

宁波市洪涝灾害防灾减灾能力初步评估

曹罗丹¹, 李加林^{1*}, 徐琼慧¹, 袁麒麟¹, 王明月¹, 黄大鹏²

(1. 宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211; 2. 国家气候中心, 北京 100081)

摘要: 宁波市地处浙东沿海, 是典型重洪涝灾害地区。以宁波市下辖县(市、区)为基本评价单元, 选定 21 个指标因子建立洪涝灾害防灾减灾评价体系, 并采用层次分析法和模糊综合评价法进行宁波市防灾减灾能力综合评估。结果表明: 宁波市主城区的防灾减灾能力最高; 镇海区防灾减灾能力相对较高; 北仑区、鄞州区和宁海县的防灾减灾能力相对较低; 象山县、奉化市、余姚市和慈溪市的洪涝灾害防灾减灾能力最低。本研究结果可为宁波市洪涝灾害防灾减灾提供科学决策。

关键词: 防灾减灾能力; 洪涝灾害; 宁波市

中图分类号: P426.616

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2014) 01-0084-07

洪涝灾害是一种严重的自然灾害, 无论是从它发生的普遍性及危害性, 还是发生的经常性, 都居威胁人类的各种自然灾害之首^[1]。国内外许多学者对洪涝灾害风险进行评估, 主要是对危险性、脆弱性和防灾减灾能力等方面, 都取得了一定的进展^[2-4]。由于灾害的发生具有不可避免性, 在致灾条件相同的情况下, 减灾能力越强, 灾害造成的损失越小。随着经济的发展, 洪涝灾害防灾减灾工作已引起了国家高度重视。

自然灾害的发生次数和所造成的损失程度有很大的区域差异性, 为了有效地防御与减轻自然灾害, 需要评估该区域的防灾减灾基础能力的大小, 判别现有基础能力是否能够满足防灾减灾的需要, 进而规划区域防灾减灾基础能力建设的等级和规模^[5]。大量资料和分析显示, 洪涝灾害对社会经济的可持续发展有着巨大的影响, 我国在经济发展的同时也存在着严重的灾害风险。进入 21 世纪以来, 主要自然灾害呈不断加重趋势, 特别是洪涝灾害, 因此全面减灾特别是防范巨灾是一项十分艰巨的任务。加强防灾减灾基础能力建设, 对减少人民生命财产安全, 维护社会稳定, 保障社会经济可持续发展是十分重要的。因此需要根据研

究区的现状, 对防灾减灾能力进行全面的评估分析, 实现协调适度的发展。

1 研究区概况与资料来源

宁波市位于 120°55'~122°16'E, 28°51'~30°33'之间, 地处我国海岸线中段, 浙东低山丘陵东北部, 东临东海, 北濒杭州湾, 北接绍兴市, 南界三门湾。下辖 5 个县(市)(慈溪市、余姚市、奉化市、象山县、宁海县)、6 个区(海曙区、江东区、江北区、镇海区、北仑区)。全市总面积 14 220.35 km², 陆域面积 9 365 km², 海岸线长 1 562 km, 总人口 576.4 万人, 地势西南高, 东北低。宁波市属于典型亚热带季风气候, 冬夏季风交替显著, 多年来年均气温 16.24 °C, 年均降雨量 1 480 mm。由于季风气候的不稳定性, 导致降雨量年际间变化较大, 极易形成洪涝灾害。加之宁波市地处沿海, 极易遭受自然灾害侵袭, 尤其以梅雨季节和台风引起的洪涝灾害所造成的经济损失最为严重, 是典型的重洪涝灾害地区^[6]。

本研究所用的数据, 主要来源于《2012 年宁波市统计年鉴》《2012 年镇海区统计年鉴》《2012 年北仑区统计年鉴》以及宁波市第六次人口普查数据。本研究的基本评价单元为宁波市辖县(市、区), 考

