

福建省地质灾害时空分布特征研究

覃宇恬¹, 刘彦花², 刘秋华¹, 覃玲萍²

(1. 南宁师范大学地理科学与规划学院, 南宁 530001;

2. 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 南宁 530001)

摘要: 为有效防治福建省地质灾害, 减少地质灾害的发生及破坏, 本文基于2010年、2015年和2020年的福建省地质灾害数据, 运用GIS叠加分析方法, 定量分析福建省地质灾害在地形地貌、岩石岩性、土地利用类型、水系、路网等不同情况下的时空分布特征。研究结果表明: (1) 福建省地质灾害数量呈逐年下降趋势, 且多分布于龙岩市、南平市、宁德市。(2) 研究期内福建省地质灾害主要分布于高丘、低山、坡度较低、坡向偏东北的区域; 不同年份地质灾害密度在岩石岩性上的分布大相径庭。(3) 地质灾害多分布于灌木林、建筑用地和裸地, 以及路网和水系沿线等人类工程活动较为强烈的区域。

关键词: 地质灾害; 空间分布; GIS; 叠加分析

中图分类号: P694; P56 **文献标识码:** A

STUDY ON THE SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF GEOLOGICAL HAZARDS IN FUJIAN PROVINCE

QIN Yu-tian¹, LIU Yan-hua², LIU Qiu-hua¹, QIN Ling-ping²

(1. School of Geography and Planning, Nanning Normal University, Nanning 530001, China;

2. School of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning 530001, China)

Abstract: In order to effectively prevent and control geological disasters, reduce the occurrence and damage of geological hazards in Fujian province, based on the geological disasters data of Fujian province in 2010, 2015 and 2020, the article uses GIS overlay analysis method to quantitatively analyze the spatiotemporal distribution characteristic of geological hazards in Fujian province under different conditions such as topography, rock lithology, land use type, water system, road network, etc. The results showed that: (1) The number of geological disasters in Fujian province was declining year by year, and they were mainly distributed in LongYan, NanPing and NingDe. (2) During the study period, geological disasters in Fujian province were mainly distributed in high hills, low mountains, low slopes and northeast areas. The distribution of geological hazard density on rock lithology varied greatly in different years. (3) Geological hazards are mostly distributed in shrub forests, construction land and bare land, and areas with strong human engineering activities such as road networks and water systems.

Key words: geological disasters; spatial distribution; GIS; overlay analysis

地质灾害的发生往往与人类活动、生态环境紧密相关,因各城市独特的地貌、突降的暴雨、人口的猛增、人类工程活动的加剧,现代工业化的扩张,森林植被的肆意砍伐和土地开发利用的不合理,都会导致环境频繁发生滑坡、泥石流、崩塌和地陷等地质灾害^[1-2]。因此,研究地质灾害的空间分布特征及关联性显得尤为重要,对于进一步发展省份经济,恢复区域地表生态环境具有重要意义。

国外学者对于地质灾害的研究,从初始的基于GIS的空间特征分析,对比EBF、RF等模型对地质灾害的分区研究^[3],再到风险评价体系等地质灾害体系的完善化、全面化^[4];而国内学者的研究从最初基于多源遥感数据融合,利用GIS空间分析法,探寻地质灾害的空间分布特征^[5],发现地质灾害发生和分布的主要内动力控制因素^[6-7],再到将影响地质灾害发育的众多特征因子与地质灾害分布相叠加并进行细致分析^[8],追根地质灾害暴发的诱因^[9-11],构建各类评价模型^[12-14],为地质灾害的研究做出巨大贡献。

然而即便学者们在地质灾害特征研究上颇有建树,但是研究维度还没做到全方面覆盖,为秉持“因地制宜”、“就地分析”理念,本文基于福建省拥有独特的地理环境进行分析。

因福建省每年有强降雨降临与台风侵袭,并伴随地形地貌、土壤条件、地质条件的制约,所以极易出现崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害,于是本文收集2010年、2015年和2020年福建省地质灾害数据,选取影响较大的因素,运用GIS技术将其与福建省地形地貌、岩石岩性、土地利用类型、水系、路网数据相叠加,计算不同环境下的福建省灾害密度,定量分析其在不同情况下的灾害空间分布特征,以期福建省当地政府制定有效的防灾减灾策略提供一定的参考。

