

耿焕同, 吴正雪, 计浩军, 等. 基于GIS的上海市嘉定区暴雨积涝灾害风险区划研究[J]. 灾害学, 2015, 30(1): 96-101. [GengHuantong, WuZhengxue, JiHaojun, et al. Risk Zonation and Assessment of Flood Disaster in Jiading District of Shanghai [J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(1): 96-101.]

基于GIS的上海市嘉定区暴雨积涝灾害风险区划研究*

耿焕同¹, 吴正雪¹, 计浩军², 陈 华¹

(1. 南京信息工程大学 计算机软件学院, 江苏 南京 210044; 2. 上海市嘉定区气象局, 上海 201821)

摘 要: 根据2006-2012年上海嘉定区9个气象站点的小时降水资料, 结合嘉定区的社会经济与自然地理要素, 构建一个集致灾因子、孕灾环境、承灾体及防灾减灾能力为一体的区域暴雨积涝风险评价模型。通过GIS技术实现各指标的栅格化, 并利用指数模型对各因子基于500 m×500 m栅格的基本单元进行计算, 编制嘉定区的暴雨积涝灾害风险区划图, 构成嘉定区五个等级的风险, 分别为高、次高、中等、次低和低。区划结果表明嘉定区的暴雨积涝灾害危险性指数从中心向外围成递减的趋势, 且嘉定镇、新城和工业南区相对风险较高, 华亭、徐行、南航和江桥风险相对较低。经嘉定区历年暴雨积涝灾情资料、典型暴雨积涝案例和专家的验证, 均表明风险区划的结果和实际灾情符合度较高, 对嘉定暴雨积涝的防灾减灾具有重要的现实指导意义。

关键词: 暴雨积涝; 风险区划; 风险评估; GIS; 上海嘉定区

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2015)01-0096-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2015.01.019

随着全球化和城市化的快速发展, 城市极端暴雨洪涝灾害的影响范围和危害程度在不断扩大, 因此暴雨积涝灾害风险评估与区划研究工作正受到气象科技工作者和政府部门的高度重视^[1]。暴雨灾害的风险区划与预估成果, 既可以为地区经济发展规划、农业产业结构调整 and 土地资源合理优化利用提供参考, 也是政府部门制定具体防灾减灾措施的重要依据。自2000年以来, 国内外许多学者在暴雨灾害风险评估方面已做了许多有益的尝试, 并取得了一系列成果。如黄朝迎等通过对暴雨洪水灾害影响公路交通的研究, 建立了公路路基水毁长度与农田受涝、成灾面积的统计模型^[2]; 解以扬等通过对天津市暴雨频次分布特点的分析, 对暴雨引起的灾害风险进行了评估研究^[3]; 李凤琴通过对宁夏暴雨洪涝资料的分析, 探索了50年来宁夏地区的暴雨洪涝灾害的发生规律^[4]; 田心如等通过数学统计法研究分析了江苏省50年来的梅雨资料, 并对梅雨灾害进行了评估分析^[5]; 俞布等通过对杭州市台风暴雨特点的研究和分析, 利用模糊综合评价法对台风暴雨进行了灾害风险的区划和评估工作^[6]; 吴燕娟等通过对上海市普陀区暴雨内涝的模拟, 以修正的SCS模型分析了不同情境下灾害对居民出行的影响^[7]。

由于不同地区有不同的气候环境与地理环境, 因此暴雨积涝灾害的风险区划分析也不尽相同。上海嘉定区位于上海市西北部, 长江口南岸, 中心位置为31°23'N, 120°15'E。嘉定区属于北亚热带季风气候, 年平均气温约16.8℃, 年降水量约为1170 mm, 其中70%集中在4-9月。上海嘉定区地势低洼, 并且暴雨积涝灾害伴随典型性和频发性特征, 因此会经常造成城市积涝, 田地被淹^[8]。

