水量分别用 F 、 F_i 、 F_0 表示; 时间用 t 表示, 为方程系数。单元格中产生的流量加上相邻单元流入当前单元格中的水量为第 i 个单元格的水流量, 即 F_i 。

$$F_i = B_i \Delta g + \sum B(i-1, t - \Delta t) \Delta g \quad (5)$$

式中: 单元格中产生的流量、网格空间分辨率分

别用 B_i 、 Δg 表示; Δt 时刻前周边相邻单元流入当前单元的流量用 $B(i-1, t - \Delta t)$ 表示。用 F_0 表示流出单元格的水量:

$$F_0 = B(i, t) \Delta t \quad (6)$$

式中: 流出单元的流量为 $B(i, t)$ 。

根据经验模型计算洪灾模拟模型中的汇流用时, 经验模型如下:

$$t_k = \frac{5}{3} T; \quad (7)$$

$$T = \frac{l^{0.8} (S + 24.3)^{0.7}}{7058 \rho^{0.5}} \quad (8)$$

式中: 汇流时间、停滞时间分别用 t_k 、 T 表示; 水流长度与流域的坡度均值分别用 l 、 p 表示。

汇流过程的模拟以获取流域中网格之间的水流汇集河道为前提^[12], 河道获取方法为: 采用八方向方法判断泥石流汇流过程中网格单元的水流向, 逐次计算流域网格单元的水流汇集方向, 流域中网格之间的水流汇集河道可通过上述得到的汇流数量、大小、方向等因素获取^[13]。至此, 基于水流汇集网络的递归计算完成泥石流汇流过程模拟。

采用上述泥石流分离运动模型与泥石流汇流模型模拟旅游景区的泥石流灾害, 通过 ArcGis 软件将模拟效果真实呈现出来, ArcGis 软件可实时显示评估旅游景区灾情所需的相关数据, 应用这些数据计算泥石流灾害对旅游景区的破坏作用。

1.2 洪灾损失率计算

通过计算旅游景区的泥石流灾害损失率, 分析自然灾害对旅游景区的破坏程度与作用^[14]。结合 ArcGis 软件提供的泥石流灾情数据与参数统计模型, 计算泥石流灾害的损失率^[15]。洪灾淹没水深等灾害特征、损失率分别是参数统计模型的自变量与因变量。洪灾爆发后, 承灾体的损失率计算方法为:

$$O = \frac{Z_\beta - Z_\alpha + D}{Z_\beta} \quad (9)$$

式中: 承灾体的损失率用 O 表示, 承灾体的灾前价值、灾后价值分别用 Z_β 、 Z_α 表示; 由于承灾体的差异, 承灾体灾前价值、灾后价值的计算方法存在差异^[16]。此外, 旅游景区爆发自然灾害后, 存在各种间接的抢救花费, 用 D 表示。

采用 ArcGis 软件呈现泥石流灾害的模拟效果, 利用洪灾损失率计算方法结合 ArcGis 软件实时显示的灾情数据, 获取洪灾损失率, 据此评价自然灾害对旅游景区的破坏作用。

2 实例检验及其结果分析

2.1 模拟效果验证

本文以某山区旅游景区为例, 模拟洪灾导致的泥石流灾害运动过程。模拟的泥石流运动过程包含约 150 000 个颗粒, 花费 0.49 s 完成模拟场景的绘制。其中洪水倾盆而下的状态如图 1 所示, 洪灾导致的泥石流流动状态如图 2 所示。



图1 洪水倾盆而下的状态



图2 泥石流流动的状态

表2 研究景区的土壤类型

土壤种类	描述	下渗率最小值/%
1	吸水后明显膨胀、塑性大的土壤，盐渍土	0 ~ 1.16
2	粘壤土、薄层沙壤土、粘质比重大的土壤	1.16 ~ 3.70
3	薄层黄土、沙壤土	3.70 ~ 7.15
4	厚沙土、黄土、团粒化粉沙土	7.15 ~ 10.32

表3 洪灾模拟数据验证

降雨时间	降雨量/mm	积水单元(>0.1m)/(30m×30m)		积水深度最大值/m	
		模拟值	真实值	模拟值	真实值
2000年6月3日	19.7	6.7	6.5	0.16	0.12
2003年7月12日	440.1	125	120	0.67	0.62
2006年6月9日	60.8	135	133	0.54	0.49
2009年6月3日	47.3	15.6	14.9	0.25	0.24
2012年8月14日	41.3	116	109	0.84	0.89
2015年7月16日	25.6	10.6	11.2	0.22	0.21

