引文格式：武杨. 地质灾害风险评价视角的国土空间规划优化方法探讨[J]. 地理空间信息, 2024, 22(12): 7-10. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.12.002

地质灾害风险评价视角的国土空间规划优化方法探讨

武　杨[1]
（1. 江西省地质调查勘查院地质环境监测所，江西 南昌 330001）

摘　要：在山区城镇开展国土空间规划规化时，地形条件、河网分布状况、地质灾害隐患分布情况等客观因素均影响着规划分区的确定，为了充分利用好每一寸土地，就需要每项因素均达到相应的限定条件。研究采用层次分析法，建立基于地质灾害风险评价优化国土空间规划的体系，通过GIS处理和计算得出研究区各地块的开发适宜性综合指数，通过指数分级将整个研究区分别划定为开发建设适宜区、较适宜区和不适宜区。评价结果显示，根据设定的优化体系，整个研究区中开发建设适宜区地块面积3.7 km^2，占整个研究区面积的30.55%；较适宜区4.9 km^2，占整个研究区的40.46%；不适宜区面积3.51 km^2，占整个研究区面积的28.99%。研究成果对山区城镇国土空间规划基于地质灾害风险评价成果进行优化具有一定的参考价值。

关键词：地质灾害；风险评价；国土空间规划；优化方法；开发适宜性
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）12-0007-04

Territorial Spatial Planning Optimization Method from the Perspective of Geological Hazard Risk Assessment

WU Yang[1]
(1. Geological Environment Monitoring Institute of Jiangxi Geological Survey and Exploration Institute, Nanchang 330001, China)

Abstract: When carrying out territorial spatial planning in mountainous towns, objective factors such as terrain conditions, distribution of river network and geological hazards all affect the determination of planning zoning. In order to make full use of every inch of land, it is necessary for each factor to meet the corresponding restrictive conditions. In this study, we adopted the analytic hierarchy process to establish a system for optimizing territorial spatial planning based on geological disaster risk assessment. Through GIS processing and calculation, we obtained the comprehensive development suitability index of each block in the study area, and divided the whole study area into suitable area, more suitable area and unsuitable area by index classification. The evaluation results show that according to the optimization system, the land area of suitable area for development and construction is 3.7 km^2, accounting for 30.55% of the whole study area, the more suitable area is 4.9 km^2, accounting for 40.46% of the whole study area, and the unsuitable area is 3.51 km^2, accounting for 28.99% of the whole study area. The research results have certain reference value for optimizing the territorial spatial planning of mountainous towns based on the geological disaster risk assessment results.

Keywords: geological disaster, risk assessment, territorial spatial planning, optimization method, development suitability

地质灾害评价与防治是国土空间规划中重要的内容之一[1]，地质灾害风险评价是地质灾害风险管理的重要组成部分，是城乡建设规划、土地利用规划和地质灾害防治规划的编制依据[2]。地质灾害风险评价是对某一特定区域，在某种特定条件下发生地质灾害时造成的人员、经济等损失的可能性预测[3]。土地利用规划是区域建设与发展的龙头，是实现我国现代化进程中具长远性与战略性的工作。地质环境条件则是区域生存与发展的重要基础。

国外一些学者对地质科学在土地利用规划中所发挥的作用进行了多方面的研究。如基于GIS技术，结合地形地貌、地下水条件、地层岩性以及历史地质灾害状况等，系统地评价了地质因素对城市土地利用规划的影响[4]。我国对于地质科学在土地利用规划中的应用研究起步较晚[5]，但是随着生态环境保护形势日益严峻、地质灾害频发，对土地利用的方式和规划编制提出了新的挑战，众多学者也对此做了大量的工作，并且取得了丰硕的研究成果。冯卫[6]等以山西省乡宁县城区扇子坪-崔家坡段为例，将“木桶效应”理论与地质灾害风险“点面双控”体系相结合，提出了一种基于地质灾害风险评价的国土空间规划优化方法。

