

② 6-11,13 用模糊综合评价法优选城市防洪标准*

施熙灿 刘宇琼

林贤忠[✓] 赵军明

(清华大学水利水电工程系 北京 100084) (广州市水利局 广州 510030)

TU984-4

~~015~~

~~TU984-116~~

TU984-116

摘要 防洪标准与城市的政治、社会、经济与环境等多种因素有关,这些因素均具有一定程度的“不确定性”(或称“模糊性”),本文以南方某大城市为例,介绍用模糊多因素、多层次综合评价法优选城市防洪标准的方法,先建立多目标多因素评价体系,再确定各指标的隶属函数与隶属度,用层次分析法确定各指标及效果的权重,最后定出城市防洪标准的决策向量,结果表明,本文举例城市的防洪标准提高到 300 年一遇为最优方案。

关键词 防洪;防洪规划;城市防洪标准;模糊综合评价法

城市防洪规划的首要问题,就是选择合理的防洪标准,所谓防洪标准,是指采取工程或非工程措施后城市所具有的防御洪水的能力,一般用所防御洪水的频率或其重现期表示,城市防洪标准越高,可以防御比较稀遇的洪水,防洪安全程度大,但投资多;反之,如果防洪标准低,虽然所需投资较少,但是一旦发生大洪水时便无法防御,使人们生命财产蒙受巨大损失,因此,城市防洪标准的选择,需要综合考虑政治、经济、社会、环境等各方面的因素,从具体到抽象、从微观到宏观、从定量到定性、从局部到整体进行多层次、多方位的考察,由于这些因素具有一定程度的“不确定性”或“模糊性”,故采用模糊综合评价法进行城市防洪标准的选择比较合适,本文结合某城市防洪设计标准的选择,介绍模糊层次综合评价方法的具体运用。

1 模糊层次综合评价法的原理及步骤

1.1 建立多层次多因素评价体系

一般来说,城市防洪标准的评价体系可分为以下四个层次:目标层、效果层、指标层和方案层,可根据具体情况确定若干评价指标或因素,这些层次和指标(因素)构成一个评价体系,例如,由图 1 所示的评价体系可建立一个评价指标集合: $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ 。

1.2 建立(决策)评语集

建立(决策)评语集: $V = \{V_1, V_2, \dots\}$, 这是指分级评语的集合,一般可视情况分为“很好”,“较好”。

“一般”,“较差”,“很差”等 5 个或 7 个、9 个评语等级。

1.3 建立单因素评判矩阵 R

建立单因素评判矩阵也就是确定各指标或因素的隶属度,应用模糊数学的概念,确定因素集中每一个指标隶属于评语集中不同评语分级的程度,称隶属度,隶属度根据隶属函数求得,隶属函数一般以 $\mu_V(x)$ 表示,含义是:因素集 U 中某一指标 x 隶属于模糊集 V 的程度,其取值在 0 到 1 之间,并以 r_{ij} 表示,此值即为指标 U_i 隶属于评语 V_j 的程度,即隶属度,隶属函数的形式,可通过资料统计推导或选用已有的公式,评价因素 U 中全部指标隶属度的合成,即为单因素评价矩阵 R 。

1.4 确定各因素的权重 W

一般采用层次分析法确定各因素的权重 W 。

1.4.1 层次分析法的原理

层次分析法就是将复杂的问题及众多的因素,分解组成一个有序的递阶层次结构,通过两两比较构造判断矩阵,计算判断矩阵最大特征值,根据矩阵理论,最大特征值可用于进行判断矩阵的一致性检查。

1.4.2 用层次分析法确定权重

1.4.2.1 建立递阶层次结构

以综合评价体系为基础,根据各因素相互之间的关系,将这些因素分成若干个层次,其中最高一层为目标,即所要达到的目标,中间层为影响目标层的若干效果准则,其下分别包括若干具体指标称为指标层,最下一层为方案层,可用综合评价法从中选择出最优方案,城市防洪标准选择体系的建立如图 1 所示。