本文综合国内外研究成果, 将百分位计算模型应用于气象资料的统计分析, 对指标因子分为正相关与负相关两个方面, 应用国内领先的超图(SuperMap)技术, 将暴雨积涝灾害风险分析与地理信息系统(GIS)技术相结合, 构造暴雨积涝灾害风险指数来评估嘉定区各乡镇的暴雨积涝灾害风险程度, 并由此绘制嘉定区各乡镇暴雨积涝灾害的风险区划图。

1 资料与方法

1.1 资料及方法

研究选用的资料及数据包括上海嘉定地区2006-2012年各站点每小时降雨量、嘉定区基础

* 收稿日期: 2014-05-19 修回日期: 2014-07-18

基金项目: 江苏省“青蓝工程”基金资助项目(2012)

作者简介: 耿焕同(1973-), 男, 安徽绩溪人, 教授, 博士生导师, 研究方向为计算智能、气象软件。

E-mail: htgeng@nuist.edu.cn

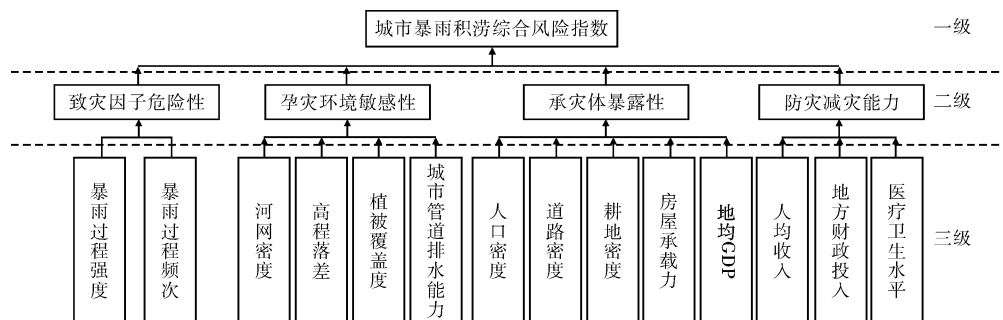


图1 自下而上的暴雨积涝灾害风险评估指标结构图

地理信息数据及社会经济数据。地理信息数据采用嘉定 1:2 000 地形数据和一些嘉定气象局提供的基础地理数据集,社会经济数据来源于嘉定 2012 年统计年鉴^[9],部分数据是嘉定气象局提供的卫星遥感影像提取的。主要的研究方法有 5 种,分别是百分位计算法、自然灾害风险指数法^[10]、层次分析法^[11]、加权综合评分法以及 GIS 技术的应用。

1.2 暴雨积涝灾害风险函数与指标体系建立

暴雨积涝属于一种突发性较强的灾害,发生的原因不仅涉及到天气气候等自然影响因素,还涉及到社会经济等诸多非自然影响因素。国内外学者普遍认为,在区域自然灾害风险中,危险性、敏感性、易损性和防灾减灾能力缺一不可,因此暴雨积涝的风险评估的指标体系可采用自下而上的三级评估指标结构,如图 1 所示。

评估时由下级指标核算上级指标指数,计算可在网格化的评估单元基础上进行,即对评估区域进行网格划分,针对每个评估单元下垫面致灾因子、孕灾因子、承灾因子和防灾减灾因子进行风险指数运算,网格的大小为 500 m×500 m。暴雨积涝风险函数定义为^[12]:

暴雨积涝风险 $FDRI = f(\text{危险性, 暴露性, 脆弱性, 防灾减灾能力})$ 。

(1)

2 暴雨积涝风险区划指标分析

2.1 致灾因子危险性分析

暴雨积涝灾害致灾因子是指导致该灾害形成的诱发因素^[13-14]。通常,暴雨积涝灾害致灾因子危险性特征主要从降雨量角度进行分析。暴雨灾害的致灾因子危险性主要体现在降水的强度 H_s 和频次 H_f 上,一般而言,致灾因子的强度越大,频次越高就越可能出现严重的灾情。这里采用百分位计算模型^[15],通过分析 2006-2012 年各站点的 1 h 降雨量来得到各站点降雨的过程频次和过程强度。公式如下:

$$P_x = L + \frac{i}{f_x} (n \cdot x\% - \sum f_L) \quad (2)$$

式中: L 为第 X 百分位数所在组段的组下限; i 为

组距; f_x 为第 X 百分位数所在组段对应的频数; $\sum f_L$ 为小于 L 的各组段的累计频数; P_x 为 X 百分位数的分级值。

再利用历史降水数据来得到各站点的暴雨过程频次和暴雨过程强度时,其计算的步骤包括三个方面:

