基于地质灾害危险性区划的盈江县农村居民点空间布局优化

陈维治，付保红

（云南大学 资源环境与地球科学学院，昆明 650504）

摘　要：为增强农村居民点地质环境安全布局认识，科学推动农村建设用地可持续、健康发展。以云南省盈江县为研究区域，选择坡度、线性构造等评价指标，用 Logistic 回归模型对研究区进行了地质灾害危险性区划，其中为了统一评价单元，通过 ArcGIS 建立鱼网将相关地理信息数据网格化。再根据地质灾害危险性区划结果对现状农村居民点布局进行相关分析和研究。结果表明：盈江县地质灾害区划分区结果中的中高易发区占到全县总面积的 63.57%，包含全县 95.83%的历史地质灾害点；且农村居民点位于地质灾害中、高易发区的面积占居民点总面积比例达到 74.55%，所有乡镇都有位于高易发区的居民点；基于农村居民点现状与区划结果，将各乡镇及其典型村落划分为 3 个级别，并针对性地提出“梯度推进”、“内部整改”、“就地城镇化”3 种优化方向。

关键词：地质灾害；危险性区划；农村居民点布局；优化；盈江县

中图分类号：F301.2　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1005-3409(2017)03-0320-05

Spatial Distribution and Optimization of the Rural Residential Area in Yingjiang County Based on Geological Hazard Zoning

CHEN Weizhi, FU Baohong

(*School of Resources, Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming, Yunnan* 650504, *China*)

Abstract: To strengthen the understanding of the geological environment safety distribution of the rural settlement areas, to promote the sustainable and healthy development of the rural construction land, Yingjiang County in Yunnan Province was selected as the study area, a logistic model was used for zoning the geological hazard risk according to slopes and linear structures. Aiming at unifying evaluation unit, we created fishnet in ArcGIS to transform geographic information data to be grid. According to the zoning results, the distribution of the rural settlements was analyzed and studied. The results showed that the areas highly prone to geological risk in Yingjiang County accounted for 63.57% of the total area, including 95.83% of the county's geological disaster in history; and rural residential areas located in the areas highly prone to geological disaster accounted for 74.55% of the total area of residential land, all towns have somewhere located in high prone areas; according to zoning of geological hazard risk and the rural residential distribution, the towns and the typical villages can be divided into 3 levels, including the 'gradient propulsion', 'internal rectification' and 'situ urbanization'. So then, three optimization paths were proposed in this paper.

Keywords: geological hazards; risk zoning; rural residential distribution; optimization; Yingjiang County

盈江县大部分地区处于河谷地震断裂带上，是云南省滑坡、泥石流等地质灾害最为严重的地区之一，自 20 世纪 50 年代以来，大盈江两岸支流每年都暴发了不同规模的泥石流灾害，2008 年以来更是连续发生多起 5 级以上强震：2014 年 5 月 24 日、5 月 30 日，盈江县连续发生 5.6 级、6.1 级地震。经受多次强烈地震的叠加影响后，全县地质环境进一步恶化，余震和降雨等都极易诱发次生地质灾害，使灾区原本就很脆弱的地质环境遭受进一步破坏，更是给当地带来了巨大的人员财产损失[1]。农村居民点灾前空间布局未充分考虑地质环境

收稿日期：2016-04-21　　**修回日期**：2016-05-26

资助项目：云南大学资源环境与地球科学学院学院制建设专项基金“云南边疆少数民族地区山地城镇建设土地开发利用模式研究”(2013CK003)

第一作者：陈维治(1993—)，男，安徽滁州人，硕士研究生，研究方向为土地利用规划。E-mail：570741042@qq.com

通信作者：付保红(1960—)，女，云南德宏州人，学士，副研究员，主要从事土地利用规划与政策研究。E-mail：245025416@qq.com

安全，是地质灾害对盈江县农村居民点有着巨大威胁的重要原因之一。国内外相关研究主要集中在地质灾害区划方法[2-5]、地质灾害评价模型[6-8]、农村居民点空间布局特征研究[9]、潜力评价和整理模式[10]、空间布局模式[11]等方面，但以地质灾害危险性为切入视角，来分析农村居民点布局的研究还相对较少。

