

文章编号: 1004-4574(2010)03-0082-06

防洪减灾能力评价指标体系和评价方法研究

胡俊锋^{1,2}, 杨佩国², 杨月巧³, 武建军⁴

(1 北京师范大学 水科学研究院, 北京 100875 2 民政部 国家减灾中心, 北京 100053;
3 防灾科技学院, 北京 101601 4 北京师范大学 减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

摘 要: 构建了防洪减灾能力评价的指标体系, 提出了评价模型, 采用层次分析法, 结合专家意见对防洪减灾能力进行了评价方法研究, 最后以淮河流域中游为例, 对该区域的防洪减灾能力进行了评价, 这里虽以防治洪涝灾害的能力评价为例进行了阐述, 但对防治其它自然灾害能力的评价亦具有借鉴意义。

关键词: 减灾能力; 评价; 指标体系; 方法

中图分类号: X43 文献标识码: A

Study on evaluation index system and method for flood control and disaster reduction capacity

HU Jun-feng^{1,2}, YANG Pei-guo², YANG Yue-qiao³, WU Jian-jun⁴

(1 College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China 2 National Disaster Reduction Center of China, Beijing 100053, China 3. Institute of Disaster-Prevention Science and Technology, Beijing 101601, China 4 Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract This paper establishes evaluation index system for regional flood control and disaster reduction capacity, proposes evaluation model and adopts analytical hierarchy process to study the evaluation method of regional flood control and disaster reduction capacity in combination with expert opinions; it takes an example of the middle reach in Huaihe River Basin to evaluate flood control and disaster reduction capacity in this region. Notwithstanding the paper takes an example to evaluate flood disaster control capacity, it may also serve as a reference for the prevention and control of other disasters; provides demonstration for the evaluation of disaster reduction capacity in China.

Key words disaster reduction capacity; evaluation; index system; method

防洪减灾能力是反映一个区域抵御洪水灾害风险的能力, 是影响洪水灾害造成损失多少的一项重要指标。如何提出一套切实可行且符合实际情况的防洪减灾能力评价指标体系, 选择和确定一定的统计分析方法和模型进行评价, 客观真实反映一定区域的防洪减灾能力, 查找区域防洪减灾的薄弱环节, 为科学防范和抵御洪水灾害风险提供可靠依据, 这是我国目前灾害管理中一个非常必要和需要迫切解决的问题。

1 防洪减灾能力评价指标体系研究

防洪减灾是一项系统工程, 包括灾害的监测、预报、预警、防灾、抗灾、救灾、恢复重建等多个环节和多项措施, 这些环节和措施中所包含的一切减灾资源和能力要素, 构成了区域综合减灾能力评价指标体系。

收稿日期: 2008-05-21 修订日期: 2009-04-25

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2008BAC44B04); 国家科技支撑计划项目(2006BAJ06B03-06)

作者简介: 胡俊锋(1974-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事自然灾害评估、综合减灾等方面的研究。E-mail: hujunfeng@ndrec.gov.cn

1 1 评价指标体系结构

根据影响防洪减灾能力的要素分类, 从防洪工程能力、监测预警能力、抢险救灾能力、社会基础支持能力、科普宣教能力、科技支撑能力、灾害管理能力七个方面考虑进行防洪减灾能力评价。

防洪工程能力: 指由各种工程性措施形成的防洪减灾能力, 受区域内各种防洪工程的数量、密度、规模、标准、等级等因素影响。主要包括房屋承灾、生命线工程防洪及防洪除涝能力。

监测预警能力: 指对洪灾发生提供准确的监测预警预报信息的能力, 受区域内监测站网布置, 监测预警技术、预警预报时效等因素影响。包括气象、洪涝的监测预警能力。

抢险救灾能力: 指为抢险救灾提供物资、装备、应急通讯、社会动员等方面的能力。受储备救灾物资装备的数量、种类、资金保障情况、应急响应有效性、交通运输状况、医疗救护水平、社会动员力量等方面的影响。

社会基础支持能力: 指为防洪减灾提供人力、财力、资源、环境等方面支持的能力。受一个区域的社会经济发展水平、可支配财政收入多寡、资源生态环境状况等方面因素影响。其中, 减灾人力资源包括劳力和智力; 减灾财力支持能力主要包括地方财政收入和城市及农村居民收入; 生活资源支持能力主要是指水资源和粮食; 环境支持能力主要包括地形、气候、植被等因素。