第一作者简介:施熙灿,男,教授,从事水资源规划和水利经济研究。

* 国家自然科学基金研究项目子课题(编号: E09-59391219)。

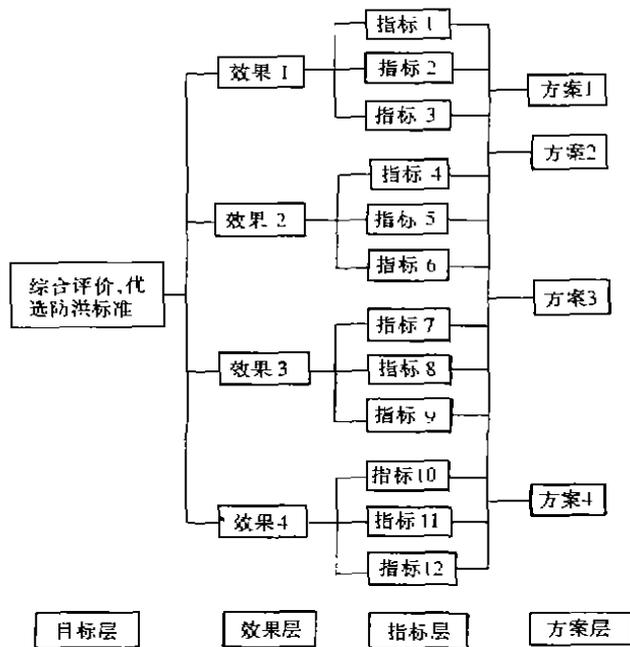


图1 多层次多因素评价体系

1.4.2.2 构造判断矩阵

判断矩阵是指针对上一层次中某一元素而言,本层次中各元素(指标)之间的相对重要关系.判断矩阵各元素可由决策者自己分析或请专家按照 Satty 教授提出的“1~9 比率标度”(见表 1)判定并给值.

表1 1~9 比率标度

标度	含义
1	表示两因素相比,具有“同样”重要性
3	表示两因素相比,一因素较另一因素“稍微”重要
5	表示两因素相比,一因素较另一因素“明显”重要
7	表示两因素相比,一因素较另一因素“强烈”重要
9	表示两因素相比,一因素较另一因素“极端”重要
2,4,6,8	表示两因素相比,其重要性处于上述两相邻判断之间

注:表中标准度所必须遵循的规则为:若因素 i 与因素 j 相比,标度为 a_{ij} ,则因素 j 与因素 i 相比,标度为 a_{ji} ,两者互为倒数,即 $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

例如,图 1 的递阶层次结构中,效果层 A_1, A_2, \dots, A_k 对上一层目标层 O 的判断矩阵如表 2 所示,表中判断矩阵右边的三列用于计算权重向量,其中,

$M_i = \prod_{j=1}^k a_{ij}$,即每一行的连乘积, $\bar{W}_i = \sqrt[k]{M_i}$,为连乘积的 k 次方根,将 $\bar{W} = (\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_k)$ 归一化,即令 $W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum \bar{W}_i}$,则得权重向量 $W = (W_1, W_2, \dots, W_k)$. 同理,采用上述方法可求出指标层各指标对效果层的权重. 权重求出后,需对判断矩阵进行一致性检查:

首先计算判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{max} = \sum_{i=1}^k \frac{(AW)_i}{mW_i}$,

然后计算一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$ 及一致性比率 $CR = CI/R_I$,其中 R_I 为平均随机一致性指标,可由表 3 查得,认为当 $CR < 0.1$ 时,符合一致性要求.

表2 判断矩阵及权重的确定

效果层	判断矩阵				权重		
	A_1	A_2	...	A_k	M_i	\bar{W}_i	W_i
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1k}	M_1	\bar{W}_1	W_1
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2k}	M_2	\bar{W}_2	W_2
...
A_k	a_{k1}	a_{k2}	...	a_{kk}	M_k	\bar{W}_k	W_k

表3 平均随机一致性指标值

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_I	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

1.5 进行模糊层次综合评价

决策向量为 $B = WR = (B_1, B_2, \dots, B_n)$,取其中最大的分量作为此次评价所求出的最优方案.下面结合实例予以说明.

2 某城市防洪设计标准选择

2.1 基本资料

某市是我国南方重要城市,市区面积 1444 km²,人口 368 万,地处珠江三角洲北缘,在珠江下游北、西、东三江的汇合处.市区地势低洼,易受洪水和风暴潮侵袭,历来是洪潮为患之地.1915 年北、西江下游同时发生 200 年一遇的大洪水,东江下游亦出现较大洪水,北江大堤决口,水淹市区 7 天.该市是某省的省会,全省的政治、经济、文化、交通中心,也是我国对外经济文化交流中心,目前该市的经济实力已跃居全国城市第三位.鉴于该城市的重要地位,其防洪安全必须得到可靠的保证.

该城市的外围以北江大堤为依托,防御来自北江与西江的洪水,大堤曾于 1987 年初按 100 年一遇的防洪标准整修加固,是市区的防洪屏障.为了进一步提高城市防洪标准,正兴建北江的飞来峡水库,拟建西江红水河的龙滩水库和黔江的大藤峡水库,当 3 座水库建成后,堤库结合,市区防洪标准可提高到 800 年一遇.现对市区防洪设计标准进行技术经济论证,结果见表 4.