收稿日期: 2013-07-19.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(41101517, 41171073); 浙江省科技厅项目(2010C33155); 宁波市自然科学基金(2010A610105); 浙江省大学生新苗人才计划(2012R405070); 宁波大学研究生优秀学位论文培育基金(PY2012018); 宁波大学研究生科研创新基金(G12JA02)。

第一作者: 曹罗丹(1990-), 女, 河南许昌人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 自然灾害的监测与评估。E-mail: caoluodan@qq.com

*通信作者: 李加林(1973-), 男, 浙江台州人, 博导/教授, 主要研究方向: 自然地理学。E-mail: lijialin@nbu.edu.cn

虑到由海曙、江东和江北3区构成的原主城区的一体性,将海曙、江东和江北3区合并为1个评价单元,加上镇海区、北仑区、鄞州区、慈溪市、余姚市、奉化市、宁海县和象山县,共9个评价单元。

2 指标体系的构建和研究方法

2.1 指标体系构建

评估区域防灾减灾能力的基础状况不仅仅只是将各类灾害的防灾减灾基础能力进行简单的叠加,首先要建立统一的区域减灾基础能力评价指标体系,才能对区域减灾基础能力进行综合评估^[5]。洪涝灾害防灾减灾能力影响因子众多^[7],涉及到各种各样类型的指标,并且它们的度量衡标准不同,因此在防灾减灾能力中所发挥的作用也不同,如何综合分析这些不同类型的指标,是一个困难而又急需解决的问题。在选择洪涝灾害防灾减灾能力评估的指标因子时,既要考虑各因子较易量化分析,更要考虑所选因子必须能够反映该地区的洪涝灾害防灾减灾能力,本研究主要选取了3个级别的指标为基础进行防灾减灾能力的综合评估。一级指标主要包括防洪基础能力、监测预警基础能力、抢险救灾基础能力和社会基础支持能力;二级指标是各基础能力在社会经济各项指标的表征;三级指标为指标系统分类中选取的底层指标。本研究综合参考黄大鹏等^[7]、高庆华等^[5]的研究结果,并结合宁波洪涝灾害的实际情况选取了地形高程标准差、堤防长度、水库库容量、防洪除涝面积、防护林面积、水文站数、气象站点个数、医院病床

数/万人、地方财政收入和非文盲比例等21个指标,构建宁波市洪涝灾害防灾减灾能力指标评估体系,具体评价指标体系如图1所示。

2.2 研究方法

2.2.1 层次分析法

防灾减灾能力的评价指标很多,根据有关资料统计可能达到的程度构建防灾减灾能力评价指标体系。指标权重赋值方法主要采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP),它是对定性问题进行定量分析的一种简便、灵活、实用的多准则决策方法^[8]。目前,层次分析法广泛应用于洪涝灾害评估的理论和实践中^[9-10]。本研究主要是融合专家意见,采用层次分析法确定宁波市洪涝灾害防灾减灾能力评估中各项指标的权重,其关键步骤在于构建判断矩阵(即确定各个指标的相对重要性),从因素层开始,采用两两比较方法来构建判断矩阵,采用方根方法求出各因素的权重并归一,通过一致性检验后得到因素层对准则层的权重集^[11],最终确定的宁波市洪涝灾害防灾减灾能力评估指标权重见表1。

2.2.2 模糊综合评价法

模糊数学方法是一种处理不肯定性和不精确性问题的新方法^[12]。模糊综合评价法(Fuzzy Comprehensive Evaluation, FCE)是以模糊数学理论为基础,综合考虑多种因素的影响,对某一系统进行综合评价的有效方法^[13]。