国内外学者充分认识到地质灾害风险对土地规划的影响，但并没有系统地将地质灾害风险评价成果转换成影响土地规划的因子，实际参与到国土空间规划

收稿日期：2023-09-12。
项目来源：江西省地质局2023年度地质灾害防治公益性项目（赣地质字[2022]119号）。
作者简介：武杨（1989—），本科，工程师，研究方向为地质勘查、地质灾害防治，E-mail：312680091@qq.com 。

中去。本次研究将以地质灾害风险评价成果作为基础，叠加自然地理格局、河流湖泊、交通、人口密度等因素，综合研究探讨国土空间规划在开发建设适宜性方面的优化方法。

1 优化方法

1.1 优化体系的建立

在山区城镇开展国土空间规划规划时，地形条件、河网分布状况、地质灾害隐患分布情况等客观因素均影响着规划分区的确定[7-8]，为了充分利用好每一寸土地，筛选出影响国土空间规划的利弊因素，采用定量与定性相结合的方法，评价地块的开发建设适宜性，对高效合理地开展国土空间规划在开发建设适宜性方面的优化具有重要的指导作用。

层次分析法（analytic hi erarchy process，AHP）是一种定性和定量相结合的、系统的、层次化的分析方法。层次分析法的步骤可以分为：①建立层次结构模型；②构造判断(成对比较) 矩阵；③层次单排序及其一致性检验；④层次总排序及其一致性检验。通过以上步骤得到评价因子相应权重[9]。

1.2 评价因子的选取及量化

国土空间规划涉及生态布局、经济发展布局、交通体系布局及历史文化保护等多方面，本次研究基于地质灾害风险评价视角从土地开发建设适宜性方面探讨优化国土空间规划的方法，初步将地质灾害风险分区等级、地形坡度、距河流距离、交通情况、人口密度和矿山开采共六项评价因子纳入优化体系。通过数据模拟、测试和验证分别给予各项因子合理赋值和权重，通过GIS技术得出各地块的开发适宜性综合指数，通过指数分级将整个研究区按开发建设适宜性划定为适宜区、较适宜区和不适宜区。

1）地质灾害风险等级：依据1∶10 000地质灾害风险调查成果而得，按照自然资源部最新分级标准将研究区划分为极高风险区、高风险区、中风险区及低风险区4个等级[10]，极高风险和高风险区划为开发建设不适宜区、中风险区划为较适宜区、低风险区划为适宜区。

2）地形坡度：坡度大于35°的区域开发建设非常困难，坡度在10°~35°之间的区域通过挖填方等处理方式有进一步开发建设的可能[11]，其余区域可以划定为适宜开发区，分别对3个区间坡度赋值。

3）河流距：对于山区城镇等大比例尺国土空间规划来说，将干流缓冲区＜50 m或支流缓冲区＜20 m的潜在淹没区划定为开发建设不适宜区，将干流缓冲区介于50~300 m或支流缓冲区介于20~100 m的区域划定为适宜区，其余区域划定为较适宜区[12]。

4）交通：交通便利的区域更利于开发，将区域内主要道路，包括省道和国道两侧500 m划定为适宜开发区，距主要道路500~1 500 m化为较适宜开发区，其余区域化为不适宜开发区[13]。

5）人口密度：人口集中的区域相对更容易集中就业和发展[14]，根据第七次全国人口普查数据结合农房一体化数据，圈定研究区内人口密集区域，将人口密集区域周边500 m划定为适宜开发区，500~1 500 m为较适宜区，其余区域划定为不适宜区。

6）矿山开采：根据研究区实际调查情况，区内矿山以露天开采为主，将露天开采矿山的矿界周边100 m区域（矿山开采影响较大的区域）划为不适宜开发区，100~300 m区域划为较适宜区，其他区域划为适宜区。各评价因子权重及赋值见表1。