1 研究区概况及方法

1.1 研究区概况

福建省,简称“闽”,地处中国东南部、东海之滨,陆域介于北纬 $23^{\circ}33'$ 至 $28^{\circ}20'$ 、东经 $115^{\circ}50'$ 至 $120^{\circ}40'$ 之间,全省陆域面积 $12.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,海域面积 $13.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,地势西北高,东南低(图1),呈“依山傍海”态势,地跨闽江、晋江、九龙江、汀江四大水系,属亚热带海洋性季风气候。因福建省独特的地势地貌与气候环境,导致一年内温和多雨,且由于太平洋的温度差异,该省每年都受到4至5个台风的影响,大部分集中在7月至9月,因此在受到强降

雨降临与台风侵袭的影响下,极易发生崩塌、滑坡、泥石流以及地面塌陷等地质灾害,威胁社会稳定与经济发展。

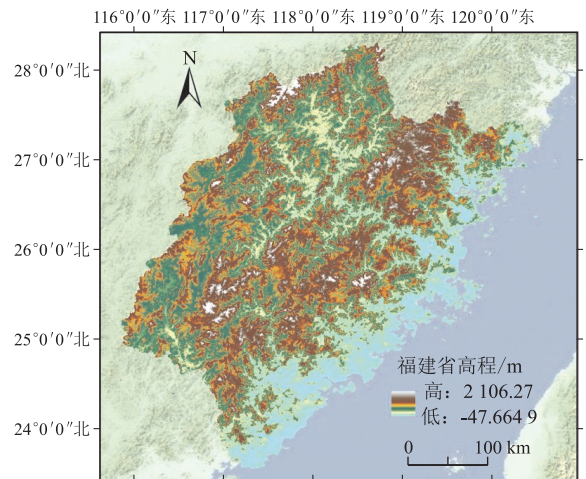


图1 福建省地理高程示意图

1.2 数据来源

本文地质灾害数据、岩石岩性数据、高程 dem 等数据皆源于中国科学院地理科学与资源研究所 <https://www.resdc.cn/DataList1.aspx?FieldTypID=37,26>,水系数据、福建省路网数据来自水经注地图下载器,土地利用类型数据从GEE计算云平台调取运用,分辨率为10 m。

2 地质灾害时空分布特征分析

2.1 地质灾害的行政区划时空分布特征

将地质灾害数据与行政区进行叠加(图2),统计得出各年度福建省各市级行政区内地质灾害数量(表1)。结果表明:福建省地质灾害数量随年际变化呈现逐步减少的趋势,地质灾害主要分布于南平市、龙岩市、宁德市。2010年南平市所发生地质灾

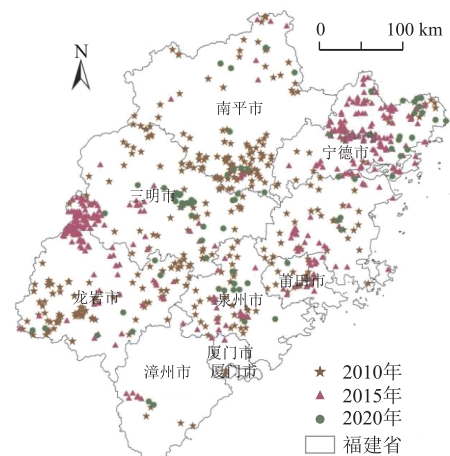


图2 福建省地质灾害分布图

害数量最多,占该年地质灾害数量 46%;2015 年宁德市所发生地质灾害数量最多,占该年地质灾害数量 31%;2020 年三明市所发生地质灾害数量最多,占该年地质灾害数量 37%;厦门市在研究年度所发生的地质灾害数量均最少,年占比皆约为 0%。

表 1 福建省各行政区地质灾害分布表

行政区划	地质灾害发育年份			合计
	2010 年	2015 年	2020 年	
福州市	34	37	5	76
厦门市	2	6	0	8
莆田市	16	27	1	44
三明市	116	173	46	335
泉州市	39	30	11	80
漳州市	4	9	2	15
南平市	630	12	19	661
龙岩市	481	139	9	629
宁德市	45	196	29	270
合计	1 367	630	124	2 121

2.2 地质灾害的地形地貌时空分布特征

福建省素有“八山一水一分田”之称,地形面貌以山地丘陵为主,为分析福建省地形地貌上地质灾害的分布特征,在空间数据库中提取福建省 DEM 高程图,并根据福建省地貌形态分类^[14],将福建省 DEM 数据分成 6 类,分别为平地(<5 m)、台地(5~50 m)、低丘(<100 m)、高丘(100~200 m)、低山(200~1 000 m)、中山(>1 000 m),同时在 DEM 数据的基础上衍生出坡向、坡度图,并与地质灾害点图层进行空间叠置分析,如图 3。在此基础上统计出不同地形高程、不同坡度、坡向上的地质灾害密度如表 2。