因此，本文以云南省盈江县为例，对其进行地质灾害危险性区划，将研究区划分为 4 个易发分区，并在此基础上结合农村居民点空间现状布局，将居民点归于不同的安全级别，并根据农村居民点环境设定约束条件，进而提出对应的整理优化方向。有助于农村居民点布局优化体系完善，为新农村建设、农村居民点整理项目及乡镇规划等提供科学依据。

1　研究内容与方法

本文在 GIS 空间分析和 SPSS 软件的技术支撑下，选取地质灾害影响因子，利用 Logistic 回归数学模型得出研究区内地质灾害危险性高低，探究研究区的地质灾害空间分布规律，进而通过聚类分析对研究区进行地质灾害危险性区划，并基于分区结果与现状农村居民点用地进行叠置，整理和统计出农村居民点在各级分区中的面积和比例。根据农村居民点在不同分区中面积和比例设定约束条件，将其划分为不同的安全级别，对不同安全等级的农村居民点作出针对性优化研究。

2　地质灾害影响因子数据集的建立

地质灾害都是在一定的动力诱发（破坏）下发生的。诱发动力有的是天然的，有的是人为的，应充分考虑各种地质灾害影响因素，研究各类影响因素在空间上的组合方式及其与区域内地质灾害发生和分布的内在关系，从而进行地质灾害危险性区划研究。

2.1　影响因子的选取

根据相关地质灾害危险性区划的研究成果，结合盈江县地质灾害发生的具体情况，利用德尔菲法（Delphi Method）选取影响研究区域地质灾害发生的 6 个一级因子：植被覆盖率、坡度、线性构造影响区域、地层岩性、水系影响区域、道路影响区域[6-8,12]。结合有关地质灾害专家的建议以及文献资料，充分获取研究区域地质条件、地形条件和人类活动等信息的基础上，将一级因子分为 2～7 类二级因子（表 1）。

2.2　空间数据集的建立

使用 ArcMap 中 Data Management tools＞Feature class＞Create-fishnet 工具将盈江县划分为 500 m×500 m 的网格单元[13]。再将研究区的网格图层、历史地灾点图层和影响因子图层叠加（以图 1 坡度分区叠加图层为例），叠加后的图层中，每一个网格单元都具有唯一等级的各个影响因素的二级因子。如果某个单元格内包含有历史灾害点，则认为该单元格为灾害发生。建立研究区域内地质灾害发生与各种地质灾害影响因子的空间组合关系。

表 1　盈江县地质灾害影响因子

一级因子	二级因子
植被覆盖度	低植被覆盖度
	中植被覆盖度
	高植被覆盖度
线性构造影响区域	Ⅰ级线性构造影响区域
	Ⅱ级线性构造影响区域
	Ⅲ级线性构造影响区域
	Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ级线性构造影响区域
	Ⅰ，Ⅱ级线性构造影响区域
	Ⅱ，Ⅲ线性构造影响区域
	线性构造影响较小区域
地层岩性	软弱岩组
	中等软弱岩组
	中等坚硬岩组
	坚硬岩组
水系影响区域	主流水系影响区域
	支流水系影响区域
	其他区域①
道路	距道路两侧 1000 m 缓冲区
	距道路两侧大于 1000 m 缓冲区
坡度	0°～8°
	8°～15°
	15°～25°
	＞25°