表 4 的计算中,所有费用与效益均按 2000 年经济发展水平计算.由技术经济论证结果可以看出,第四方案的净效益现值小于 0,显然是不可取的.对于其它 3 个方案,可进行敏感性分析.假设工程投资增加 10%~20%,年效益减少 10%~20%.计算结果净效益现值 ENPV 和效益费用比 EB/CR 仍然分别大于 0.0 和 1.0,所以表 4 技术经济论证对于下面进行的综合评价是有参考价值的.

2.2 建立多目标多因素评价体系

综合考虑政治、社会、技术、经济等多方面的条件,现拟定 4 个方案进行比较,即防洪标准分别由

表 4 某市防洪设计标准技术经济论证

重现期 N/a	工程投资 K/万元	工程年 运行费 U/万元	工程年 效益 ^② B/万元	投资差 额 ΔK /万元	年运行 费差 ΔU/万元	年效益 差 ΔB /万元	差额投 资总 值 K' /万元	差额年 运行 费总 值 U' /万元	差额总 费用 C'/万元	差额效 益总 值 B' /万元	经济效 益费 用比 EBCR /%	净效益 现值 ENPV /万元	经济内 部收 益率 EIRR /%	投资回 收期 P _i /a
100	100 600	2 012	40 960											
200	101 200	2 024	41 968	600	12	1 008	762	100	862	14 515	16.8	13 653	60.1	1
300	102 400	2 048	42 349	1 200	24	381	1 525	200	1 725	5 486	3.18	3 761	23.95	4
500	104 900	2 098	42 658	2 500	50	309	3 117	415	3 532	4 450	1.28	918	13.91	10
800	107 900	2 158	42 844	3 000	60	186	3 812	498	4 310	2 678	0.62	-1 632	8.82	24

注:①表中的计算基于 2000 年经济发展水平,施工期 $m=5a$,以工程竣工后正常运行期第一年年年初为基准年,正常运行期 $n=50a$,社会折现率 $i_s=12\%$,防洪经济效益年增长率 $g=5\%$;② $U=0.02K$;③ ΔK 为相邻重现期工程投资之差;④ ΔU 为相邻重现期工程年运行费之差;⑤ ΔB 为相邻重现期工程年效益之差;⑥ $K' = \frac{\Delta K}{5} [F/A, 12\%, 5] = 1.2706\Delta K$;⑦ $U' = \Delta U [P/A, 12\%, 50] = 8.304\Delta U$;⑧ $C' = K' + U'$;⑨考虑防洪效益年增长率的各年总效益现值计算公式为: $B' = \Delta B \frac{1+g}{i_s-g} \left[\frac{(1+i_s)^n - (1+g)^n}{(1+i_s)^n} \right] = 14.4\Delta B$;⑩ $EBCR = B'/C'$;⑪ $ENPV = B' - C'$;⑫经济内部收益率 $EIRR$ 为项目计算期内各年净效益现值累计等于 0 时的折现率,即由以下方程式: $\frac{\Delta K}{m} [F/A, i, m] = \Delta B \frac{1+g}{i-g} \left[\frac{(1+i)^n - (1+g)^n}{(1+i)^n} \right] - 8.304\Delta U$ 解出的 i 值;⑬ $P_i = \Delta K / (\Delta B - \Delta U)$.

100 年一遇提高到 200 年一遇,由 200 年一遇提高到 300 年一遇,由 300 年一遇提高到 500 年一遇,由 500 年一遇提高到 800 年一遇,并确定政治、社会、经济、环境 4 个效果准则及 12 个评价指标,建立评价体系如图 2 所示。

这些评价指标的具体说明如下。

2.2.1 政治效果方面的评价指标

a. 对国际交往、改革开放的影响.某市是我国对外经济、文化交流的中心,也是华南地区的金融中心.目前该市已与 140 多个国家和地区的银行建立了业务联系,世界上也有 20 多家银行在该市设立了办事处,每年往返本市的外国人、港、澳、台人士共约 200 万人次,但市区地势低洼,如果防洪标准较低,一旦遭受洪水袭击,堤坝溃决,将严重影响国际交往和改革开放。

b. 对投资环境的影响.工程建成后,大大提高了防洪安全的保障,相应改善了投资环境,促使国内

外企业或个人为该城市及其附近地区经济的发展进行投资或再投资。

c. 对政治安定团结的影响.本市是全省乃至整个华南地区的政治、经济、文化、交通的中心,如果具有较高的防洪标准,可免除洪涝灾害,保证人民生活安定,工厂企业安全生产,交通运输畅通无阻,将有利整个社会的安定团结和政治稳定。