步骤 1: 从历史的各站的 1 h 降雨量中,统计出嘉定区各自动气象站点 3 h、6 h、12 h 和 24 h 的过程降雨量。

步骤 2: 根据嘉定区管网排水能力按照 1 h 降雨量 ≥ 20 mm, 3 h 降雨量 ≥ 30 mm, 6 h 降雨量 ≥ 40 mm, 12 h 降雨量 ≥ 50 mm, 24 h 降雨量 ≥ 60 mm 标准对各个气象站点的降水数据进行筛选。

步骤 3: 对各个气象站各个时次雨量的序列进行从小到大排序,按照表 1 中对应的百分位分别确定 4 个不同时段对应的雨量阈值,分为 4 个级别降水强度,一级强度权重赋值 0.1、二级强度权重赋值 0.2、三级强度权重赋值 0.3 和四级强度赋值 0.4。

表 1 各时次对应的百分位

时次/h	百分位/%
1	55 65 75 85
3、6、12	50 60 70 80
24	40 50 60 70

步骤 4: 根据百分位计算公式计算,确定各个时次的降水强度分级,以各站点每个小时雨量的最大值作为各个站点的降水强度,得到嘉定区暴雨积涝各站点的过程强度 H_s ,经下面公式得到站点的过程频次 H_f :

$$H_f = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^4 W_j V_{ij} \quad (3)$$

式中: H_f 为过程降水频次; W_j 为 j 级降水强度的权重; V_{ij} 为 i 时次 j 级降水强度内降水次数。嘉定区详细的各站点暴雨过程强度和暴雨过程频次计算结果如表 2 所示。

2.2 孕灾环境敏感性分析

通过对影响暴雨积涝灾害的条件和机理分析,孕灾环境条件包括产生灾害的自然环境和人文环境。孕灾环境敏感性指标的选取主要考虑与暴雨积涝相关性较大的地理环境要素特征,包括河网

表 2 各站点暴雨过程强度和暴雨过程频次的值

站点名称	暴雨过程 强度 $H_s/(mm/min)$	暴雨过程 频次 $H_f/次$
安亭	49.2	14.1
嘉定	66.6	24.6
马陆大裕村	50.1	11
浏河	57.7	7.1
徐行劳动村	38.9	1.2
真新	68.5	5.2
F1 赛场	76.2	8.9
毛桥	45.6	2.8
朱桥	43.2	8

密度 E_r 、高程落差 E_h 、植被覆盖度 E_p 以及跟城市暴雨积涝息息相关的城市排水管道能力 E_c 。

(1) 河网密度 $E_r(m/m^2)$ 。河网的分布很大程度上决定了评价区域遭受洪水侵袭的难易程度, 距离河道、湖泊水库等越近, 则发生洪涝的风险越高^[16]。尤其对于嘉定区县内蓄水能力不强的江河水库, 短时降雨容易导致河水外泄、泛滥, 因此河网密度在暴雨积涝灾害的敏感性评价中是一个不可忽视的因素。根据嘉定气象局提供的嘉定区河流水系分布并将嘉定分为 2 012 个 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 的网格计算单元, 计算单位网格内河网水系的总长度, 将各单位网格内的河流水系总长度与网格面积做比值运算, 则得到该网格内的河网密度。