科普宣教能力: 指开展防洪减灾科学普及、宣传教育的手段、方式、投入等方面的能力。受区域对防洪减灾工作重视程度、防洪减灾投入的多少、开展防洪减灾活动情况、公众防洪减灾知识普及程度和防洪减灾意识高低等多个方面的影响。

科技支撑能力: 指为防洪减灾工作提供科学技术支撑的能力。受一个区域内对防洪减灾科学研究的投入、开展防洪减灾科学研究的领域和水平、灾害信息共享的水平、防洪减灾科技应用水平、防洪减灾科学研究机构的数量、研究队伍情况等方面的影响。

灾害管理能力: 指组织实施防洪减灾工作进行灾害管理的能力。受防洪减灾机构设置、协调机制、法律法规的完善程度、政策规划制度情况、灾害管理人员素质等多个方面的影响。

1 2 评价指标体系构建

防洪减灾能力涉及社会系统中的多个领域, 本文根据各分类指标的具体要素, 从 7 个方面 1 级指标、22 个 2 级指标、48 个 3 级指标构建了区域综合减灾能力评价的指标体系 (表 1)。

2 防洪减灾能力评价方法研究

2 1 评价模型构建

按照第 1.2 节中所构建的防洪减灾能力评价指标体系和指标体系各构成要素之间的关系, 本文建立了评价防洪减灾能力的模型如下:

$$C = q_1C(e) + q_2C(r) + q_3C(m) + q_4C(d) + q_5C(s) + q_6C(x) + q_7C(g). \quad (1)$$

式中: C 为防洪减灾能力指数; $C(e)$ 为防灾工程能力指数; $C(r)$ 为抢险救灾能力指数; $C(m)$ 为监测预警能力指数; $C(d)$ 为社会基础能力指数; $C(s)$ 为科技支撑能力指数; $C(x)$ 为科普宣教能力指数; $C(g)$ 为灾害管理能力指数; $q_i (i=1, 2, \dots, 7)$ 为以上分指标的权重值。 C 的值越大, 表明区域的防洪减灾能力越强。

利用上述模型进行区域综合减灾能力, 首先以省(市、自治区)或地区、市、县为基本单元, 收集各项指标的现状数据, 并对数据进行标准化处理; 然后采用层次分析法确定各项指标的权重值, 以克服指标权重确定的主观性与大量指标同时赋权的混乱与失误, 提高评价的简便性和准确性。

2 2 模型参数确定

采用层次分析法 (AHP) 确定权重。计算步骤如下:

(1) 建立层次结构模型

将防洪减灾能力作为层次分析的总目标层, 将防洪工程能力、监测预警能力、抢险救灾能力、社会基础支持能力、科普宣教能力、科技支撑能力、灾害管理能力作为 1 级子目标; 房屋承灾能力、预警能力、医疗救护能力、财力支持能力、宣传教育能力等作为 2 级子目标; 下一层为经过筛选确定的各项详细具体指标。

(2) 构造判断矩阵

层次结构模型确定了上、下层 (A, B 层) 元素之间的隶属关系, 这样就可依据同一层次的各项指标或因子的相对重要性程度, 针对上一层的准则来构造判断矩阵, 重要性判断结果的量化通常采用 1~9 进行标度