由于土壤构成的差异形成的泥石流效果有所不同，该景区的土壤存在4种类型(表2)。

根据土壤类型的差异，模拟的2000、2003、2006、2009、2012、2015年该旅游景区的洪灾数据如表3所示，并与实际值进行了对比。从表3可知，在6个时间段上的模拟值与真实值大致吻合，从积水单元角度而言，在2000年6月3日模拟的误差最小，仅与实际值相差0.2m，在2012年8月14日模拟误差最大，与真实值相差7m；从积水深度最大值角度而言，模拟误差均小于0.06m，因此，本研究的模型基本可以准确模拟洪灾过程中旅游景区的积水深度情况，还原旅游景区遭受洪灾破坏的景象。

2.2 损失率计算

该旅游景区发生洪灾后造成的损失主要表现在林业损失、景区建筑损失。

2.2.1 林业损失率分析

该景区中的林业是旅游景观的重要组成部分，林业一旦损坏，则破坏了景区的大部分景观。本文计算的该旅游景区林业损失率，按照洪灾淹没的时间排列林业损失率情况(表4)。由表4可知，根据本文计算的景区林业洪灾损失率能从洪灾淹没时间、淹没水深两方面来相对准确地景区灾害损失情况，这也验证了本文研究结果的有效性。在前3.5d内，随着淹没深度的增加，林业损失率越大，主要是因为水的深度越高，景区的树木更容易遭到洪水以及泥石流的伤害，导致数目根茎腐烂甚至倒塌；在3.5~4.5d内，洪水淹没深度在0.45m以下的林业损失率高达59%，这是因为树木在洪水中淹没的时间较长，导致景区的树木

大规模损坏，而水深在0.45m以上树木损失率达到100%，完全遭到破坏；树木被淹没超过4.5d时，损失率为100%。

表4 林业洪灾损失率(%)

淹没时长/d	淹没水深/m		
	<0.45	0.45~1.1	>1.1
0.5~1.5	24	38	53
1.5~2.5	37	54	83
2.5~3.5	45	66	100
3.5~4.5	59	100	100
>4.5	100	100	100

2.2.2 旅游景区建筑损失分析

景区建筑损失率计算方法如下：

$$\phi(h) = \begin{cases} 0, h \in [0, 0.15]; \\ ah + b, h \in [0.15, 0.95]; \\ (a+b)\left(\ln \frac{h+c}{10a} + 0.9\right), h \in [0.95, 3.5]; \\ (a+b)\left(\ln \frac{4+c}{10a} + 0.9\right), h \in [3.8, \infty]. \end{cases} \quad (10)$$

式中：淹没水深用 h 表示，表5为参数 a 、 b 、 c 的取值情况。结合公式(10)与表5给出的相关参数可计算景区建筑的损失情况。

表5 景区建筑损失率计算参数

建筑种类	a	b	c
凉亭	0.9	-0.15	9.5
观景桥	0.45	-0.08	4.5
其他	0.15	-0.03	1.1

2.3 损失率计算值与实际值对比

为进一步验证本文计算的损失率的可靠性，将计算值与实际值对比。选取5个不同的旅游景区

A、B、C、D、E 作为洪灾模拟的研究区, 分别计算景区遭受洪灾泥石流灾害后的林业损失率、建筑经济损失率, 并与实际值对比(表 6)。从表 6 中可得, 在林业损失率方面, 计算值与实际值相差较小, 在 A 景区获取的林业损失率误差最大为 8.2%, 在 B 景区获取的林业损失率误差最小为 1.6%, 总体计算误差不超过 10%; 在建筑损失率方面, 计算 A、D、E 景区的建筑损失率误差分别为 2.4%、3.5%、2.6%, 误差均小于 4%, 此外, 计算 B 景区、C 景区的建筑损失率与实际值相符, 均为 94.8%、95.8%。

表 6 本文方法计算值与实际值对比

旅游景区名称	林业损失率/%		建筑损失率/%	
	实际值	计算值	实际值	计算值
A	76.4	70.6	91.5	89.3
B	60.2	61.2	94.8	94.8
C	54.3	51.2	95.8	95.8
D	60.8	56.5	97.5	94.2
E	61.2	58.5	95.5	98.1

3 结论及讨论

本文以自然灾害中的洪灾以及洪灾导致的泥石流灾害为例, 从构建自然灾害模拟模型、计算灾害损失率两方面研究自然灾害对旅游景区的破坏作用。经过实例检验可知, 本文的研究结果不仅能有效模拟泥石流灾害的运动过程、准确计算自然灾害损失率, 而且相对同类方法而言具有较高的优势, 可进一步采用 ArcGis 软件实时呈现该模型模拟旅游景区泥石流灾害效果, 根据 ArcGis 软件实时显示的相关灾情数据, 计算出景区灾害损失率, 为掌握旅游景区自然灾害损失状况提供有效的分析依据。