福建省的地势总体上呈西北高、东南低。由图 3 可见,观察期内的地质灾害在高程区间上皆呈现不均匀分布状态,对比不同高度上的地质灾害密度,

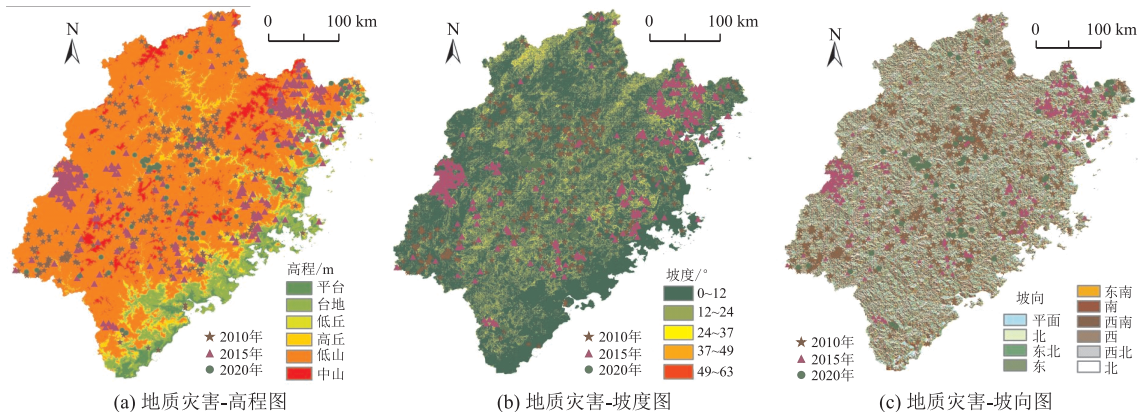


图 3 福建省地质灾害-地形地貌叠加图

表 2 福建省高程分类地质灾害密度表(处/100 km²)

分类名称	2010 年	2015 年	2020 年
高程/m			
平地	0	0.03	0.08
台地	0.35	0.49	0.15
低丘	0.99	0.48	0.1
高丘	3.04	0.44	0.19
低山	1.1	0.56	0.09
中山	0	0.1	0
坡度/°			
0~12	1.6	0.85	0.15
12~24	1.71	0.54	0.13
24~37	0.49	0.33	0.08
37~49	0.34	0.23	0.01
49~63	0.07	0.12	0.02
坡向			
平面(-1)	0.63	0.19	0.06
北(0~22.5)、(337.5~360)	1.47	0.72	0.14
东北(22.5~67.5)	1.57	1	0.16
东(67.5~112.5)	1.93	0.72	0.14
东南(112.5~157.5)	1.37	0.69	0.1
南(157.5~202.5)	1.88	0.7	0.12
西南(202.5~247.5)	0.44	0.29	0.03
西(247.5~292.5)	0.76	0.32	0.11
西北(292.5~337.5)	0.58	0.22	0.08

2010 年及 2020 年福建省地质灾害密度的峰值在高丘,2015 年福建省地质灾害密度的峰值却在低山;平地、中山区均为观察期地质灾害发生率及地质灾害密度的谷值。可见,地质灾害在高丘-低山区间最为发育,在平地、中山区间发育率最低,且随着高程的增长,2010~2020 年地质灾害密度呈现逐步上升-到达顶峰-急剧下跌的趋势。

观察期内,在坡面 0°~12°与 12°~24°区间里的地质灾害密度比其他区间更为显著,且随着坡度的升高地质灾害密度迅速降低,或许因为一定程度上的坡度越高,越不易堆积岩石等地质物质,且人类活动较为集中在坡度较低的地方,所以地质灾害在坡度过高的地方发生几率小。

2010 年在东方向区地质灾害密度最高,占当年灾害发生数量 20%,而在西南方向区密度最低;2015 年及 2020 年皆在东北方向区地质灾害密度最高,占当年灾害发生数量 18%~20%。由此可见,