(表 2)。根据标度表,采用专家评分法可得到判断矩阵。

表 1 防洪减灾能力评价指标体系

Table 1 Index system of flood control and disaster reduction capacity evaluation

目标层	1级 指标	2级 指标	3级 指标	指标 解释
防洪 工程 能力	房屋承灾能力	钢混房屋比例 %		钢混房屋面积占住宅总面积的百分比
		砖木房屋比例 %		砖木房屋面积占住宅总面积的百分比
	生命线工程防洪能力	通信系统防洪性能 %		接头处设置防雨罩的线路长度占传输线总长度的百分比
		供电系统防洪性能 %		
		供水系统防洪性能 %		按防洪标准加固的供水/供气管道长度占管道总长度的百分比
		供气系统防洪性能 %		
	防洪除涝能力	防洪堤坝长度比例 %		不同防洪标准(如 30a一遇, 50a一遇等)的堤坝长度占河流总长度的百分比
		单位耕地面积水库库容 $/(10^4\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$		各水库库容总和与耕地面积的比值
		有效灌溉面积比例 %		有效灌溉面积占耕地面积的百分比
		除涝面积比例 %		除涝标准达到 3a一遇以上的耕地面积占耕地总面积的百分比
监测 预警 能力	监测能力	气象台网密度 $/(个 \cdot \text{km}^{-2})$		气象站数量与区域面积的比值
	预警能力	水文站网密度 $/(个 \cdot \text{km}^{-2})$		水文站数量与区域面积的比值
		人均通讯工具 $/(部/人)$		手机、电话等通讯工具的数量与人口数的比值
抢险 救灾 能力	物资保障能力	媒体通报能力 $/h$		从接到准确预报后至向公众报道的平均时间
		储备物资总量 $/10^4\text{t}$		区域范围内储备的用于抢险救灾的物资量之和
	资金保障能力	储备物资种类 $/个$		生活、救援、医疗等储备物资品种数量
		物资储备库密度 $/(个 \cdot \text{km}^{-2})$		储备救灾物资的仓库数量与区域面积的比值
	交通运输能力	救灾资金比例 %		可用救灾资金占 GDP 的百分比
		交通通达度 $/(\text{km} \cdot 10^{-4}\text{km}^{-2})$		铁路和公路总里程与区域面积的比值
	医疗救护能力	单位面积运输工具数 $/(辆/架) \cdot \text{km}^{-2}$		可用于运输的汽车、飞机数量与区域面积的比值
社会动员能力	医疗站密度 $/(个 \cdot \text{km}^{-2})$	医疗站的数量与区域面积的比值		人均病床
		人均病床 $/(张/10^4人)$		病床总数与人口数的比值
	公益慈善机构密度 $(个 \cdot \text{km}^{-2})$	公益慈善机构的数量与区域面积的比值		志愿者数量占总人口数的百分比
		志愿者比例 %		国家在灾后组织的动员社会各界人事投入救援行动的会议、通告等的次数社会基础支持能力人力支持能力
社会 基础 支持 能力	人力支持能力	社会动员机制 $/次$		
		劳力比例 %		劳力总数占总人口数的百分比
	财力支持能力	人均收入 $/(10^4元/人)$		区域总收入与人口数量的比值
		人均储蓄额 $/(10^4元/人)$		区域储蓄额与人口数量的比值
	资源支持能力	人均粮食产量 $/(kg/人)$		粮食产量与人口数的比值
人均水资源量 $/(m^3/人)$			水资源总量与人口数的比值	
科普 宣教 能力	环境支持能力	防洪植被覆盖率 %		区域内森林和草地的覆盖面积占总面积的百分比
		科普宣教能力		科普宣教能力
	科学普及能力	防洪教育时间 $/d$		公众学习防洪及其相关内容课程的时间
防洪课程比例 %			设置的与防洪相关的课程数占课程总数的百分比	
科技 支撑 能力	宣传教育能力	防洪知识普及率 %		对防洪知识有所了解的人数占总人口的百分比
		防洪宣教人员比例 %		从事防洪知识宣传教育的人员占总人口的百分比
	减灾科研能力	防洪科研经费比例 %		用于防洪科学研究的经费占总科研经费的百分比
		防洪科研人员比例 %		从事防洪科学研究的人员数量占科研人员总数的百分比
	灾害信息共享能力	防洪研究机构密度 $/(个 \cdot \text{km}^{-2})$		防洪研究机构数量与区域面积的比值
洪灾信息数据库比例 %			洪灾信息数据库的数量占各种基础信息数据库的比例	
科研成果应用能力	洪灾信息共享程度		洪灾信息多部门间共享程度(可用专家打分法如 0~1表示)	
灾害 管理 能力	灾害管理体制机制	科研成果转化率 %		已取得明显经济效益和社会效益的防洪科研成果数占总成果数的百分比
		灾害管理机构密度 $/(个 \cdot \text{km}^{-2})$		从事洪灾管理的机构总量与区域面积的比值
	灾害政策法规	减灾综合协调机制 $/次$		针对灾害管理过程中遇到和提出的问题召集相关部门集中办公、及时协商解决问题的次数
		防洪应急预案比例 %		已建立的与防洪相关的应急预案数量占各项应急预案总数的百分比
		防洪法规比例 %		已出台的与防洪相关的法规数量占各项法规总数的百分比
	灾害管理人员素质	防洪规划政策比例 %		已制定的与防洪相关的规划政策数量占各项规划政策总数的百分比
专业管理人员比例 %			防洪专业的管理人员数量占管理人员总数的百分比	
		人员组织协调能力 %		组织协调能力测试合格的人员数量占人员总数的百分比