表1 优化体系各评价因子量化分值表

序号	评价因子	权重	分级条件	赋值
1	地质灾害风险等级	0.2	极高、高风险区	1
			中风险区	3
			低风险区	5
2	地形坡度	0.4	＞35/(°)	1
			10~35/(°)	3
			＜10/(°)	5
3	河流距	0.1	干流缓冲区＜50 m 支流缓冲区＜20 m	1
			干流缓冲区介于50~300 m 支流缓冲区介于20~100 m	5
			其余区域	3
4	交通便利情况	0.1	主要道路500 m以内	5
			主要道路两侧500~1 500 m范围	3
			其余区域	1
5	人口密度	0.1	距密集区＜200 m	5
			距密集区距离200~500 m	3
			其余区域	1
6	矿山开采	0.1	距矿界＜100 m	1
			距矿界100~300 m	3
			距矿界＞100 m	5

地块开发建设适宜性综合指数计算公式如下：

$$Y_i = \sum_{j=1}^{n} F_j \times S_j$$

式中，Y_i为第i个地块开发适宜性综合指数；F_j为第i个地块第j类因子权重；S_j为第i个地块第j类因子赋值；n为为项数，取值1~6。

地块根据评价结果，按开发建设适宜性综合指数将开发建设适宜性划分为适宜（4.2＜Y_i ≤5）、较适宜（3.4＜Y_i ≤4.2）和不适宜（1＜Y_i ≤3.4）3个等级，

分级标准经过笔者现场调查检验，分级结果符合自然规律，分级标准基本可靠。

2　评估过程及结果

2.1　研究区概况

本次研究以位于赣西山区的宜春市袁州区慈化镇西山村为研究区（图1），西山村位于宜春市袁州区西北角直线距离52 km，研究区面积12.11 km^2，地貌以丘陵和山间平原为主，海拔标高160~395 m，区内地势北西和南东高中间低[10]，见图1。境内主要河流为锦江，属于赣江水系，中部平原大致将研究区分成东西两部分，属中亚热带季风气候区，年平均气温17.8 ℃，年平均降水量为1 552.7 mm，最大降雨量2 204 mm，最小降雨量1 135.6 mm，降雨多集中在4–7月份。省级公路宜慈公路南北贯穿研究区，交通便利，研究区是慈化镇规划锦源新区的重要发展区域。

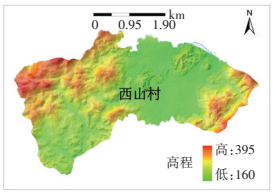


图1　研究区地势图

研究区位于东南造山带与钦杭结合带中段，区内地质条件较复杂，古生代变质岩、石炭纪–三叠世沉积碎屑岩和岩溶地层以及第四系均有出露。区内断裂构造极为发育，主要表现为北东东向、北东向推滑覆断裂及其与之伴生的次级逆断层。未见活动性断裂，新构造运动普遍以上升为主，具有明显的间歇性、差异性和继承性。区域地震烈度Ⅵ度，地震加速度0.05 g，地震动反应谱特征周期0.35 s[3]。

根据江西省地质环境信息平台导出数据显示，研究区内发育地质灾害隐患点15处，共威胁36户246人，威胁财产856.92万元，地质灾害类型以崩塌、滑坡和岩溶地面塌陷为主，规模以小型为主[10]。

2.2　评价过程

本次研究过程中地质灾害风险评价以斜坡作为评价单元。通过ArcGIS平台对DEM栅格数据进行地表水文分析，上方及两侧以分水岭和沟谷为界，斜坡单元前缘范围包含可能影响到的所有承灾体，对进行斜坡单元预划分[15]，再通过人机交互，对不合理的斜坡单元进行修正、调整。按以上方法将研究区划分为147个斜坡单元，见图2。

针对划分的斜坡单元，分别开展地质灾害易发性评价、危险性评价和承灾体易损性评价，完成基于斜坡单元的地质灾害风险评价。评价结果表明，在划分的147个斜坡单元中，高风险区有8个，中风险区有25个，低风险区有114个。将研究区地质灾害风险分区按表1中分级条件分别赋值，结果见图3。