(2) 高程落差 $E_h(m)$ 。高程是体现一个地区地形的重要参变量。文中采用高程落差来表示描述一个地区的地形起伏度, 地势高程数据采用嘉定区气象局提供的高程点数据, 用每个点的高程值与周围 8 个点的高程值相减求绝对差值, 累计相加:

$$E_h = \sum_{i=1}^8 |x - x_i| \quad (4)$$

式中: E_h 为高程落差值, x 、 x_i 分别为当前高程值和周边的高程值。点的高程落差值越大代表地形起伏度越大, 越不容易发生暴雨积涝。

(3) 植被覆盖度 E_p (百分比)。高密度的植被覆盖能加强对降水的吸收, 有效地缓解暴雨积涝的破坏作用。对暴雨积涝而言, 植被覆盖度越大, 对降水的滞留作用越强, 则暴雨积涝的危险性越小。文中利用植被覆盖度来反映植被的覆盖情况, 植被的分布是嘉定区遥感影像图经数字化提取的植被分布面, 计算单位网格内植被的面积, 将各单位网格内植被面积与网格面积做比值运算, 就得到网格内的植被覆盖度。

(4) 城市排水管道能力 $E_c(m/m^2)$ 。衡量城市暴雨积涝危险系数的一个重要指标, 一个良好的城市排水管道系统对暴雨积涝的顺畅及时排泄是不可或缺的。城市排水管道的数据由嘉定区规划局提供的雨水管网数据, 计算每个单元格内的管

网总长度, 将各个单位管网总长度与网格面积做比值运算, 得到每个单元的管网密度。密度越高代表管网数据密集, 降水滞留时间短, 暴雨积涝灾害危险性越低。

2.3 承灾体易损性分析

承灾体为各种灾害发生作用的对象, 即人类和其活动所在的社会各种资源的结合。暴雨承灾体易损性主要包含人口密度 V_p 、道路密度 V_r 、耕地密度 V_f 、房屋承载力 V_h 和地均 GDP 指标 V_e 等。一般人口密度大、道路分布密集、耕地分布密集的地区易损性等级会更高。

(1) 人口密度 $V_p(\text{人}/m^2)$ 。嘉定城镇化水平较高, 人口分布比较密集, 可以采用以村镇为单位, 根据嘉定 2012 年气象统计年鉴, 统计各村镇的人口数与村镇的面积做比值, 得到各个村镇的人口密度。

(2) 道路密度 $V_r(m/m^2)$ 。基本的道路线数据集由嘉定区气象局提供。在设计时, 需要利用 GIS 的缓冲区分析技术, 对道路等级划分不同的路基缓冲区范围, 从而将线数据集转换为面数据集, 高速公路、省级公路、乡村道路的缓冲范围分别为 60 m、40 m 及 15 m, 进而计算单位格网内道路缓冲区范围, 作为反映道路密集程度的易损性因子。

(3) 耕地密度 $V_f(m/m^2)$ 。耕地是农业的基本资源和条件, 暴雨积涝对农田的淹没会造成大量的经济损失, 耕地密度越高的地方, 暴雨积涝易损性越高, 耕地分布面积的数据是由嘉定区遥感影像图经数字化提取的耕地面数据, 再经过计算单位网格内的耕地面积与网格面积比值得到耕地密度。

(4) 房屋承载力指数 V_h 。主要指的是房屋对抗暴雨的能力, 嘉定的房屋结构主要分为钢筋混凝土和砖瓦结构的房屋, 从嘉定区遥感影像经数据化提取房屋的不同分布结构, 钢筋混凝土和砖瓦结构分别赋予 0.7 和 0.3 的比值。此指数 V_h 介于 0 到 1 之间的实数, 数值越大表示房屋的承载力越好。

(5) 地均 GDP 指标 $V_e(\text{万元}/m^2)$ 。从嘉定统计年鉴中抽取乡镇的 GDP 数据, 经计算镇 GDP 与镇面积的比值得到承灾体地均 GDP 因子数据。

2.4 防灾减灾能力分析

防灾减灾能力是指受灾地区从灾害中恢复的程度。城市暴雨积涝灾害主要的指标选取了人均收入 R_i 、地方财政投入 R_f 和医疗卫生水平 R_h 。人均收入、地方财政的投入直接关系着灾害中受灾群体的恢复速度, 医疗卫生的水平表示着灾害来临后及时的救治速度。人均收入越高、地方财政投入越多和医疗卫生水平越高在灾害中的防灾减灾能力越强。防灾减灾的指标数据主要来自嘉定 2012 年的统计年鉴。