(3) 重要性排序

求判断矩阵的最大特征根所对应的特征向量 w :

$$w = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5)^T \tag{2}$$

即为所求的各具体指标的权重。其中,

$$w_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}} \tag{3}$$

(4) 一致性检验

计算判断矩阵的最大特征根 λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{w_{Ai}}{w_i} \tag{4}$$

其中, w_{Ai} 为向量 w 的第 i 个元素, 则判断矩阵的一致性检验指标如下:

$$R_C = I_C / I_R \tag{5}$$

其中: $I_C = \frac{1}{n-1} (\lambda_{max} - n)$, I_R 为判断矩阵的随机一致性指标, 取值如表 3

表 2 判断矩阵标度及其含义

Table 2 Scale values and relative meanings of judgement matrix

标度	含义
1	表示两个因素相比, 具有同样重要性
3	表示两个因素相比, 一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比, 一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比, 一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比, 一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较后得判断 b_{ij} , 则 j 与 i 比较的判断 $b_{ji} = 1/b_{ij}$

表 3 判断矩阵的随机一致性指标

Table 3 Random consistence index of judgement matrix

阶数 n	1 或 2	3	4	5	6	7	8	9
I_R	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

当 R_C 小于或等于 0.1 时, 认为矩阵具有满意一致性, 说明确定的各指标权重是合理的, 否则需要对矩阵进行调整, 直至达到满意的一致性为止。

3 淮河流域中游减灾能力评价

基于上述指标体系与方法, 以淮河流域中游安徽省境内的 37 个县及市辖区为研究对象, 对研究区 2007 年的防洪减灾能力进行评价。

3.1 评价指标的筛选

根据研究区防洪减灾的实际状况, 考虑数据的可得性, 对上述防洪减灾能力评价指标体系进行筛选简化, 筛选后的评价指标体系见表 4。

表 4 筛选后的防洪减灾能力评价指标体系

Table 4 Selected index system for flood disaster prevention and reduction capacity evaluation

序号	1 级指标	2 级指标	3 级指标
1	防洪工程能力	房屋承灾能力	钢混房屋比例 砖木房屋比例
		防洪除涝能力	堤坝保护人口比例 单位耕地面积库容 除涝面积比例
2	监测预警能力	预警能力	本地电话用户比例
3	抢险救灾能力	医疗救护能力	人均病床
4	社会基础支持能力	社会动员能力	公益慈善机构密度
		财力支持能力	人均储蓄额
		资源支持能力	人均粮食产量
5	科普宣教能力	环境支持能力	防洪植被覆盖率
		宣传教育能力	防洪知识普及率
6	科技支撑能力	减灾科研能力	防洪科研经费比例
7	灾害管理能力	灾害管理人员素质	专业管理人员比例

3.2 评价结果

基于上述评价步骤与方法,采用层次分析法,结合判断矩阵,计算出权重(表 5),并采用防洪减灾能力评价模型进行多指标合成,将淮河流域安徽段减灾能力评价指标数据代入模型计算,得出防洪减灾能力评价结果见表 6,空间分布见图 1。



图 1 安徽各县市防洪减灾能力空间分布图

Fig 1 Spatial distribution of flood disaster prevention and reduction capacity in counties/cities of Anhui Province