2.2.3 构建隶属函数

模糊综合评价法(FCE)的核心是构造隶属函数,

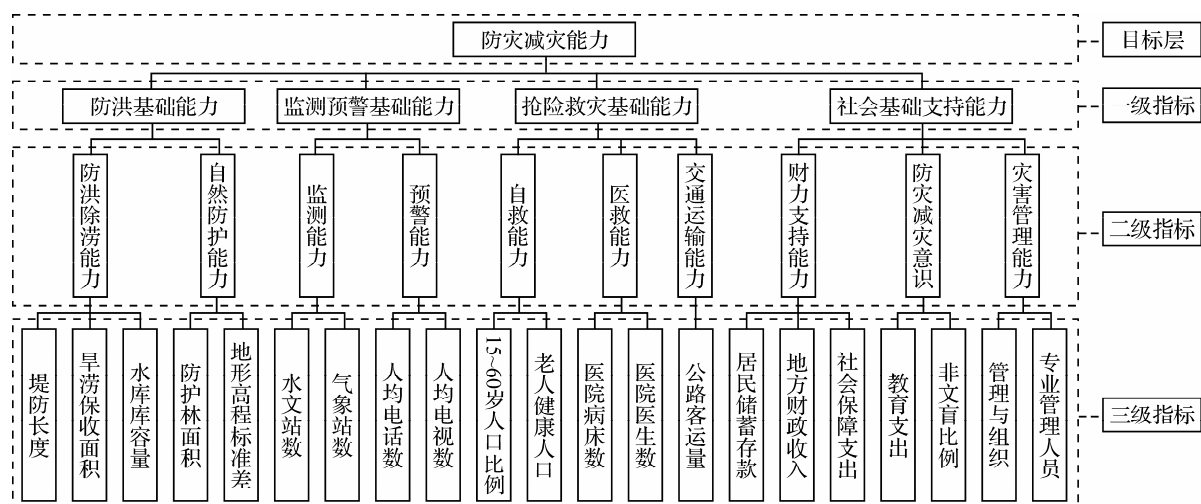


图1 宁波市防灾减灾能力评估指标体系

表1 各层次评估指标体系权重分配

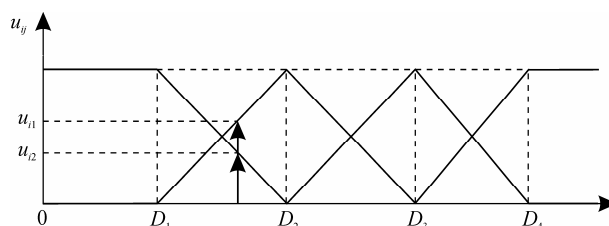
1级指标	权重	2级指标	权重	3级指标	权重
防汛基础能力	0.2359	防洪除涝能力	0.333	堤防长度	0.540
				水库库容量	0.297
				旱涝保收面积	0.163
		自然防护能力	0.667	地形高程标准差	0.667
				防护林面积	0.333
监测预警能力	0.1268	监测能力	0.333	水文水文站数	0.667
				气象站数	0.333
		预警能力	0.667	本地电话用户数	0.333
				有线电视用户数	0.667
				15~60岁人口比例	0.667
抢险救灾能力	0.1984	自救能力	0.467	老年健康人口比例	0.333
				每万人医院床位数	0.667
		医救能力	0.162	每万人医生数	0.333
				单位面积公路里程	1.000
				社会保障支出	0.54
社会基础能力	0.4389	财力支持能力	0.540	地方财政收入	0.163
				人均储蓄存款	0.297
				教育支出	0.333
		防灾减灾意识	0.163	非文盲人口比例	0.667
				公共管理和社会组织	0.667
		灾害管理能力	0.297	专业管理人员比例	0.333

隶属函数反映的是每个评价因素指标的实测值属于该级别的程度,主要由隶属度组成,数值介于0~1之间,程度越大,隶属度越接近于1,反之则接近0.