(1) 地方财政投入 $R_i(\text{万元}/\text{镇})$ 。在计算时,

以村镇为单位,统计各村镇在防灾减灾方面的财政投入经费总额作为地方财政投入的防灾减灾能力因子。

(2) 人均收入 R_f (万元/人)。以村镇为单位,根据村镇收入与村镇人口比值得到人均收入的防灾减灾因子。

(3) 医疗卫生水平指数 R_h 。通过统计乡镇的医疗机构数量以及医疗人员数量来评判乡镇的医疗卫生水平,形成医疗卫生水平防灾减灾能力因子。此指数 R_h 介于 0 到 1 之间的实数,数值越大表示该镇的医疗卫生水平程度越好。

3 暴雨灾害风险评价指标的量化及模型建立

3.1 评价指标的量化

由于所选指标的单位不同,为了便于对比计算,选用下列公式。把各指标量化成可计算的 0 ~ 1 之间的无量纲指标来表示所有因子:

$$y = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (5)$$

指标量化的过程中有因子正相关与负相关两个方面,如致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体的暴露性三个因子的值为正相关,即因子的值越大,暴雨积涝的危险指数就越高;防灾减灾能力因子、孕灾环境中的高程落差和植被覆盖度属于负相关,即因子的值越大,暴雨积涝的危险性指数就越小。负相关因子的无量纲化采用下式:

$$y = 1 - (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (6)$$

式中, y 和 x 为因子转换前跟转换后的值, x_{\min} 和 x_{\max} 分别为因子的最小值和最大值。

3.2 评价模型的建立

根据标准的自然灾害风险数学公式,结合暴雨积涝灾害风险的概念框架,利用加权综合评分法和层次分析法,根据暴雨积涝灾害风险指数模型^[17]结合嘉定具体实际情况,形成嘉定地区暴雨积涝灾害风险区划模型:

$$FDRI = (H^{W \cdot H}) (E^{W \cdot E}) (V^{W \cdot V}) (R^{W \cdot R}), \quad (7)$$

$$H = W_{H_s} \cdot X_{H_s} + X_{H_f} \cdot X_{H_f}, \quad (8)$$

$$E = W_{E_r} \cdot X_{E_r} + W_{E_h} \cdot X_{E_h} + W_{E_p} \cdot X_{E_p} + W_{E_c} \cdot X_{E_c}, \quad (9)$$

$$V = W_{V_p} \cdot X_{V_p} + W_{V_r} \cdot X_{V_r} + W_{V_f} \cdot X_{V_f} + W_{V_h} \cdot X_{V_h} + W_{V_e} \cdot X_{V_e}, \quad (10)$$

$$R = W_{R_i} \cdot X_{R_i} + W_{R_f} \cdot X_{R_f} + W_{R_h} \cdot X_{R_h}. \quad (11)$$

式中: $FDRI$ 为暴雨积涝灾害风险指数,用于表示暴雨积涝灾害风险程度,其值越大,则暴雨积涝程度越大; H, E, V, R 为致灾因子危险性,孕灾环境敏感性,承灾体暴露性和防灾减灾能力因子指数; W_{H_s} 、 W_{H_f} 和 X_{H_s} 、 X_{H_f} 分别为致灾因子中暴雨过程强度和暴雨过程频次的权重和量化后的值; W_{E_r} 、 W_{E_h} 、 W_{E_p} 、 W_{E_c} 和 X_{E_r} 、 X_{E_h} 、 X_{E_p} 、 X_{E_c} 分别为孕灾因子中河网密度、高