表 5 各层次因子权重值

Table 5 Weight values of factors in hierarchies

1级指标	权重	2级指标	权重	3级指标	权重	指标权重
防洪工程能力	0.348	房屋承灾能力	0.167	钢混房屋比例	0.875	0.0509
				砖木房屋比例	0.125	0.0073
		防洪除涝能力	0.833	堤坝保护人口比例	0.455	0.1319
				单位耕地面积库容	0.455	0.1319
				除涝面积比例	0.091	0.0264
监测预警能力	0.244	预警能力	1	本地电话用户比例	1	0.2440
抢险救灾能力	0.131	医疗救护能力	0.143	人均病床	1	0.0187
		社会动员能力	0.857	公益慈善机构密度	1	0.1123
社会基础支持能力	0.056	财力支持能力	0.258	人均储蓄额	1	0.0145
		资源支持能力	0.105	人均粮食产量	1	0.0059
		环境支持能力	0.637	防洪植被覆盖率	1	0.0357
		宣传教育能力	1	防洪知识普及率	1	0.0610
科技支撑能力	0.054	减灾科研能力	1	防洪科研经费比例	1	0.0540
灾害管理能力	0.107	灾害管理人员素质	1	专业管理人员比例	1	0.1070

表 6 防洪减灾能力评价结果

Table 6 Evaluation results of flood disaster prevention and reduction capacity

地区	防洪减灾能力评价指数	排名	地区	防洪减灾能力评价指数	排名
肥西县	0.163 32	1	怀远县	0.080 94	20
肥东县	0.160 88	2	太和县	0.080 62	21
淮南州市辖区	0.159 41	3	明光市	0.078 60	22
凤台县	0.153 40	4	寿县	0.075 29	23
宿州市市辖区	0.152 70	5	定远县	0.070 36	24
蚌埠州市辖区	0.125 03	6	临泉县	0.068 96	25
阜阳市市辖区	0.123 66	7	来安县	0.063 79	26
亳州市市辖区	0.115 25	8	利辛县	0.061 53	27
天长市	0.114 53	9	萧县	0.059 21	28
颖上县	0.113 62	10	五河县	0.057 52	29
长丰县	0.105 40	11	阜南县	0.056 46	30
六安市市辖区	0.103 80	12	金寨县	0.055 90	31
淮北市市辖区	0.102 34	13	界首市	0.052 93	32
濉溪县	0.100 65	14	岳西县	0.051 42	33
霍山县	0.096 22	15	泗县	0.045 61	34
涡阳县	0.087 77	16	灵璧县	0.035 84	35
霍邱县	0.086 79	17	固镇县	0.022 49	36
凤阳县	0.085 29	18	砀山县	0.020 03	37
蒙城县	0.084 55	19			

根据表 6 防洪减灾能力评价结果, 得出安徽省肥西县防洪减灾能力评价指数为 0.16332, 防洪减灾能力最强; 安徽省砀山县防洪减灾能力指数为 0.02003, 防洪减灾能力最弱。

4 小结

本文根据我国防洪减灾工作的实际情况, 按照防洪减灾能力评价的现实需求, 结合前期一些专家学者的研究成果, 构建了 7 个类别一级指标、22 个二级指标、48 个三级的防洪减灾能力评价指标体系, 为全面、客观和量化的评价减灾能力奠定了基础。在构建减灾能力评价指标体系基础上, 针对如何定量评价减灾能力的需求, 建立了防洪减灾能力评价的数学模型, 运用层次分析方法, 结合专家意见, 通过定量和定性相结合, 提出了防洪减灾能力的定量评价方法, 为客观评价我国区域防洪减灾能力提供了可能, 以淮河流域中游为研究区进行了实例评价, 证明评价指标构建科学, 方法可行。论文研究成果对加强我国综合防灾减灾能力建设具有重要的理论和现实意义。

参考文献:

- [1] 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策(分论)[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 史培军. 三论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3).
- [3] 史培军. 四论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6).
- [4] 高庆华, 张业成, 刘惠敏, 等. 区域减灾基础能力初步研究[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [5] 国家科委国家计委国家经贸委 自然灾害综合研究组. 中国自然灾害区划研究进展[M]. 北京: 海洋出版社, 1998.
- [6] 王文楷. 农田承灾力综合评价与分区[J]. 自然灾害学报, 1994, (3).
- [7] 梁留科. 农业灾情与抗灾能力的定量指标探讨[J]. 灾害学, 1992, 7(1).
- [8] 冯志泽. 建立城市自然灾害承灾力指标的思路探讨[J]. 灾害学, 1994, 9(4).
- [9] 安徽省统计局, 国家统计局安徽调查总队. 2008 安徽统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.