合理建立隶属函数对准确评价洪涝灾害减灾防灾能力有着重要的意义^[14].在构建隶属函数时,参考典型的隶属函数包括小型隶属函数、偏大型隶属函数、中间型隶属函数和S型、Z型隶属函数等.模糊分布法确定隶属函数时,常见的模糊分布有三角形分布、矩形分布、梯形分布、抛物线型分布、正态分布等^[15].本研究主要采用模糊分布组合构造洪涝灾害防灾减灾能力评估的隶属函数.构建方法如下:将指标数据分级标准的低值部分用降半梯形函数,高值部分用升半梯形函数,除此之外的中间值部分用三角形函数表示,构建的隶属函数如图2所示.

对洪涝灾害防灾减灾基础能力进行模糊综合评价,其一般步骤如下:

(1) 建立因素集.影响宁波市洪涝灾害防灾减

图2 洪涝灾害减灾防灾能力评估的隶属函数^[15]

灾能力的指标有 n 个,由这 n 个因素构成评价因素集合 U 为 $U = [u_1, u_2, u_3, \dots, u_n]$.

(2) 建立评价集.模糊综合评价方法的优点是在综合考虑所有影响因素的基础上,从评价集中得到对被评价对象最佳的评价结果^[16].

因此,综合考虑宁波市洪涝灾害防灾减灾能力评估的各因素指标,结合目前相关研究成果及专家的综合判断,可将宁波市防灾减灾能力评估各因素指标评价等级划分为4级,即 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$,其中的 v_1, v_2, v_3, v_4 分别表示防灾减灾能力各指标的等级,分别为“低”“较低”“较高”和“高”4个等级.

(3) 建立评价等级矩阵 R .确定模糊综合评价判断矩阵,对应某个因素在对应等级上的隶属度, u_{ij} 为第 i 个指标对第 j 等级的隶属度($i=1,2,3,4$; $j=1,2,3,4$), x 表示指标的数据值.每个指标数据 x 对应4个等级的隶属度,其隶属函数分别是 $u_{i1}(x), u_{i2}(x), u_{i3}(x), u_{i4}(x)$,且其函数表达式为以下各式,并通过隶属函数可以计算模糊关系矩阵.

① v_1 级的隶属函数选取偏大型分布为:

$$u_{i1}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq D_1, \\ (D_2 - x) / (D_2 - D_1), & D_1 < x < D_2, \\ 0, & x \geq D_2. \end{cases} \quad (1)$$

② v_2 级的隶属函数选取中间型分布为:

$$u_{i2}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq D_1 \text{ 或 } x \geq D_3, \\ (x - D_1) / (D_2 - D_1), & D_1 < x < D_2, \\ (D_3 - x) / (D_3 - D_2), & D_2 < x < D_3, \\ 1, & x = D_2. \end{cases} \quad (2)$$

③ v_3 级的隶属函数选取中间型分布为:

$$u_{i3}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq D_2 \text{ 或 } x \geq D_4, \\ (x - D_2) / (D_3 - D_2), & D_2 < x < D_3, \\ (D_4 - x) / (D_4 - D_3), & D_3 < x < D_4, \\ 1, & x = D_3. \end{cases} \quad (3)$$

④ v_4 级的隶属函数选取偏小型分布为:

$$u_{i4}(x) = \begin{cases} 0, x \leq D_3, \\ (x - D_3) / (D_4 - D_3), D_3 < x < D_4, \\ 1, x \geq D_4. \end{cases} \quad (4)$$

因此, 总的评价等级矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} & u_{14} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} & u_{24} \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ u_{n1} & u_{n2} & u_{n3} & u_{n4} \end{bmatrix}.$$

(4) 模糊综合评价. 根据模糊变换原理, 拟得模糊综合评价模型:

$$B = A \times R, \quad (5)$$

式中: B 为宁波市防灾减灾能力模糊综合评价结果; A 为评价体系中各因素的权重矩阵; R 为防灾减灾能力评估中评价要素对各等级标准的隶属矩阵.