程落差、植被覆盖度和城市排水管道能力的权重和量化后的值; W_{V_p} 、 W_{V_r} 、 W_{V_f} 、 W_{V_h} 、 W_{V_e} 和 X_{V_p} 、 X_{V_r} 、 X_{V_f} 、 X_{V_h} 、 X_{V_e} 分别为承灾因子中人口密度、道路密度、耕地密度、房屋承载力和地均 GDP 的权重和量化后的值; W_{R_i} 、 W_{R_f} 、 W_{R_h} 和 X_{R_i} 、 X_{R_f} 、 X_{R_h} 分别为防灾减灾因子中地方财政投入、人均收入和医疗卫生水平的权重和量化后的值。

参照与嘉定邻近的杭州市气象灾害风险区划^[18]中暴雨积涝灾害风险区划权重体系,经嘉定 24 名专家进行打分,通过权重层次分析法(AHP),得到表 3 所示的权重系数。层次分析法和专家打分法适用于较为复杂的、模糊的问题做出决策。

表 3 各级因子权重表

一级因子	权重	二级因子	权重
致灾因子 H	0.316	暴雨过程强度 H_s	0.426
		暴雨过程频次 H_f	0.574
孕灾因子 E	0.243	河网密度 E_r	0.311
		高程落差 E_h	0.237
		植被覆盖度 E_p	0.131
		城市管道排水能力 E_c	0.321
承灾因子 V	0.249	人口密度 V_p	0.213
		道路密度 V_r	0.324
		耕地密度 V_f	0.092
		房屋分布 V_h	0.168
		地均 GDP 指标 V_e	0.203
防灾减灾因子 R	0.192	人均收入 R_i	0.163
		地方财政投入 R_f	0.474
		医疗卫生水平 R_h	0.263

4 上海市嘉定区暴雨积涝灾害风险区划与分析

4.1 危险性因子区划与分析

暴雨积涝的危险性主要指暴雨的气象要素对嘉定区的影响。对嘉定区暴雨积涝灾害形成的天气因素主要是降雨。衡量一个地区降雨危险性主要从暴雨强度和暴雨频次两个方面进行判断。

从图 2 中可以看出,嘉定区暴雨积涝致灾因子危险性指数最大的地区分布在暴雨强度和暴雨频次最大的嘉定镇和工业南区周边。

4.2 敏感性因子区划与分析

暴雨积涝孕灾环境是区域环境演变时空分异对自然灾害分异程度的贡献,根据河网密度、高程落差、植被覆盖度和城市管道排水能力等自然环境与人文环境来衡量。

从图 3 中可以看出整个嘉定区的敏感程度差异不大,但是总体趋势还是周边地区的敏感性较高,因为区中心的城区密集,高程落差不突出,河网主要分布在周边地区。周边地区的植被覆盖度高

于城区造成整个敏感性的区分差别不是特别突出的。

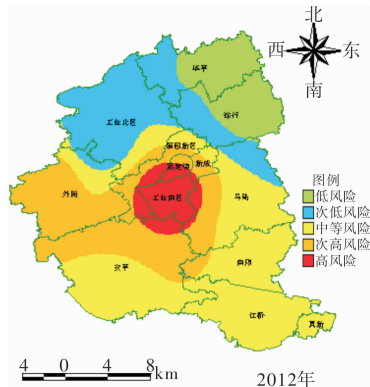


图2 嘉定区致灾因子危险性风险区划图

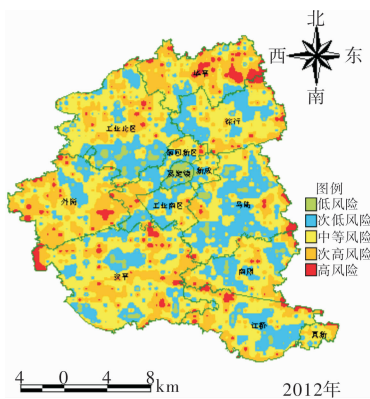


图3 嘉定区孕灾环境敏感性风险区划图

4.3 易损性因子区划与分析

暴雨积涝承灾体易损性是指遭遇暴雨并受其不利影响的人口数量及积极价值所造成的损害程度,人口密度主要评价一个地区的人口数量,道路密度、耕地密度、房屋承载力和地均 GDP 属于积极价值的范畴。