2.2.2 社会效果方面的评价指标

a. 促进社会经济的发展.防洪工程带来的社会效益,将在很大程度上促进地区经济的进一步发展。

b. 保护人民生命财产安全.防洪工程的主要效益就是对人民生命财产安全的保障,防洪标准越高,对人民生命财产安全的保障作用就越大。

c. 施工占地、居民迁移问题.防洪工程的修建,必然牵涉到土地的占用和居民的迁移问题,这在一定程度上影响了人民生活的安定,安置移民问题也较复杂。

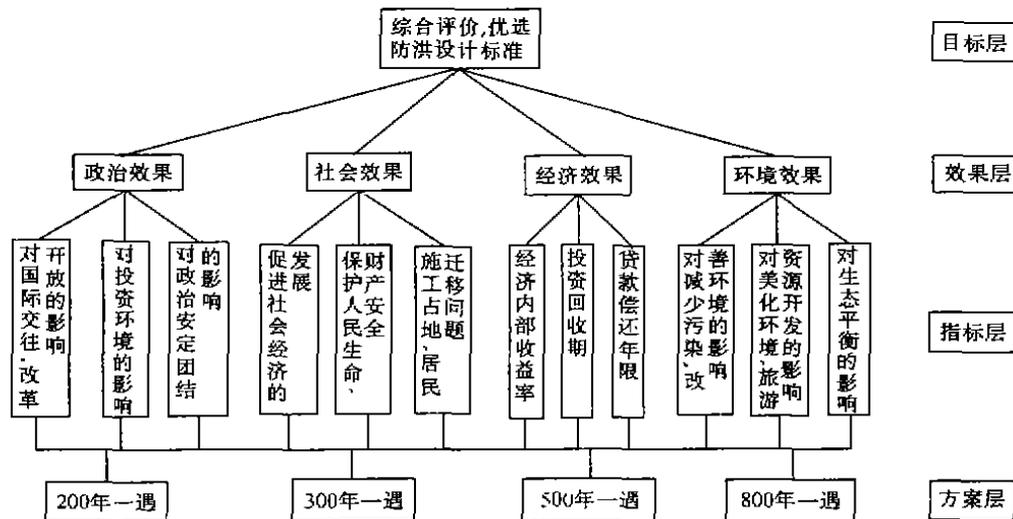


图 2 多目标多因素评价体系

2.2.3 经济效果方面的评价指标

a. 经济内部收益率. 经济内部收益率 $EIRR$ 是指项目计算期内各年净效益现值累计等于零时的折现率, $EIRR$ 愈大, 经济上愈为有利.

b. 投资回收期. 投资回收期 P_t 以工程的净效益抵偿全部投资所需要的时间表示, 一般以年计, 从建设开始年起算.

c. 贷款偿还年限. 贷款偿还年限 P_d 是指工程投入运行后可供还款的各项资金偿还借款本金和利息所需的时间, 一般从借款年开始起算.

2.2.4 生态环境方面的评价指标

a. 减少污染, 改善环境. 防洪工程建成投入运行后, 由于减免洪涝灾害, 从而减少城市污染, 并可改善城市环境.

b. 对生态平衡的影响. 防洪工程修建时不可避免要挖压占地, 影响原地貌、地形、植被等, 从而影响生态平衡.

c. 美化环境, 开发旅游资源. 防洪工程建成后, 对该地区环境的美化及旅游资源的开发具有一定的积极作用.

2.3 确定隶属函数与隶属度

根据水利工程经济评价的有关规定及本工程的具体特点, 对 12 个指标 (包括 3 个定量指标和 9 个定性指标) 的隶属函数分别确定如下:

2.3.1 定量指标隶属函数及隶属度的确定

a. 经济内部收益率 $EIRR$ (%). 经济内部收益率隶属函数为

$$\mu_V(EIRR) = \begin{cases} 1.0, & \text{当 } EIRR \geq 16\% \\ \frac{EIRR - 8\%}{16\% - 8\%}, & \text{当 } 8\% \leq EIRR < 16\% \\ 0, & \text{当 } EIRR < 8\% \end{cases}$$

将各个方案的 $EIRR$ (见表 4) 代入, 可求得 4 个方案的经济内部收益率对经济效果的隶属度依次为: $\mu_V(60.1\%) = 1.0$, $\mu_V(23.95\%) = 1.0$, $\mu_V(13.91\%) = 0.74$, $\mu_V(8.8\%) = 0.1$.