3 结果分析

由于指标评价体系中各项指标数据的量纲并不完全一致, 因此就非常有必要采用一个统一的衡量标准对数据进行刻画, 即对数据进行无量纲化处理^[17].

主要采用的方法是对每项指标以其平均值为参照进行相对化处理, 这种方法能够比较精确反映出量化后各指标的差异. 运用层次分析法(AHP)和模糊综合评价法(FCE), 根据表 1 中的权重, 将处理后各指标的值与其相对应的权重相乘进行累加, 得到宁波市防洪基础能力、监测预警能力、抢险救灾能力和社会基础能力的评价值. 按照 ArcGIS 中的自然断裂点(Natural Breaks)分类方法将宁波市 9 个县(市/区)各指标评价值划分为高、较高、较低、低 4 个等级(图 3~图 6).



图 3 防洪基础能力



图 4 监测预警能力



图 5 抢险救灾能力



图 6 社会基础支持能力

3.1 防洪基础能力

防灾基础能力的大小主要包括地形高程、堤防防灾能力、水库抗灾能力、旱涝保收能力以及沿海防护林的防御能力. 地形对洪水的影响主要在于两个方面——地形高程以及地形变化程度. 地形标准差越小, 表明该处附近地形变化越小, 越易形成洪水, 因此笔者采用计算栅格周围 5×5 领域内的 25 个栅格高程的标准差作为表征该处地形变化程度的定量指标. 利用 ArcGIS 中的 Focal Statistics 工具对宁波市 DEM 高程(30 m 分辨率)进行计算, 得到地形高程标准差值. 堤防和水库是防洪最基础的工程措施, 也是基本的防洪手段, 由于宁波是典型的海洋性季风气候区, 夏季多台风, 暴雨洪涝多发生在台风和梅雨季节, 沿海防护林能够抵御台风的侵袭, 在防灾减灾中发挥着积极的作用.

宁波市西部的防洪基础能力相对较强, 东北部的防洪基础能力相对较弱. 如图 3 所示, 低防洪基础能力的县(市/区)有慈溪市; 较低防洪基础能力的有北仑区和宁波主城区; 较高防洪基础能力的有鄞州区、象山县、奉化市和余姚市; 高防洪基础能力的有宁海县和镇海区.

3.2 监测预警能力

监测预警能力是灾害应急和抢险救灾的先导, 也是防洪工程建设的依据. 洪涝灾害的监测预警能力主要受区域内监测站网的分布以及基础通信设施等因素影响^[7]. 随着防汛站以及雨量站等水文站点和气象站点的设立以及经济水平的提高, 近年来洪涝灾害监测能力得到了很大的发展. 如图 4 所示, 宁波市低监测预警能力的地区有象山县、慈溪市、宁海县、奉化市和余姚市; 较低监测预警能力的有鄞州区; 较高监测预警能力的有宁波市主

城区和北仑区;高监测预警能力的地区有镇海区。

3.3 抢险救灾基础能力

抢险救灾能力与区域经济发展水平有着密切的联系,一般经济发达、人民生活富裕的地方抢险救灾水平较高。抢险救灾基础能力主要包括自救能力、医救能力以及交通运输能力,其中自救能力主要指的是15~60岁年龄段在总人口中所占的比例以及60岁以上老年人口中的健康比例;医救能力指的是每万人平均医院床位数和每万人平均医生数;交通运输能力主要包括各县(市/区)的公路客运量。以上述因素为指标对宁波市各县(市/区)的抢险救灾能力进行评估。其结果如图5所示,镇海区和宁波市主城区属于高抢险救灾能力;北仑区和鄞州区属于较高抢险救灾能力;奉化市、慈溪市和余姚市属于较低抢险救灾能力;宁海县和象山县属于低抢险救灾能力。