由图4可知,工业区和区中心因为人口较多、地均 GDP 高和道路房屋密集的易损性较高,周边地区相较于区中心和工业区的易损性偏低。

4.4 防灾减灾因子区划与分析

防灾减灾能力描述了对应暴雨积涝灾害发生时所造成的损害而进行的工程和非工程的措施。本文考虑了人均收入、地方财政投入的非工程措施和医疗卫生水平的工程措施。

由图5可知区中心地带嘉定镇、工业区等地处于风险集中地区,区中心和工业区经济繁荣、人口流量大,但是常驻人口不多,其余等地的防灾减灾能力较强。

4.5 暴雨积涝灾害综合风险区划与分析

综合风险综合以上4因子在暴雨积涝灾害中的影响权重,得出了嘉定区暴雨积涝在灾害综合风险区划图。从图6中可以看出,高风险的地区主要

集中在嘉定镇、工业南区和新城等区中心地区。中风险地区主要分布在安亭、外港等嘉定西南部部分。轻微风险地区主要分布在华亭镇、徐行等嘉定北部。

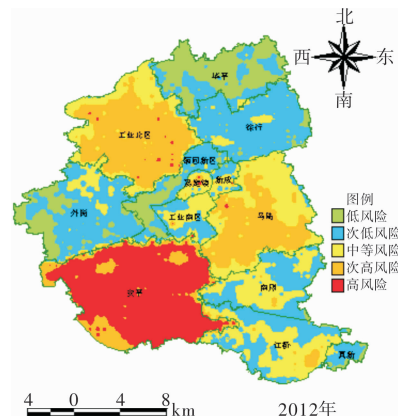


图4 嘉定区承灾体易损性风险区划图



图5 嘉定区防灾减灾能力风险区划图

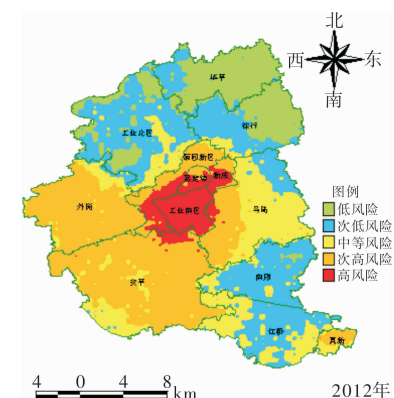


图6 嘉定区暴雨积涝灾害风险区划图

5 结论

利用自然灾害风险理论和方法,研究并设计了一种基于 GIS 的从数据采集、空间属性数据库建立、评价指标体系选择和暴雨积涝风险模型计算的技术路线和方法体系;建立了以栅格为风险评

价单元的暴雨积涝危险评价和区划体系,对上海市嘉定区暴雨积涝灾害精细化风险分析与区划进行了尝试。从嘉定区暴雨积涝灾害风险区划的结果可以看出,暴雨积涝灾害危险性风险较强的地区主要分布在区中心范围,区边缘地带的危险性相对较低。其中暴雨积涝致灾因子危险分布在城区中心嘉定镇的周边,孕灾环境敏感性以周边的城镇敏感性较高,承灾体易损性主要集中在工业北区、马陆及安亭等工业重镇,防灾减灾能力较为薄弱主要集中于城区中心。

暴雨积涝灾害风险区划成果可为气象灾害防御规划提供技术支撑,也可以为利用 GIS 技术开展其他灾害风险区划提供参考和借鉴。与此同时,由于气象灾害风险评估和区划涉及了多学科的理论、方法和手段,因此要不断优化和完善气象灾害风险评估方法,以提高区域气象灾害风险评估和区划的精度,在数据资料搜集,因子权重设定方面要进一步的全面和客观,为防灾减灾事业提供更好的服务。

参考文献:

- [1] 张冬冬,严登华,王义成,等.城市内涝灾害风险评估及综合应对研究进展[J].灾害学,2014,29(1):144-149.
- [2] 黄朝迎,张清.暴雨洪水灾害对公路交通的影响[J].气象,2000,26(9):12-15.
- [3] 解以扬,韩素芹,由立宏,等.天津市暴雨内涝灾害风险分析[J].气象科学,2004,24(3):342-349.
- [4] 李凤琴.宁夏暴雨,洪涝的调查分析[J].宁夏农林科技,2005,(5):54-56.
- [5] 田心如,姜爱军,高苹,等.江苏省典型年梅雨洪涝灾害对比分析[J].自然灾害学报,2008,(5):8-13.
- [6] 俞布,缪启龙,潘文卓,等.杭州市台风暴雨洪涝灾害风险区划与评价[J].气象,2011,37(11):1415-1422.
- [7] 吴燕娟,温家洪,曹羽,等.暴雨内涝对城市社区居民出行影响的初步分析——以上海市普陀区金沙居委地区为例[J].灾害学,2013,28(3):191-197.
- [8] 权瑞松,刘敏,陆敏,等.基于简化内涝模型的上海城区内涝危险性评价[J].人民长江,2010,(2):32-37.
- [9] 曹一丁,赵志坚,蔺乐平,等.嘉定年鉴 2012[M].上海:学林出版社,2012.
- [10] Jiquan Z. Risk assessment of drought disaster in them aizegrowing region of Song liao Plain, China[J]. Agriculture Ecosystem & Environment, 2004, 102(2): 133-153.
- [11] 王以彭,李结松,刘立元.层次分析法在确定评价指标权重系数中的应用[J].第一军医大学学报,1999,19(4):377-379.
- [12] Davidson R A, Lambert K B. Comparing the hurricane disaster risk of US coastal counties[J]. Natural Hazards Review, 2001, 2(3): 132-142.
- [13] 崇福.自然灾害风险评估理论与实践[M].北京:科学出版社,2005.
- [14] 仪垂详,史培军.自然灾害系统模型-理论部分[J].自然灾害学报,1995,4(3):6-8.
- [15] 王效瑞,梁邦云,郭秀云.百分位方法在安徽旱涝诊断中的应用[J].安徽师范大学学报:自然科学版,2006,29(3):281-285.
- [16] 陈华丽,陈刚,丁国平.基于 GIS 的区域洪水灾害风险评估[J].人民长江,2003,34(6):49-51.
- [17] 黄民生,黄呈橙.洪灾风险评估等级模型探讨[J].灾害学,2007,22(1):1-5.
- [18] 王国华,缪启龙,宋健.杭州市气象灾害风险区划[M].北京:气象出版社,2013.

GIS-based Risk Zonation of Flood Disasters in Jiading District of Shanghai

Geng Huantong¹, Wu Zhengxue¹, Ji Haojun² and Chen Hua¹

(1. School of Computer and Software, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Shanghai Jiading Meteorologic Bureau, Shanghai 201821, China)

Abstract: Based on the precipitation data from nine meteorological stations in Jiading District of Shanghai during 2006 to 2012 and combined with the society economic and nature geographic factors, a set of flood disaster assessment model, including hazard factors, hazard inducing environment, hazard-affected body and disaster prevention ability, is built. And a map of flood disaster risk division in Jiading is drawn using 500 m × 500 m raster as basic assessment unit, by means of GIS spatial analysis technique for rasterizing evaluation indices and fuzzy comprehensive assessment methods. Finally, the five risk zones of Jiading, higher risk, sub-high risk, medium risk, inferior risk and lower risk, are mapped. Results show that flood disaster risk is of a decreasing trend from center to periphery. Jiading town, Xincheng town, South industrial district and so on, have relative high risk, while Huating town, Xuhang town, Nanhong town, Jiangqiao town and so on, have slightly lower risk. The rainstorm waterlogging disaster, evaluation of typical rainstorm waterlogging and experts indicate that the risk zoning result basically accord with the actual situation, it has important practical significance for disaster prevention and mitigation in Jiading rainstorm waterlogging.

Key words: flood; risk zonation; risk assessment; GIS; Jiading Distirct of Shanghai