注：①表示其他区域指除去主流水系和支流水系影响区域以外的区域。

3　基于 Logistic 数学模型的地质灾害危险性区划

3.1　Logistic 数学模型

在地质灾害研究过程中，灾害的发生与否只有两种情况，即灾害发生（1）和灾害不发生（0）。如将各种地质灾害影响因素作为自变量，灾害发生与否作为就可视为典型的二分类变量。因为因变量是不连续的，线性回归分析就不可以用来求证该自变量与因变量的内在关系。而 Logistic 回归模型是二分类因变量（因变量 Y 只取两个值）进行回归分析时经常使用的统计分析方法。因此本文采用 Logistic 回归模型探究研究区域灾害发生与否和各种影响因素的关系，进而进行区划研究。Logistic 回归模型表达式为：

$$P(y=1\mid x_{1i},x_{2i},\cdots,x_{ni})=\frac{e^{\varepsilon_i}}{1+e^{\varepsilon_i}} \tag{1}$$

$$\varepsilon_i=\alpha+\sum_{n=1}^{n}\beta_n X_{ni} \tag{2}$$

式中：P 为因变量，取值范围为（0，1］，表示地质灾害发生的概率；x_{1i}，x_{2i}，…，x_{ni} 是自变量，表示各种地质

灾害影响因子；α 为常数，表示在没有任何因素影响下，地质灾害发生与不发生概率比值的对数值；β_n 为逻辑回归系数，也是各种地质灾害影响因素的权重值，表示其中单个因变量发生变化时，地质灾害发生与不发生概率比值的对数的改变值。

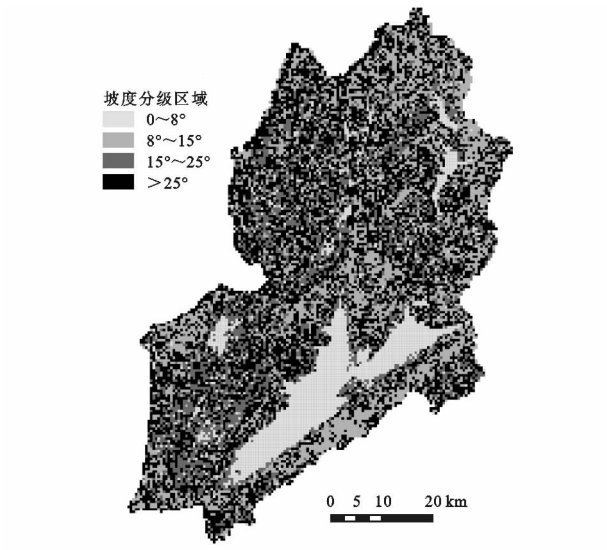

图1 坡度影响区域叠加网格图层

随着 x_i 的增加或减少，$P(y=1|x_{1i},x_{2i},\cdots,x_{ni}|$ 值也单调增加或减少，图形分布为S型，地质灾害的发生概率 P 与影响因素之间是非线性关系，符合地质灾害发生与影响地质灾害发生各因素之间的关系：当各影响因素指标的变化很小时，地质灾害发生的概率也很小，在中间阶段对应的概率增大，但当各种因素指标达到一定程度之后，地质灾害发生的概率几乎保持水平不变[6,13]。

3.2 地质灾害发生可能性分布

假设 β_n 逻辑回归系数确定，就可以根据不同影响因子指标值来计算某一区域地质灾害发生的概率 P，再依据不同 P 值在研究区域的空间分布，来划分出地质灾害危险性等级。利用已有的历史资料得到研究区发生的历史地质灾害点数据，以及不同影响因子的指标值 x_{ni}，就可以求出各指标权重值 β_n，即逻辑回归系数。

判定包含历史灾害点的网格单元为灾害发生，赋值为1，反之为灾害不发生，赋值为0[14]，创建属性列赋予每个网格ID值，使用ArcGIS空间分析功能，叠加各个影响因素单一等级和地质灾害发生状况图层，并转出其属性表，再将导出的属性表数据导入SPSS分析软件，选择Binary logistic分析选项，将属性表中灾害发生与否属性列作为因变量，各地质灾害影响因素作为自变量，勾选选项中概率选项，进行回归分析。数据通过SPSS二元回归模型的各项检验后，将得出研究区域各个网格地质灾害发生概率。将由SPSS软件生成的数据表选择为dbase格式，再由ArcMAP打开数据表，使用“relate”或者“Join”功能，通过网格ID链接dbase表格和属性表，将计算出的地质灾害发生概率作为属性值赋值到各个网格(图2)。