观察期内地质灾害在坡向上分布呈现不规则扩散状态,但在东及东北方向的地质灾害密度更大。

总体上,在 2010 年、2015 年、2020 年福建省地质灾害易分布于高丘、低山、坡度较低、坡向偏东北的区域。

2.3 地质灾害的土地利用类型时空分布特征

福建省地质灾害的频繁发生,与其生态系统及土地利用过程分不开,将研究区土地利用类型数据与地质灾害密度进行空间叠置,分析地质灾害在土地利用分类下的情况如图 4、表 3。

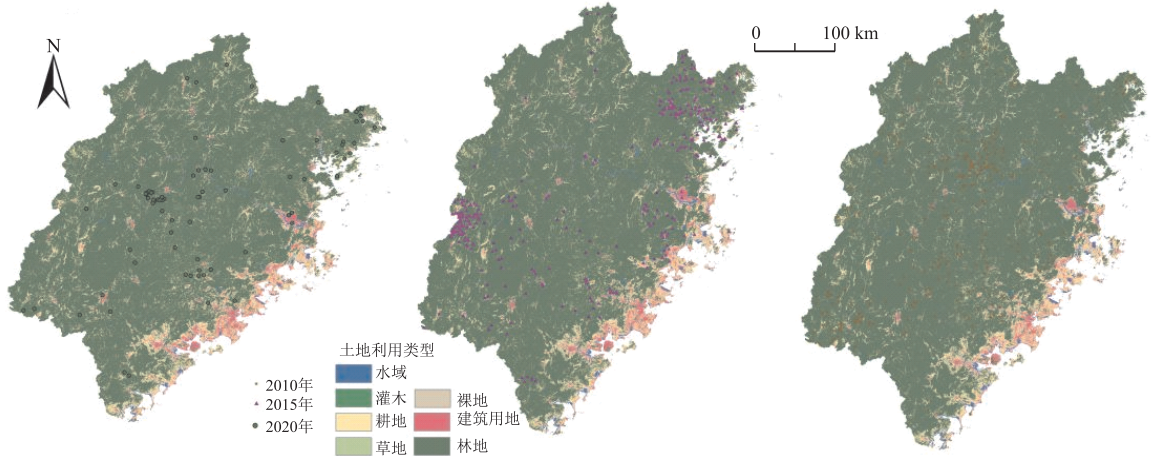


图 4 地质灾害-土地利用类型叠加图

表 3 福建省各土地利用类型地质灾害密度表(处/100 km²)

类型	2010 年	2015 年	2020 年
建筑用地	4.27	1.40	0.26
林地	0.60	0.29	0.03
水域	≈0	≈0	≈0
灌木	2.25	8.48	4.36
耕地	≈0	≈0	≈0
草地	≈0	≈0	≈0
裸地	4.73	3.00	1.03

由图表可知,不同年份的地质灾害在不同土地利用类型下分布存在一定异质性。2010 年福建省地质灾害密度呈现两大高峰,第一高峰出现在裸地,该年暴雨的突降会导致裸地水位的涨幅,改变了边坡中地下水渗流条件,所以会对地质灾害的发生提供一定的条件;第二高峰出现在建筑用地,不仅因为建筑用地中人类活动最为频繁,且该年暴雨多降,对原始地形的改造和破坏极为严重,所以为滑坡和崩塌灾害发生的重灾区。2015 年及 2020 年地质灾害密度也皆显著分布于灌木,即便灌木林地占地分布广,但在土壤处于饱和临界状态时,植被对保持水土和防风固沙有一定的反作用,再加上人类对于灌木砍伐松动土壤,导致灌木林极易引发灾害。

综合来看,砍伐之下的灌木林及建筑用地和裸地因为人类生产活动的强烈,所以引发的滑坡或崩塌等地质灾害较多,建议可以采取适当的工程加固来减少滑崩体的发生,但是人类活动的频繁性要大幅降低。

2.4 地质灾害的岩石岩性时空分布特征

地面表层的岩石在太阳能、空气等的作用和影响下,在自身性质的条件下,会发生物理变化和化学变化,而变化所产生的作用是地质灾害的形成基础。将岩石岩性与福建省地质灾害密度进行空间叠加,分析福建省地质灾害在岩石岩性上的分布状况如图 5、表 4。