b. 投资回收期 P_t . 暂不考虑资金时间因素, 静态投资回收期分别为 1, 4, 10, 24 a (见表 4), 拟定隶属函数为

$$\mu_V(P_t) = \begin{cases} 1.0, & \text{当 } P_t \leq 4 \\ \frac{12 - P_t}{12 - 4}, & \text{当 } 4 < P_t \leq 12 \\ 0, & \text{当 } P_t > 12 \end{cases}$$

经计算, 4 个方案的投资回收期对经济效果的隶属度分别为 1.0, 1.0, 0.25, 0.

c. 贷款偿还年限 P_d . 已知第 1, 2, 3, 4 方案的贷款偿还年限 P_d 分别为 8, 9, 10, 12 a, 现拟定隶属函

数为

$$\mu_V(P_d) = \begin{cases} 1.0, & \text{当 } P_d \leq 5 \\ \frac{15 - P_d}{15 - 5}, & \text{当 } 5 < P_d \leq 15 \\ 0, & \text{当 } P_d > 15 \end{cases}$$

将各方案的贷款偿还年限 P_d 代入隶属函数的表达式中, 可求得它们的隶属度分别为 0.7, 0.6, 0.5, 0.3.

2.3.2 定性评价指标隶属度及隶属函数的确定

定性评价指标隶属度的确定与定量评价指标隶属度的确定在方法上有所不同, 一般采用相对比较法, 即通过建立关系矩阵来推求隶属函数及隶属度. 关系矩阵一般按以下方法建立: 针对某一定性指标, 将两个方案 X, Y 进行对比, 如果 X 与 Y 的关系程度为 $f_y(x)$, 则 Y 与 X 的关系程度也随之相对确定为 $f_x(y)$, 要求满足: $0 \leq f_x(x), f_x(y) \leq 1$ (即两者均在 0~1 之间). 例如, 对于政治效果的第一指标, 4 个方案均可不同程度地促进国际交往与改革开放, 将方案 1 与方案 2 进行比较, 如果方案 1 促进的程度为 0.3, 方案 2 促进的程度为 0.4, 则它们之间的相互关系为 $(f_2(1), f_1(2)) = (0.3, 0.4)$. 同理, 其它方案的两两关系为: $(f_3(1), f_1(3)) = (0.3, 0.5)$, $(f_4(1), f_1(4)) = (0.3, 0.6)$, $(f_3(2), f_2(3)) = (0.4, 0.5)$, $(f_4(2), f_2(4)) = (0.4, 0.6)$, $(f_4(3), f_3(4)) = (0.5, 0.6)$.

现将两两相对比较结果列于表 5.

表 5 二元相对比较结果

方 案	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
方案 1	1.0	0.3	0.3	0.3
方案 2	0.4	1.0	0.4	0.4
方案 3	0.5	0.5	1.0	0.5
方案 4	0.6	0.6	0.6	1.0

下面确定隶属函数. 如果属愈大愈好型函数 (例如提高防洪标准对国际交往、改革开放的影响), 则记 $f(x/y) = \frac{f_y(x)}{\max(f_x(y), f_y(x))}$, 对于愈小愈好型函数 (例如提高防洪标准对施工占地、移民问题的影响), 则取 $f(x/y) = \frac{\min(f_x(x), f_x(y))}{f_y(x)}$, $f(x/x) = 1.0$, 则定性指标的隶属函数为愈大愈好型:

$$f(x/y) = \begin{cases} \frac{f_y(x)}{f_x(y)}, & \text{当 } f_y(x) \leq f_x(y) \\ 1.0, & \text{当 } f_y(x) > f_x(y) \end{cases}$$

愈小愈好型:

$$f(x/y) = \begin{cases} \frac{f_x(y)}{f_y(x)}, & \text{当 } f_y(x) \geq f_x(y) \\ 1.0, & \text{当 } f_y(x) < f_x(y) \end{cases}$$

对促进国际交往而言,各方案以 $f(x/y)$ 为元素建立的关系矩阵如表 6 所示,然后对关系矩阵的每一行取最小值,作为该方案对这一定性指标的隶属度。

表 6 关系矩阵及隶属度

方案	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	隶属度
方案 1	1	3/4	3/5	3/6	3/6
方案 2	1	1	4/5	4/6	4/6
方案 3	1	1	1	5/6	5/6
方案 4	1	1	1	1	1

同理,可求出其它定性指标的隶属度。为便于比较,现将各方案的所有指标的隶属度(包括 9 个定性指标和 3 个定量指标)一并列于表 7,并将隶属度归一化,即使 4 个方案任一指标的隶属度之和等于 1.0,而各方案之间的比例关系则保持不变。