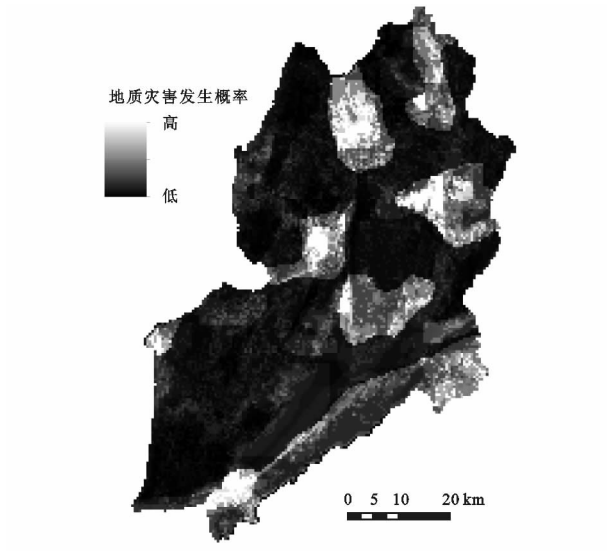

图2 盈江县地质灾害发生概率分布

3.3 研究区域地质灾害危险性区划

由地质灾害发生概率属性列生成的图层仍然以栅格(500 m×500 m)为单元反映地质灾害发生概率，区域的划分不明显，相对较为混乱。结合相关学者地质灾害区划研究经验，对其进行聚类分析，使用ArcMAP的Iso Cluster功能，根据发生地质灾害概率较高区域(概率分布图中颜色较浅区域)的分布和密集程度，将研究区划分为地质灾害基本稳定区、低易发区、中易发区、高易发区[15-16]，概率阈值区间分别对应为0～0.005，0.005～0.025，0.025～0.035，0.035～0.08(图3)。

其中地质灾害中、高易发生区面积为2 741.54 km^2，占全县国土面积的63.57%，包含全县95.83%已发生的地质灾害点(表2)，说明区划分区结果与实际灾害发生状况是比较契合的。

4 地质灾害威胁下的农村居民点现状布局分析

4.1 盈江县农村居民点现状布局

通过对盈江县地质灾害危险性区划图和居民点现状分布图进行叠加分析(图4)可得各乡镇在不同地灾危险等级的土地面积(表3)。

表2 盈江县地质灾害危险性区划信息

危险等级	面积/km^2	所占比例/%	历史地灾点数/个	所占地质灾害比例/%	地质灾害点密度/(个·km^{-2})
基本稳定区	434.75	10.08	1	0.69	0.002
低易发区	1136	26.34	5	3.47	0.004
中易发区	1085.5	25.17	23	15.97	0.021
高易发区	1656.04	38.40	115	79.86	0.069