3.4 社会基础支持能力

社会基础能力是指评价对象中可以作为防灾减灾资源的社会基础能力,主要包括财力支持、社会防灾意识和专业管理人员比例。财力支持能力主要包括各县(市/区)人均储蓄存款和地方财政收入以及用于社会保障的财政支出。个人在面对灾害时,如果有相应的知识和意识,就能更好地避免自己和他人受到伤害。随着防灾减灾科学研究的深入开展以及全国性灾害教育的普及,这些措施都对社会上防灾减灾都起到了积极的作用。因此笔者将防灾减灾意识和专业管理人员比例作为防灾减灾评估体系中的一项指标。从图6中可以看出,宁波市主城区的社会基础能力最高,其次为北仑区和镇海区,鄞州区、奉化市、宁海县和象山县的社会基础能力最低,而慈溪市和余姚市的社会基础能力较低。

3.5 防灾减灾能力评估

综合防洪基础能力、监测预警能力、抢险救灾能力以及社会基础能力,运用模糊综合评价法(FCE)对宁波市洪涝灾害防灾减灾能力进行综合评估。从以上研究中可得到宁波市防洪基础能力、监测预警基础能力、抢险救灾能力和社会基础能力4个一级指标划分的4个等级的标准(表2)。

以防灾减灾能力各指标评价等级为标准,确定各因素在对应等级上的隶属度,根据(1)~(4)式,得

表2 防灾减灾能力各指标评价等级标准

指标	等级			
	D_1	D_2	D_3	D_4
防洪基础能力	0.957	1.035	1.188	1.212
监测预警能力	0.825	1.176	1.528	1.792
抢险救灾能力	0.755	1.245	1.735	2.016
社会基础能力	0.665	1.057	1.5	1.811

到宁海县、象山县、北仑区、奉化市、慈溪市、余姚市、镇海区、鄞州区以及宁波市主城区的模糊关系矩阵 R ,分别如下所示:

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 0.87 & 0.13 & 0 & 0 \\ 0 & 0.77 & 0.23 & 0 \\ 0.12 & 0.88 & 0 & 0 \\ 0.01 & 0.99 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0.91 & 0.09 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0.36 & 0.64 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 0 & 0.07 & 0.93 & 0 \\ 0.31 & 0 & 0.69 & 0 \\ 0.61 & 0 & 0.39 & 0 \\ 0.84 & 0 & 0.16 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.18 & 0.82 & 0 \\ 0 & 0.78 & 0.22 & 0 \end{bmatrix}, \\
 & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.88 & 0.12 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.
 \end{aligned}$$

根据表1可知,防灾基础能力、监测预警基础能力、抢险救灾能力以及社会基础能力的权重值:

$$A = [0.2359 \ 0.1268 \ 0.1984 \ 0.4389].$$

根据(5)式可得宁波市各县(市/区)的防灾减灾能力的模糊综合评价矩阵 B ,其值分别如下:

$$\text{宁海县} [0.764 \ 0 \ 0 \ 0.236],$$

$$\text{象山县} [0.764 \ 0.236 \ 0 \ 0],$$

$$\text{北仑区} [0.234 \ 0.737 \ 0.029 \ 0],$$

$$\text{奉化市} [0.764 \ 0.215 \ 0.021 \ 0],$$

$$\text{慈溪市} [1 \ 0 \ 0 \ 0],$$

$$\text{余姚市} [0.849 \ 0.151 \ 0 \ 0],$$

镇海区[0 0.378 0.495 0.127],

鄞州区[0.529 0.017 0.454 0],

宁波市主城区[0 0.347 0.016 0.637].

根据目标层的模糊综合评价集 B 和最大隶属度原则, 为对 9 个县、市、区的防灾减灾能力做出定量评价, 把评语集 $V = [\text{低}, \text{较低}, \text{较高}, \text{高}]$ 分别定量化为 $V = (1, 3, 5, 7)$, 采用 $P = BV^T$ 来表示宁波市防灾减灾能力的评价值^[11], 评价值越大防灾减灾能力越好. 经计算, 宁波市 9 个评价单元的指标值见表 3.