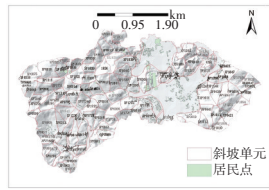


图2　研究区斜坡单元

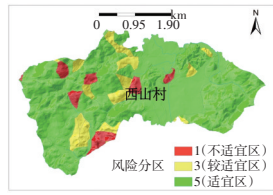


图3　地质灾害风险分区赋值栅格

利用1∶10 000高程数字模型DEM数据，通过ArcGIS处理得出相应地块的坡度值，利用栅格重分类对地块进行坡度因子赋值，结果见图4。

利用慈化镇1∶10 000风险调查时收集的河流数据，研究区内水系属赣江支流，利用ArcGIS中的环形缓冲带工具，分别对相应地块的河流距因子赋值，结果见图5。

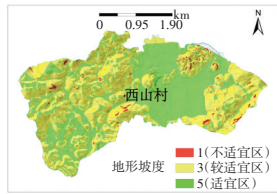


图4　地形坡度赋值栅格

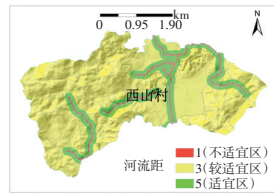


图5　河流距赋值栅格

利用慈化镇1∶10 000风险调查时遥感解译的道路数据，按距主要道路距离，分别对相应地块的交通因子赋值，结果见图6。

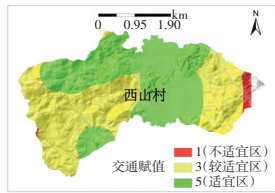


图6　交通赋值栅格

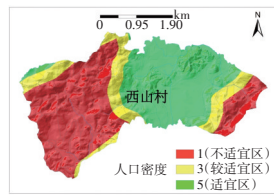


图7　人口密度赋值栅格

利用收集的西山村农房一体化数据，圈定研究区内人口密集区，按距人口密集区距离，分别对相应地块的人口密度因子赋值，结果见图7。

利用收集的慈化镇1∶10 000风险调查时收集的研究区内矿山资料，按地块距露天开采矿山采矿证范围的距离，分别对相应地块的矿山开采因子赋值，结果见图8。

2.3　评价结果

利用综合指数计算公式，叠加分析6个评价因子，得出每个地块的综合指数值，结果见图9。

将整个研究区的综合指数栅格按（4.2< Y_i ≤5）、（3.4< Y_i ≤4.2）和（1< Y_i ≤3.4）3个分级标准，分类为适宜区、较适宜区和不适宜区，结果见图10。

评价结果显示，整个研究区中开发建设适宜区地块面积3.7 km^2，占整个研究区面积的30.55%，较适宜

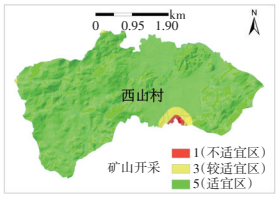


图8 矿山开采赋值栅格

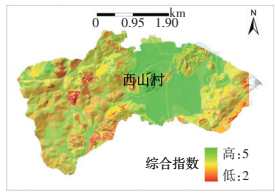


图9 叠加综合指数栅格

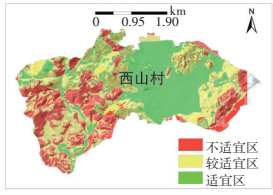


图10 适宜性划分结果

区4.9 km^2，占整个研究区的40.46%，不适宜区面积3.51 km^2，占整个研究区面积的28.99%。

3 讨 论

3.1 数据来源的可靠性

研究过程中采用的DEM数据为收集的5 m分辨率DEM数字高程数据模型，影像数据采用无人机倾斜摄影数据，像素分辨率为0.2 m。坡度数据利用ArcGIS软件中栅格表面对DEM数据处理计算得到；地层、地质数据来源于1∶50 000区域地质图；地质灾害发育特征、分布规律等通过野外调查获得；研究区主要道路、河流和人员信息等通过遥感解译和农房一体化数据确定。综上，该研究项目的数据来源基本可靠。