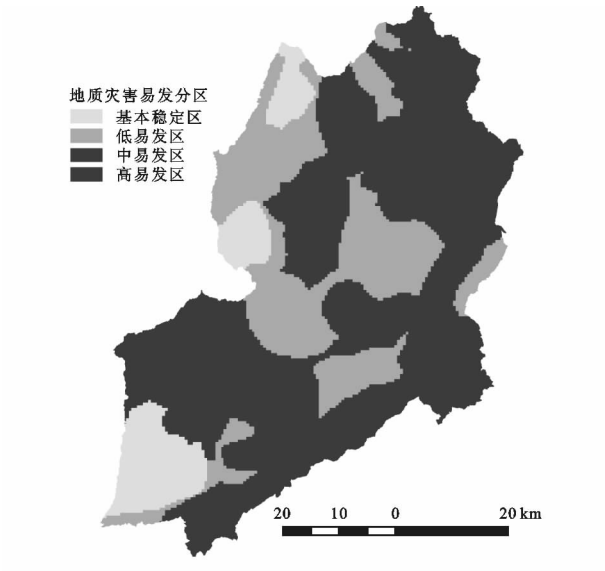

图 3　盈江县地质灾害危险性区划

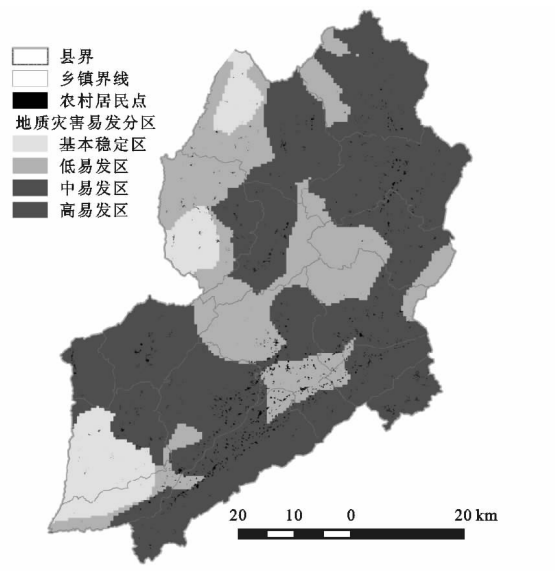

图 4　盈江县农村居民点叠加地质灾害区划

表 3　盈江县各乡镇居民点地质灾害区划信息统计

乡镇名	地灾区划等级	土地面积/hm²	百分率/%	乡镇名	地灾区划等级	土地面积/hm²	百分率/%
平原镇	高易发区	153.91	22.08	新城乡	高易发区	100.62	39.54
	中易发区	77.49	11.12		中易发区	116.18	45.65
	低易发区	465.60	66.80		低易发区	37.69	14.81
	基本稳定区	0.00	0.00		基本稳定区	0.00	0.00
旧城镇	高易发区	24.74	10.87	油松岭乡	高易发区	127.02	85.08
	中易发区	127.80	56.14		中易发区	1.92	1.29
	低易发区	75.12	33.00		低易发区	20.34	13.63
	基本稳定区	0.00	0.00		基本稳定区	0.00	0.00
那邦镇	高易发区	50.84	98.81	芒章乡	高易发区	151.71	85.50
	中易发区	0.61	1.19		中易发区	12.22	6.89
	低易发区	0.00	0.00		低易发区	13.50	7.61
	基本稳定区	0.00	0.00		基本稳定区	0.00	0.00
弄璋镇	高易发区	410.14	46.57	支那乡	高易发区	115.84	89.57
	中易发区	317.85	36.09		中易发区	9.05	6.99
	低易发区	152.63	17.33		低易发区	4.44	3.43
	基本稳定区	0.00	0.00		基本稳定区	0.00	0.00
盏西镇	高易发区	247.15	85.39	苏典乡	高易发区	103.71	60.02
	中易发区	39.58	13.67		中易发区	11.08	6.41
	低易发区	2.72	0.94		低易发区	41.59	24.07
	基本稳定区	0.00	0.00		基本稳定区	16.42	9.50
卡场镇	高易发区	18.72	9.24	勐弄乡	高易发区	139.37	94.64
	中易发区	22.57	11.13		中易发区	6.85	4.65
	低易发区	94.20	46.46		低易发区	1.03	0.70
	基本稳定区	67.24	33.17		基本稳定区	0.00	0.00
昔马镇	高易发区	30.70	21.61	铜壁关乡	高易发区	0.94	0.68
	中易发区	111.36	78.39		中易发区	105.92	76.29
	低易发区	0.00	0.00		低易发区	1.13	0.81
	基本稳定区	0.00	0.00		基本稳定区	30.85	22.22
太平镇	高易发区	31.93	5.84				
	中易发区	468.91	85.68				
	低易发区	44.29	8.09				
	基本稳定区	2.13	0.39				