表 3 宁波市各县(市/区)综合评价得分

评价单元	宁波主城区	镇海区	鄞州区	北仑区	宁海县
评价值	5.58	4.498	2.85	2.59	2.416
评价单元	奉化市	象山县	余姚市	慈溪市	
评价值	1.514	1.472	1.302	1	

将宁波市 9 个县(市/区)的综合评价得分用 ArcGIS 中的自然断裂点(Natural breaks)分类方法分为 4 个等级, 其结果如图 7 所示. 由上述研究可知, 宁波市各县(市/区)的防灾减灾能力从大到小分别为宁波市主城区、镇海区、鄞州区、北仑区、宁海县、奉化市、象山县、余姚市、慈溪市. 在同等灾害条件下, 宁波市主城区洪涝灾害防灾减灾能力最高, 镇海区相对较高, 鄞州区、北仑区和宁海县相对较低, 最低的为奉化市、象山县、余姚市和慈溪市.



图 7 防灾减灾能力综合评价

4 结论与讨论

本研究根据统计资料, 以宁波 9 个县(市/区)为基本单元, 从防灾基础能力、监测预警能力、抢险救灾能力以及社会基础能力构建指标体系, 并运用 AHP 分析法和模糊综合评价法(FCE)对宁波市

洪涝灾害防灾减灾能力进行综合评估. 评估结果表明: 宁波市洪涝灾害防灾减灾能力从高到低依次为宁波市主城区、镇海区、鄞州区、北仑区、宁海县、奉化市、象山县、余姚市、慈溪市.

其中宁波市主城区的防灾减灾能力最高; 镇海区的防灾减灾能力相对较高; 鄞州区、北仑区和宁海县的防灾减灾能力相对较低; 象山县、奉化市、余姚市和慈溪市的洪涝灾害防灾减灾能力最低. 2013 年 10 月 7 日的 23 号台风“菲特”, 给宁波造成了较大的洪涝灾害, 整个宁波市经济损失逾 333 亿元, 受灾人口 248.2534 万人, 这是对宁波洪涝灾害防灾减灾能力的考验. 研究结果表明, 余姚市的防灾减灾能力在宁波市中仅高于慈溪, 但实际台风洪涝期间, 余姚市的经济损失最大, 而不是慈溪最大, 这是因为本次台风的降雨分布不均造成的. 台风期间全市平均降雨量为 397 毫米, 其中余姚过程雨量为 500.6 毫米, 最大降雨量为 819mm, 均为全市最高. 台风过境时产生短时期强降雨, 加之余姚市洪涝灾害防灾减灾能力相对较低, 从而造成城市内涝严重, 该情况与本研究的评估结果具有一致性.

研究灾害的核心问题是围绕减灾而开展. 防灾减灾是人类社会发展的一个永恒主题, 加强防灾减灾研究和防灾减灾基础能力建设是实现社会和经济可持续发展的一个不可忽视的战略问题. 洪涝灾害防灾减灾的主要任务是全面巩固完善现有防洪工程体系, 巩固现有水库, 新建必要的水库工程, 以提高洪水调节控制的能力. 洪涝灾害不可避免, 但人类可以通过自身的能动作用减轻灾害的危害性, 加强防灾减灾教育, 完善救助体系, 增加政府投入, 全面提高宁波市洪涝灾害防灾减灾综合能力, 减轻灾害带来的损失. 总体上看, 宁波市防灾减灾技术还有待提高, 基于这种情况, 加强科学研究, 不断丰富灾害理论, 提高减灾技术和管理水平, 对防灾减灾能力的加强有重要的作用.