2.4 用层次分析法确定各指标及效果的权重

采用前述的层次分析法,分析各指标的相对重要程度,从而确定判断矩阵及其权重。对于优选城市防洪标准目标层而言,需确定 4 个效果(政治、社会、经济、环境)的权重向量 W ;对于效果层,需确定有关指标的权重向量 W_1, W_2, W_3, W_4 。现对①政治效果;②社会效果;③经济效果;④生态环境效果的重要性比较如下:②较①稍微重要,根据表 1 的规定,取比率标度为 3,即 $a_{12} = 1/3, a_{21} = 3$;①与③相比,重要性之比为 1:3,则 $a_{13} = 1/3, a_{31} = 3$;①与④相比,重要性之比为 2:1,则 $a_{14} = 2, a_{41} = 1/2$ 。用同样的方法可确定各效果之间的相对重要程度。现建立优选防洪设计标准判断矩阵如表 8。

由表 8 求得效果层的权重向量为 $W = (0.137, 0.394, 0.394, 0.075)$ 。同理,可确定属于各效果准则所有指标的权重,分别列于表 9~12。

表 8 优选防洪设计标准判断矩阵及各个效果的权重

效果层	判断矩阵				M_i	$\bar{W}_i = \sqrt[4]{M_i}$	$W_i = \bar{W}_i / \sum \bar{W}_i$
政治效果	1	1/3	1/3	2	2/9	0.687	0.137
社会效果	3	1	1	5	15	1.968	0.394
经济效果	3	1	1	5	15	1.968	0.394
环境效果	1/2	1/5	1/5	1	1/50	0.376	0.075

表 9 政治效果判断矩阵及其各指标的权重

评价指标	判断矩阵			M_i	\bar{W}_i	W_i
对国际交往、改革开放的影响	1	1/3	1	1/3	0.693	0.2
对投资环境的影响	3	1	3	9	2.08	0.6
对政治安定团结的影响	1	1/3	1	1/3	0.693	0.2

表 10 社会效果判断矩阵及其各指标的权重

评价指标	判断矩阵			M_i	\bar{W}_i	W_i
促进社会经济的发展	1	1/3	3	1	1	0.258
保护人民生命财产安全	3	1	5	15	2.466	0.637
施工占地、居民迁移问题	1/3	1/15	1	1/15	0.405	0.105

表 11 经济效果判断矩阵及其各指标的权重

评价指标	判断矩阵			M_i	\bar{W}_i	W_i
经济内部收益率	1	3	4	12	2.289	0.625
投资回收期	1/3	1	2	2/3	0.874	0.239
贷款偿还年限	1/4	1/2	1	1/8	0.5	0.136

表 12 生态环境效果判断矩阵及其各指标的权重

评价指标	判断矩阵				M_i	\bar{W}_i	W_i
对减少污染、改善环境的影响	1	2	1	2	1.26	0.4	
对生态平衡的影响	1/2	1	1/2	1/4	0.63	0.2	
对美化环境、开发旅游资源的影响	1	2	1	2	1.26	0.4	

表 7 各方案评价指标的隶属度

评价指标	隶属度原值				归一化后的隶属度			
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4
政治效果(R_1)								
对国际交往、改革开放的影响	3/6	4/6	5/6	1	0.167	0.222	0.278	0.333
对投资环境的影响	1/5	3/5	4/5	1	0.077	0.231	0.307	0.385
对政治安定团结的影响	4/7	5/7	6/7	1	0.182	0.227	0.273	0.318
社会效果(R_2)								
促进社会经济发展	3/8	5/8	7/8	1	0.131	0.217	0.304	0.348
保护人民生命财产安全	6/9	7/9	8/9	1	0.200	0.233	0.267	0.300
施工占地、居民迁移问题	1	5/6	4/6	3/6	0.333	0.278	0.222	0.167
经济效果(R_3)								
经济内部收益率 $EIRR$	1.0	1.0	0.74	0.1	0.352	0.352	0.261	0.035
投资回收期 P_i	1.0	1.0	0.25	0	0.444	0.444	0.112	0
贷款偿还年限 P_d	0.7	0.6	0.5	0.3	0.333	0.285	0.238	0.144
生态环境效果(R_4)								
对减少污染、改善环境的影响	1/5	3/5	3/5	1	0.083	0.25	0.25	0.417
对生态平衡的影响	1	2/3	1/3	1/3	0.428	0.286	0.143	0.143
对美化环境、开发旅游资源的影响	1/4	2/4	3/4	1	0.1	0.2	0.3	0.4

注: R_1, R_2, R_3, R_4 为单因素评判矩阵

将以上权重计算结果统计列于表 13。

表 13 各效果及指标的权重(括号内为权重值)