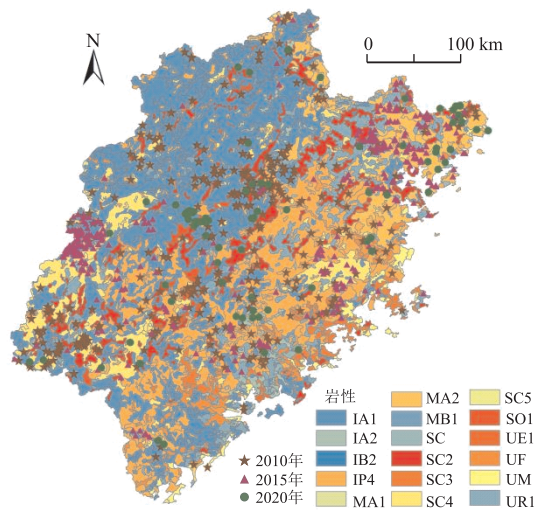


图 5 地质灾害-岩性分布图

由表 4 可见,2010 年福建省地质灾害密度第一波峰出现在石灰岩和其他碳酸盐岩上,据资料显示,该年福建省内发生了一起巨大的岩溶地面塌陷事故,而岩溶地面塌陷又多发生于碳酸盐岩等可溶性

表 4 福建省岩性地质灾害密度表(处/100 km²)

岩石岩性	2010 年	2015 年	2020 年
酸性火成岩(IA1)	1.2	0.37	0.09
片麻岩、混合岩(MA2)	0.54	1.2	0.23
砂岩、杂砂岩、长石砂岩(SC2)	0.79	0.5	0.13
I型花岗岩(IP4)	1.1	0.32	0.09
玄武岩(IB2)	0.55	1.11	0
页岩(SC4)	1.96	1.17	0.07
河流相(UF)	1.9	0.22	0.06
石灰岩和其他碳酸盐岩(SO1)	3.79	0	0
城市地区(UR1)	0.73	0.65	0.05
花岗闪长岩(IA2)	0.23	0.51	0.28
海相(UM)	0.06	0	0.11
板岩(MB1)	0.22	2	0
造山期花岗岩(SC5)	3.17	0	0
石英岩(MA1)	0.73	0.24	0
风成相(UE1)	0	1	0.33
粉砂岩、泥岩、粘土岩(SC3)	0.2	0.27	0
碎屑沉积岩(SC)	0	0.4	0.8

岩石分布区,所以其所含灾害密度最高;2015年福建省地质灾害密度显著分布于片麻岩、混合岩上,该年福建省总共出现过27场暴雨,且中间强降雨频发,而福建省内的混合岩、片麻岩等,经过多次地质构造运动的作用,破碎严重,容易产生滑坡灾害;2020年地质灾害密度明显分布于碎屑沉积岩上,该年福建省主要地质灾害还是以崩塌为主,且由于岩石内部风化解体严重,破碎之后迅速转化为碎屑流,而后以极大的动能不断携卷周边散物质,在重力、惯性的作用下不断实现高速运动,于是在其之上灾害密度最大。

2.5 地质灾害的路网、水系时空分布特征

福建省内水系密布,河流众多,河网密度大,影响可见一斑,而福建省共有铁路6条,省道678条,国道514条,高速13条,城市快捷路19条,县道1246条。在观察期内对水系及路网内道路各自建立50 m、100 m、200 m缓冲区,与地质灾害进行空间叠加,根据叠加结果统计发现,2010年、2015年、2020年3个年度路网和水系200 m缓冲区范围圈内地质灾害数量分别占总当年总地质灾害的45%、22%和31%,表明地质灾害在路网和水系沿线周边密集分布。将3a不同缓冲区范围内的地质灾害密度数据汇总制作统计图如图6。

由图6可知,道路间存在鲜明差异,如省道及县道等因为其每日通勤车流量大且路间两旁防护措施不够,地质灾害高密度区分布于其沿线周边50 m范围圈,而高速、国道及水系因较好的防护措施,地质灾害高密度区则主要分布于其沿线周边100~200 m的缓冲范围圈。总体上,地质灾害在人类活

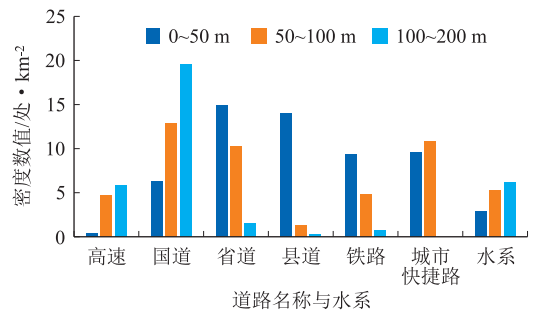


图 6 研究期不同距离下的福建省整体地质灾害密度

动较为频繁的道路和水系沿线周边呈带状分布。

3 结语

本文基于福建省2010年、2015年和2020年地质灾害密度数据,运用GIS技术使其与地形地貌、地层岩性、土地利用类型、水系、路网数据相叠加,定量分析福建省地质灾害在不同情况下的空间分布特征,结论如下:

(1) 福建省地质灾害密度随年际变化增长呈现逐步下降的趋势,且多分布于南平市、龙岩市、宁德市。

(2) 福建省地势呈现西北高、东南低的分布格局,地形高差较大,相较于西北方向而言,东南方向坡度低,地势较低,极易形成斜坡,为崩塌、泥石流等地质灾害的发生提供了地形条件;2010年福建省地质灾害密度最大波峰出现在石灰岩和其他碳酸盐岩上;2015年福建省地质灾害密度显著分布于片麻岩、混合岩上;2020年地质灾害密度明显分布于碎屑沉积岩上。

(3) 观察期内地质灾害密度多分布于灌木林、裸地/建筑用地,以及道路和河流沿线一定范围内。

参考文献

- [1] 林金煌,张岸,邓超,等. 闽三角城市群地质灾害敏感性评价[J]. 地球信息科学学报,2018,20(9):1286-1297.
- [2] 贺俊,李金钱,高沛,等. 基于加权信息量法的杨陵区地质灾害易发性评价[J]. 地质灾害与环境保护,2022,33(03):35-41.
- [3] HONG H Y, POURGHASEMI H R, POURTAGHI ZS. Landslide susceptibility assessment in Lian hua County (China): a comparison between a random forest data mining technique and bivariate and multivariate statistical models[J]. Geomorphology,2016,259:105-118.
- [4] Mao Y, Zhang M, Sun P, et al.. Landslide susceptibility assessment using uncertain decision tree model in loess areas [J]. Environmental Earth Sciences,2017,76(22):752-766.

- [5] 陈寿稀,廖德武,兰中孝,等. 兴仁市地质灾害发育特征及成因分析[J]. 地质灾害与环境保护,2022,33(3):56-63.
- [6] 孟晖,张岳桥,杨农. 青藏高原东缘中段地质灾害空间分布特征分析[J]. 中国地质,2004,(2):218-224.
- [7] 王猛,王军,江煜,等. 汶川地震地质灾害遥感调查与空间特征分析[J]. 地球信息科学学报,2010,12(4):480-486.
- [8] 王盈,金家梁,袁仁茂. 藏东南地区地质灾害空间分布及影响因素分析[J]. 地震研究,2019,42(3):428-437+456.
- [9] 卢佳燕,李为乐,刘刚,等. 米林震后地质灾害空间分布特征及易发性分析[J]. 自然灾害学报,2019,28(2):183-190.
- [10] 李升甫,贾洋,杨天宇,等. 基于空间分布特征的川九公路沿线地质灾害诱发条件分析[J]. 地理与地理信息科学,2020,36(3):104-109.
- [11] 李仁伟,王念秦. 延安市地质灾害与影响因素耦合分析[J]. 科学技术与工程,2019,19(17):100-106.
- [12] 周静静,赵法锁,李辉,等. 陕西省地质灾害与影响因素相关性研究[J]. 灾害学,2019,34(2):228-234.
- [13] 郭子正,殷坤龙,付圣,等. 基于GIS与WOE-BP模型的滑坡易发性评价[J]. 地球科学,2019,44(12):4299-4312.
- [14] 周超,常鸣,徐璐,等. 贵州省典型城镇矿山地质灾害风险评价[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2020,45(11):1782-1791. DOI:10.13203.
- [15] 周定义,左小清,喜文飞,等. 联合SBAS-In SAR和PSO-BP算法的高山峡谷区地质灾害危险性评价[J]. 农业工程学报,2021,37(23):108-116.
- [16] 陈加兵,李慧,陈文惠,等. 基于DEM与DLG的福建省地貌形态自动分类[J]. 地球信息科学学报,2013,15(1):75-80.

作者简介: 覃宇恬(1999—),女,广西柳州人,地理信息系统专业研究生。E-mail:1739833050@qq.com

通讯作者: 刘彦花(1972—),女,湖南衡阳人,教授,硕士生导师,博士,主要从事地理信息技术方面的研究。E-mail:369737045@qq.com