参考文献:

- [1] Pening-Rowell E C. Flood-hazard response in Argentina [J]. The Geographical Review, 1996, 86(1):72-90.
- [2] 马国斌, 蒋卫国, 李京, 等. 中国短时洪涝灾害危险性评估与验证[J]. 地理研究, 2012(1):34-44.
- [3] 张会, 张继权, 韩俊山. 基于 GIS 技术的洪涝灾害风险

- 评估与区划研究——以辽河中下游地区为例[J]. 自然灾害学报, 2005(6):141-146.
- [4] 汪朝辉, 王克林, 熊鹰, 等. 湖南省洪涝灾害脆弱性评估和减灾对策研究[J]. 长江流域资源与环境, 2003(6): 586-592.
- [5] 高庆华. 中国区域减灾基础能力初步研究[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [6] 童亿勤, 杨晓平, 李加林. 宁波市水旱灾害孕灾环境因子分析[J]. 灾害学, 2007(3):32-35.
- [7] 黄大鹏, 郑伟, 张人禾, 等. 安徽淮河流域洪涝灾害防灾减灾能力评估[J]. 地理研究, 2011(3):523-530.
- [8] Saaty T L. A scaling method for priorities in hierarchical structures[J]. Journal of Mathematical Psychology, 1977, 15:59-62.
- [9] 高吉喜, 潘英姿, 柳海鹰, 等. 区域洪水灾害易损性评价[J]. 环境科学研究, 2004(6):30-34.
- [10] 陈敏刚, 董军, 张丽亮, 等. AHP 和模糊综合评判在灾难恢复能力评估中的应用[J]. 计算机工程, 2006, 18: 135-137, 140.
- [11] 张小飞, 苏国韶, 吴彰敦. 基于层次模糊综合评价的水库大坝安全评价法[J]. 广西大学学报: 自然科学版, 2009(3):321-325.
- [12] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and control, 1965 (8):338-353.
- [13] Nikola K, Shaoning P. Transductive support vector machines and applications in bioinformatics for promoter recognition, letters and review[J]. Neural Information Processing, 2004, 3(2):31-38.
- [14] 蒋卫国, 李京, 王琳. 全球 1950~2004 年重大洪水灾害综合分析[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2006(5): 530-533.
- [15] 黄大鹏. 淮河洪泽湖以上流域洪涝灾害风险评估研究[D]. 北京: 中国科学院, 2009.
- [16] 宋国利, 臧淑英, 钟婷婷. 温州市乐清湾土地利用的生态风险——基于 RS 和 GIS 的分析[J]. 自然灾害学报, 2010(6):76-85.
- [17] 高占国, 朱坚, 翁燕波, 等. 多尺度生态系统健康综合评价——以宁波市为例[J]. 生态学报, 2010(7):1706-1717.

Capacity of Flood Disaster Prevention and Reduction of Ningbo City: Primary Assessment

CAO Luo-dan¹, LI Jia-lin^{1*}, XU Liang-hui¹, YUAN Qi-xiang¹, WANG Ming-yue¹, HUANG Da-peng²

(1. Faculty of Architectural Engineering, Civil Engineering and Environment, Ningbo university, Ningbo 315211, China;

2. National Climate Center, Beijing 100081, China)

Abstract: Located in the east of Zhejiang province, Ningbo city is such a coastal area that is subject to flooding. Based on the study on 5 counties and 6 districts of Ningbo city, an assessment of capacity of flood disaster prevention and reduction is made using 16 selected indicators, including economic and environmental information. The evaluation technique adopts the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Comprehensive Evaluation (FCA). The results show that the capacity of flood disaster prevention and reduction is ranked high in Ningbo metropolitan (including Haishu, Jiangdong and Jiangbei districts), followed by Zhenhai district. The capacity is ranked relatively low in Beilun district, Yinzhou and Ninghai, Xiangshan, Fenghua, Yuyao, with Cixi being the lowest. This research can serve as a practical reference in the decision-making for the flood prevention and reduction in Ningbo city.

Key words: capacity of disaster prevention and reduction; flood disaster; Ningbo city

(责任编辑 章践立)