政治效果 (0.137)	社会效果 (0.394)	经济效果 (0.394)	生态环境效果 (0.075)
对国际交往、 改革开放的影 响(0.2)	促进社会经 济的发展(0.285)	经济内部收益 率(0.625)	对减少污染、 改善环境的影 响(0.4)
对投资环境的 影响(0.6)	保护人民生 命财产安全 (0.637)	投资回收期 (0.239)	对生态平衡的 影响(0.2)
对政治安定团 结的影响(0.2)	施工占地、居 民迁移问题 (0.105)	贷款偿还年限 (0.136)	对美化环境、 开发旅游资源 的影响(0.4)

权重求出后,应对判断矩阵进行一致性检查,即检查各个效果的权重之间及各个指标的权重之间是否存在矛盾之处,检查的方法已在前面叙述过,即先计算矩阵的最大特征值 λ_{max} ,然后求出一致性指标 CI 及一致性比率 CR ,经验证以上各判断矩阵的 CR 均小于 0.1,故所求出的权重是合理的。

2.5 优选城市防洪标准的决策向量 B

2.5.1 政治效果决策向量 B_1

由表 7,查得 4 个方案各指标对政治效果的隶属度(即矩阵 R_1),又由表 9 的计算知 $W_1 = (0.2, 0.6, 0.2)$,则 B_1 可由下式求得:

$$B_1 = W_1 R_1 = (0.2, 0.6, 0.2) \cdot \begin{bmatrix} 0.167 & 0.222 & 0.278 & 0.333 \\ 0.077 & 0.231 & 0.307 & 0.358 \\ 0.182 & 0.227 & 0.273 & 0.318 \end{bmatrix} = (0.116, 0.2284, 0.2944, 0.3612)$$

2.5.2 社会效果决策向量 B_2

同理,社会效果决策向量 B_2 可由下式求得:

$$B_2 = W_2 R_2 = (0.258, 0.637, 0.105) \cdot \begin{bmatrix} 0.131 & 0.217 & 0.304 & 0.348 \\ 0.200 & 0.233 & 0.267 & 0.300 \\ 0.333 & 0.278 & 0.222 & 0.167 \end{bmatrix} = (0.1962, 0.2336, 0.2718, 0.2984)$$

2.5.3 经济效果决策向量 B_3

$$B_3 = W_3 R_3 = (0.625, 0.239, 0.136) \cdot \begin{bmatrix} 0.352 & 0.352 & 0.261 & 0.035 \\ 0.444 & 0.444 & 0.112 & 0.000 \\ 0.333 & 0.285 & 0.238 & 0.144 \end{bmatrix} = (0.3714, 0.3649, 0.2223, 0.0414)$$

2.5.4 生态环境效果决策向量 B_4

$$B_4 = W_4 R_4 = (0.4, 0.2, 0.4) \cdot \begin{bmatrix} 0.083 & 0.25 & 0.25 & 0.417 \\ 0.428 & 0.286 & 0.143 & 0.143 \\ 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.4 \end{bmatrix} = (0.1588, 0.2372, 0.2486, 0.3554)$$

2.5.5 城市防洪标准决策向量 D

$$D = WB = W \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} =$$

$$(0.137, 0.394, 0.394, 0.075) \cdot$$

$$\begin{bmatrix} 0.116 & 0.2284 & 0.2944 & 0.3612 \\ 0.1962 & 0.2336 & 0.2718 & 0.2984 \\ 0.3714 & 0.3649 & 0.2223 & 0.0414 \\ 0.1588 & 0.2372 & 0.2486 & 0.3554 \end{bmatrix} =$$

$$(0.2514364, 0.2848896, 0.2536532, 0.2100208)$$

根据以上计算结果,可知: $d_2 = 0.2848896 > d_3 = 0.2536532 > d_1 = 0.2514364 > d_4 = 0.2100208$,故初步认为第 2 方案即城市防洪标准提高到 300 年一遇为最优方案,其次为第 3 方案(500 年一遇),再次为第 1 方案(200 年一遇),再其次为第 4 方案(800 年一遇)。