3.2 综合指数分布特征

按照优化体系的评价模型计算出地块开发建设适宜性综合指数，根据综合指数频数图，如图11，可以看出，综合指数分布呈中间多，两头少，大致呈正态分布，符合事物的客观规律[16]，因此本次研究采用笔者设定的优化体系评价结果基本合理。

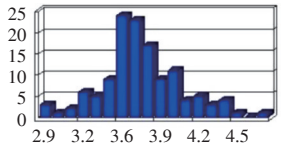


图11 适宜性综合指数频数分布图

4 结 论

1）本次研究将地质灾害风险分区、距河流距离、地形坡度、交通情况、人口密度和矿山开采共6个评价因子纳入国土空间规划优化体系。分别给予各项因子合理赋值和权重，通过GIS处理和栅格计算得出各地块的开发适宜性综合指数，通过合理的分级条件将整个研究区划定为开发建设适宜区、较适宜区和不适宜区。

2）以赣西山区宜春市袁州区慈化镇西山村作为研究区，按建立的优化体系进行适宜性评价，结果显示，开发建设适宜区地块面积3.7 km^2，占研究区面积的30.55%；较适宜区4.9 km^2，占研究区面积的40.46%；不适宜区面积3.51 km^2，占研究区面积的28.99%。

3）通过对数据来源的可靠性分析、地块开发建设适宜性综合指数的频数分析验证，按本次研究建立的优化体系对研究区评价后，划分的开发建设适宜性分区结果基本达到本次优化国土空间规划的目的，评价结果基本准确。研究成果对山区城镇国土空间规划基于地质灾害风险评价成果进行优化具有一定参考价值。

参考文献

[1] 马云飞,邹芳,徐海燕. 基于地质灾害风险评价的衡东县国土空间管制研究[J]. 地理信息世界,2020,27(6):14-20

[2] 卢全中,彭建兵,赵法锁. 地质灾害风险评估(价)研究综述[J]. 灾害学,2003,18(4):59-63

[3] 蒋方品. 宜春市袁州区地质灾害风险评价(1:50 000)[R]. 南昌:江西核工业工程地质勘察院,2021

[4] 袁毅. 地质灾害危险性评价在土地利用规划中的应用:以广西陆川县为例[D]. 武汉:华中农业大学,2015

[5] 刘长礼,林良俊,姜建梅,等. 地质灾害风险评估在城市土地利用规划与管制中的应用[J]. 工程地质学报,2010(10):417-421

[6] 冯卫,唐亚明,贾俊,等. 一种基于地质灾害风险评价的山区城镇国土空间规划优化方法[J]. 西北地质,2023,56(3):232-238

[7] 刘小媛. 基于资源环境承载力评价视角下的县域国土空间规划路径探索[D]. 西安:西北大学,2019

[8] 胡斌,黄润秋. 地质环境因素对成都市土地利用规划的影响[J]. 四川大学学报(工程科学版),2008,40(3):59-64

[9] 邓雪,李家铭,曾浩健,等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识,2012,42(7):93-100

[10] 武杨. 宜春市袁州区慈化镇地质灾害风险评价(1:10 000)[R]. 南昌:江西省地质调查勘查院地质环境监测所,2023

[11] 孙长远,孙仲连. 山地国土资源开发与可持续发展[J]. 地质技术经济管理,2000,22(4):32-38

[12] 李剑秋. 国土空间规划中水刚性约束的体现方式及其量化研究[D]. 重庆:重庆大学,2022

[13] 周茂松,张晓明,孙泽彬. 市级国土空间总体规划综合交通专项编制的若干思考[J]. 交通与运输,2023,39(1):101-104

[14] 欧名豪. 土地利用规划体系研究[J]. 中国土地科学,2003,16(10):41-44

[15] 尚慧,倪万魁,程花. 斜坡单元划分在彭阳县地质灾害危险性区划中的应用[J]. 中国水土保持,2011,31(6):48-50

[16] 李德毅,刘常昱. 论正态云模型的普适性[J]. 中国工程科学,2004,6(8):28-34