参考文献:

- [1] 李宁, 张正涛, 陈曦, 等. 论自然灾害经济损失评估研究的重要性[J]. 地理科学进展, 2017, 36(2): 256-263.
- [2] 姚远, 胡伟华, 吴国栋, 等. 2015 年 7 月 3 日新疆皮山 MS6.5 地震烈度与地震地质灾害特点[J]. 地震工程学报, 2016, 38(4): 663-668.
- [3] Chungchung T, WU T C, Wall G, et al. Perceptions of tourism impacts and community resilience to natural disasters. [J]. Tourism Geographies, 2016, 18(2): 1-22.
- [4] 郑永贤, 薛菲, 张智光. 森林旅游景区生态安全 IRDS 模型实证研究[J]. 资源科学, 2015, 37(12): 2350-2361.
- [5] 芦苇, 赵冬, 王玉兰. 基础刚度对砖石古塔地震响应影响研究[J]. 地震工程学报, 2016, 38(4): 498-503.
- [6] 周桂华, 吴惠标. 2016 年云南主要自然灾害特点及减灾对策研究[J]. 灾害学, 2017, 32(3): 112-119.
- [7] 叶欣梁, 温家洪, 邓贵平. 基于多情景的景区自然灾害风险评价方法研究——以九寨沟树正寨为例[J]. 旅游学刊, 2014, 29(7): 47-57.
- [8] 孙滢悦, 陈鹏, 张立峰. 两种空间尺度的区域旅游资源灾害风险评价[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(7): 1861-1866.
- [9] 吴春涛, 李熙, 段金莉. 自然灾害旅游目的地的开发、管理和发展——以四川北川羌城旅游区为例[J]. 地域研究与开发, 2016, 35(3): 81-85.
- [10] 潘剑彬, 李树华, 丁奇. 城市绿地区域潜在多发自然灾害对防灾规划的影响[J]. 中国园林, 2015, 31(1): 89-91.
- [11] 范擎宇, 何福红, 马国斌, 等. 基于过程降雨的暴雨灾害危险性评估——以松花江流域为例[J]. 地理与地理信息科学, 2016, 32(2): 100-104.
- [12] Yaokuei L. Impact of government policy and environment quality on visitor loyalty to Taiwan music festivals: moderating effects of revisit reason and occupation type [J]. Tourism Management, 2016, 53(5): 187-196.
- [13] 陈晓玉, 王承武. 阜康市天山天池景区地质灾害防治对策研究[J]. 经济研究导刊, 2015, 12(19): 223-224.
- [14] 贺建先, 王运生, 李龙. 九寨沟景区荷叶正沟泥石流成因及危险性评价[J]. 水电能源科学, 2015, 35(12): 139-142.
- [15] 余坤勇, 刘健, 杨平, 等. 森林经营过程对区域发生滑坡的影响关系研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(4): 5-10.
- [16] LI L, XUE C, ZHANG Z. Response of ecological environment along desert scenic spot trails to trampling disturbance[J]. Journal of Desert Research, 2015, 180(2): 825-832.

Damage of Natural Disasters such as Flood and Debris Flow to Tourist Scenic Spots

CAI Ying^{1, 2} and JIANG Meiyong²

(1. Yunnan Technology and Business University, Kunming 651701, China;

2. School of Tourism and Geographical Sciences, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

Abstract: According to the simulation model of debris flow disaster and the calculation method of disaster loss rate, the loss situation of tourist attractions is understood, and the destructive effect of natural disasters on tourist attractions is studied. Flood disaster simulation model of tourist attractions is composed of diversion model and confluence model. According to the principle of solid-liquid two-phase separation in mud-rock flow multi-phase flow components, the diversion model of mud-rock flow is constructed. The confluence direction of grid in debris flow basin is obtained by using DEM data, and the channel information is obtained by using eight-direction method when confluence is calculated based on empirical model. Based on these data, the confluence model of debris flow simulation is constructed, and the effect of debris flow disaster simulation is real-time presented by ArcGis software. Combining with the disaster data displayed by ArcGis software, the loss rate of natural disasters in tourist attractions is calculated by flood loss rate method. The experimental results show that the errors of the proposed method in calculating the building loss rate of tourist attractions are less than 5%. While effectively simulating debris flow disasters, it can accurately describe the damage of natural disasters to tourist attractions.

Key words: natural disaster; debris flow; tourist attraction; ArcGis software; loss rate; destruction; simulation