由表 3 可知,盈江县农村居民点位于地质灾害中、高易发区的面积为 3 136.75 hm²,占居民点总面积的 74.55%,而且所有乡镇都有位于高易发区的居民点。位于高易发区的居民点主要分布在弄璋镇、盏西镇、平原镇和芒章镇,主要是因为这几个乡镇地质构造条件较差,地势比较陡峭,植被覆盖也相对较差;

中易发区居民点用地主要分布在地势比较平坦，植被覆盖较好的区域；低易发区居民点用地主要分布在地质构造条件较好的区域；基本稳定区居民点用地主要分布在各类影响因素条件都较为优势的区域。

4.2 盈江县农村居民点布局分析

本文从地质灾害危险性区划的角度分析居民点布局，将盈江县农村居民点分为3类安全级别，结合《盈江县城市总体规划(2006—2020)》，选取出各个乡镇具有典型性的村庄进行优化方向的选择，并提出合理的优化途径和发展方向(表4)，从而为新农村建设、村镇规划中农村居民点布局优化的具体实施提供科学依据。

表4 盈江县农村居民点布局优化

安全级别	乡镇名称	典型村落	区域特点	分类条件	优化方向
Ⅰ级	那邦、盏西、芒章、支那、勐弄、太平	宝石村、关上村、姐坎村、石分村、双龙村、松坡村、松园村、支那村	多数居民点位于地质灾害高威胁区域，不适宜长期居住，空间扩张受阻，村庄发展受限	(1) $S_1 \geqslant 65\%$；(2) $S_1 + S_2 \geqslant 90\%$；(3) 必须适度占用低易发区、基本稳定区的其他地类，才能实现农村居民点布局优化的目的	通过梯度推进、强化核心的方式促进村庄搬迁、重建，改善其自然区位劣势，并承担一定的生态服务功能
Ⅱ级	卡场、昔马、油松岭、新城、苏典、铜壁关、弄璋	古里卡村、芒面村、芒线村、油松岭村、飞勐村、边府村	仅有部分居民点位于地质灾害高易发区，但位于中易发区的居民点较多，农村居民点分布比较松散，具有一定的整理潜力	(1) $50\% \leqslant S_2 \leqslant 65\%$；(2) $70\% \leqslant S_1 + S_2 \leqslant 90\%$；(3) 充分挖潜处于基本稳定区、低易发区的村镇建设用地，即可满足农村居民点用地要求	通过内部整改的方式，既满足建设用地的需求，又确保了地质环境的安全，通过布局优化获取一定的耕地资源，同时改善区域的生产生活条件
Ⅲ级	平原、旧城	平原分场、新建居委会、新莲村、胜隆村、喊撒村、旧城村	地质安全条件优越，整理实施条件突出，临近城区和交通干道，交通区位条件优越	(1) $S_2 \leqslant 50\%$；(2) $S_1 + S_2 \leqslant 70\%$；(3) 规划年期农村居民点用地需求可以在基本稳定区、低易发区区的居民点现状的基础上得到满足	利用其自身较优越的自然区位优势，通过城镇化带动居住环境的改善，同时缓解城镇化带来的用地压力

注：S_1，S_2 分别指位于高易发区和中易发区的农村居民点面积比重。

5 结论

(1) 以ArcGIS软件和SPSS软件为技术手段，运用Logistic数学模型对盈江县进行地质灾害危险性区划，将盈江县划分为高易发区、中易发区、低易发区和基本稳定区4个危险性分区。

(2) 利用区划结果与农村居民点布局结合，对农村居民点现状布局进行分析，发现盈江县农村居民点灾前空间布局未充分考虑地质环境安全问题，农村居民点过多地分布在地质灾害风险较高的区域。

(3) 根据农村居民点在不同分区的面积和比例，将盈江县农村居民点划分为3类风险等级区。通过对各村镇区域特点和发展方向的对比，设定不同的优化条件。结合区域地质灾害风险等级，对3类不同风险等级的村镇做出针对性的优化方向的选择。

农村居民点布局优化既是新农村建设的重要内容，又是农村建设用地节约集约利用的重要举措[15]。农村居民点布局优化是一项复杂的系统工程，它通过运用工程技术、调整土地产权，在宏观上控制农村居民点规模与布局，在微观上对农村居民点用地规模与布局进行调整，最终达到优化农村建设用地布局，提高农民生产、生活水平和改善农村生态环境的目的[9-10,17-18]。然而，农村居民点空间布局是受到自然和社会经济条件等多种因素的影响和制约，不同区域的农村居民点所受制约因素存在明显差异[11,19-20]。本文仅从单一视角分析农村居民点布局优化的内外机制，尚显不足。因此，如何将多学科、多视角交叉集成的研究成果应用于农村居民点布局优化研究，进而适用于新农村建设、城乡建设用地增减挂钩、农村土地综合整治等农村社会实践将是今后研究的重点。

参考文献：

[1] 迟明杰，李小军，陈波，等. 2014年“5·24”，“5·30”盈江地震中地形及土层条件对房屋震害影响分析[J]. 地震工程与工程振动，2015，35(2)：94-102.

[2] Carrara A. Uncertainty in Evaluating Landslide Hazard and Risk [M]. Holanda: Kluwer Academic Publishers, 1993.

[3] Ohlmacher G C, Davis J C. Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in northeast Kansas, USA [J]. Engineering Geology, 2003, 69(3): 331-343.

[4] 王轶，王慧玲. 地质灾害危险性评价与区划及GIS应用研究[J]. 勘察科学技术，2004(6)：38-40.

[5] Sun H S, Huang J F, Jin Y, et al. Spatial distribution characteristics analysis and optimization of county-level settlements based on GIS[J]. Journal of Zhejiang University, 2007, 33(3): 348-354.

[6] 王卫东，钟晟. 基于GIS的Logistic回归模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 工程勘察，2009，37(11)：5-10.

[7] 侯敏，贾韶辉，郭兆成. 基于RS与GIS的层次分析法在滑坡危险性评估中的应用：以四川宣汉天台乡滑坡为例[J]. 现代地质，2006，20(4)：668-672.

[8] 王晨懿，税伟，苏正安，等. 基于地质灾害区划的向峨乡农村居民点空间布局、用地演化研究[J]. 中国土地科学，2013，27(3)：70-78.

[9] 姜磊，雷国平，张健，等. 农村居民点空间布局及优化分析[J]. 水土保持研究，2013，20(1)：224-229.

(下转第368页)

丛为(12.2 mm),高山柳灌丛为(15.2 mm),这可能与5种灌丛形态特征有很大的关系。

参考文献:

[1] Muzylo A, Llorens P, Valente F, et al. A review of rainfall interception modelling [J]. Journal of Hydrology,2009,370(1):191-206.

[2] 袁一超,王得祥,刘小林,等.小陇山林区日本落叶松人工林林冠截留特征[J].西北林学院学报,2013,28(6):20-24.

[3] 杨志鹏,李小雁,孙永亮,等.毛乌素沙地沙柳灌丛降雨截留与树干茎流特征[J].水科学进展,2008,19(5):693-695.

[4] 王新平,康尔泗,张景光,等.荒漠地区主要固沙灌木的降水截留特征[J].冰川冻土,2004,26(1):89-94.

[5] 霍竹,邵明安.黄土高原水蚀风蚀交错带降水及灌木林冠截留特性研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):88-92.

[6] 李衍青,张铜会,赵学勇,等.科尔沁沙地小叶锦鸡儿灌丛降雨截留特征研究[J].草业学报,2010,19(5):267-272.

[7] Llorens P, Domingo F. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe[J]. Journal of Hydrology, 2007,335(1):37-54.

[8] Levia D F, Frost E E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems[J]. Journal of Hydrology, 2003,274(1):1-29.

[9] 杨志鹏,李小雁,刘连友,等.毛乌素沙地固沙灌木树干茎流特征[J].科学通报,2008,53(8):939-945.

[10] 孟好军,刘贤德,董晓莉,等.祁连山干旱山地饲料灌木林营造技术研究[J].甘肃林业科技,2002,27(1):51-53.

[11] 张平,刘贤德,张学龙,等.祁连山林草复合流域灌木林水文生态功能研究[J].干旱区地理,2013,36(5):922-928.

[12] 车克钧,傅辉恩,贺红元,等.祁连山水源涵养林效益的研究[J].林业科学,1992,28(6):544-548.

[13] 聂雪花.祁连山灌木林水源涵养功能的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2009.

[14] 彭焕华,赵传燕,沈卫华,等.祁连山北坡青海云杉林冠对降雨截留空间模拟:以排露沟流域为例[J].干旱区地理,2010,33(4):600-606.

[15] 刘贤德,张学龙,赵维俊,等.祁连山西水林区亚高山灌丛水文功能的综合评价[J].干旱区地理,2016,39(1):86-94.

[16] 王顺利,王金叶,张学龙,等.祁连山青海云杉林苔藓枯落物分布与水文特性[J].水土保持研究,2006,13(5):156-159.

[17] 李永宁,张宾兰,秦淑英,等.郁闭度及其测定方法研究与应用[J].世界林业研究,2008,21(1):40-46.

[18] 张剑挥.祁连山青海云杉林生态系统水源涵养功能研究[D].兰州:甘肃农业大学,2010.

[19] 常学向,赵爱芬,王金叶,等.祁连山林区大气降水特征与森林对降水的截留作用[J].高原气象,2002,21(3):274-280.

[20] 刘章文,陈仁升,宋耀选,等.祁连山典型灌丛降雨截留特征[J].生态学报,2012,32(4):1337-1346.

[21] 柳逸月.黑河上游典型小流域植被降雨截留特征研究[D].兰州:兰州大学,2013.

[22] 李振新,郑华,欧阳志云,等.岷江冷杉针叶林下穿透雨空间分布特征[J].生态学报,2004,24(5):1015-1021.

[23] 刘春延,李良,赵秀海,等.塞罕坝地区华北落叶松人工林对降雨的截留分配效应[J].西北林学院学报,2011,26(3):1-5.

(上接第324页)

[10] 刘超,杨海娟,郑娜,等.基于微观视角的农村居民点发展评价与布局优化:以陕西省重点示范镇沙河子镇为例[J].地域研究与开发,2014,33(6):147-152.

[11] 张颖,徐辉.基于MCR模型的农村居民点布局适宜性分区及优化模式研究:以南京市六合区金牛湖街道为例[J].长江流域资源与环境,2014,23(11):1485-1492.

[12] 唐川,马国超.基于地貌单元的小区域地质灾害易发性分区方法研究[J].地理科学,2015,35(1):91-97.

[13] 大范,史培军,辜智慧.行政单元数据向网格单元转化的技术方法[J].地理科学,2004,24(1):105-108.

[14] 李雪平,唐辉明.基于GIS的分组数据Logistic模型在斜坡稳定性评价中的应用[J].吉林大学学报:地球科学版,2005,35(3):361-365.

[15] 张海燕,王新民,尹慧,等.地质灾害风险评价阈回归联合聚类分析[J].吉林大学学报:地球科学版,2011,41(2):529-535.

[16] 丁伟翠,薛星桥,杨强,等.基于GIS的甘肃省灵台县地质灾害易发性区划研究[J].水土保持研究,2010,17(3):32-34.

[17] 邹利林,王建英.中国农村居民点布局优化研究综述[J].中国人口·资源与环境,2015,25(4):59-68.

[18] 魏洪斌,廖和平.农村居民点土地集约利用评价研究[J].中国农学通报,2011,27(11):181-186.

[19] 郭月婷,廖和平,徐建刚.三峡库区农村居民点用地适宜性评价[J].农业工程学报,2012,28(5):252-259.

[20] 刘明皓,戴志中,邱道持,等.山区农村居民点分布的影响因素分析与布局优化:以彭水县保家镇为例[J].经济地理,2011,31(3):476-482.