3 进一步研究的问题

3.1 城市防洪标准的最终确定

根据模糊综合评价的结果,结合防洪标准技术经济论证以及对各方面情况的综合考察,最终选定该城市的防洪标准为 300 年一遇,具体理由如下:

a. 根据表 4 的防洪设计标准技术经济论证,300 年一遇方案的经济内部收益率 $EIRR = 23.95\%$,投资回收期为 4 年,净效益现值为 3761 万元,效益费用比为 3.18,这说明该方案在经济上是极为有利的。

b. 根据 GB50201—94《防洪标准》第 1.0.4 条:“应根据防洪安全要求,并考虑经济、政治、社会、环境等因素,综合论证确定”,本文采用模糊综合评价法进行城市防洪标准的选择,所得结果为重现期 $N = 300$ 年一遇最为有利。

c. 根据 GB50201—94《防洪标准》第 2.0.1 条:“特别重要城市非农业人口 ≥ 150 万人,防洪标准重现期 $N \geq 200$ 年一遇”,该市为我国南方重要城市,市区面积 1444 km^2 ,人口 368 万人,故防洪标准应大于 200 年一遇。

d. 与其它国内特别重要城市的防洪标准相比较,北京为可能最大洪水 $PMF(N > 1000$ 年一遇),上海为 1000 年一遇,目前该市的经济实力已跃居全国城市第三位,如采用 300 年一遇,是比较合适的。

3.2 城市防洪标准应分区考虑

按照 GB50201—94《防洪标准》第 2.0.2 条,应根据城市各地区的重要性、洪水灾害的危害程度和防护

(下转第 13 页)

白.为普及防汛知识,开展了汛前培训,组织各级领导干部观看有关防汛抢险的电视片,并请专家上课;在汛期又组织现场抢险培训,受训者达 10 万人次。

其次,及时进行汛前检查,抢做水毁工程.春节前,省政府组织一批专家对长江防汛工作进行了重点检查,对查出来的问题,明确措施、责任,限期解决.对于影响度汛安全的水毁工程、险工险段和险涵闸,纳入江堤达标建设和防汛抢修计划,抢在汛前完成。

再次,落实防汛物资储备,建立防汛抢险队伍.汛前,各级都落实了草包、块石、土工布等防汛物资的储备.长江沿线组织了防汛抢险队伍 1.45 万支,共 120 万人.为确保长江河势稳定和堤防安全,还着重抓了长江采砂管理,实施长江河段全线禁采。

3 加强组织领导和指挥调度,实施科学决策,严防死守,主动出击,及时抢险,确保安全

进入汛期以后,我们充分利用覆盖全省的计算机防汛通讯网络,及时掌握各种信息,为科学决策提供依据,采取了错峰调度等一系列措施,并能迅速付诸实施.江苏省防汛防旱指挥部制定了科学合理的防汛调度预案.什么时候进行什么工作,实施什么措施,包括物资到位,抢险人员到位,人员转移,解放军及武警官兵上堤,都作了科学周密的部署.在抗洪斗争的关键时期,省常委会及时确定了“主动出击,严防死守”的指导思想和“三防”方针、“五保”目标,要求各级积极地防、主动地防、高标准地防;确保长江大堤和主要通江河道安全、确保人民生命财产安全、确保沿江大中小城市安全、确保交通干道安全、确保大中型企业安全.沿江各地认真贯彻“防重于抢,抢重于救”的方针,主动出击,严防死守.对长江大堤和通江河道进行严密防守,实行轮流值班上岗制,定人定段,坚持 24 小时昼夜拉网式堤防巡查制度,及早发现隐患,将险情消灭在萌芽阶段.对一些标准偏低、不能抗御超历史洪水的堤防,突击抢备积土,抢做子堰.对所有病险涵闸在紧急时期都实行了封堵.还特别抓了下半夜和降雨时的值班巡查.重点部位和险要地段预先做好集结队伍和现场备料工作,保证抢险措施 1 小时之内到位.省里先后派出 8 个专家组,进驻沿江各市,加强对抗洪抢险的技术指导.对 14 个江心洲事先都制定了防洪撤退预案,老弱病残有组织地转移.对有可能发生突发性决堤的薄弱地段也做好了人员紧急转移的准备.同时江苏省注重了新材料、新技术在抗洪斗争中的应用,如使用了大量的土工布,汛前仅省级就储备土工布 55 万 m^2 ;对砂土地基进行了插塑处理等等.在抗洪斗争的后

半期,更严格要求,更过细工作,反复宣传江泽民总书记“坚持、坚持、再坚持”的指示,日夜加强巡查、督查.对重点堤段、“一米不苟”,一米一米地查,一个涵闸一个涵闸地查.由于指挥得力,准备充分,汛期先后发生的 180 处险情,包括 48 处重大险情都及时得到了处理,化险为夷,转危为安.在整个长江防汛工作中,江苏省形成了抗洪四条线,即指挥决策一条线,做到指挥有序、有方、有力,科学合理,政令畅通;行政首长直接负责一条线,做到明确责任,靠前指挥,既当指挥员,又当战斗员;守堤防护一条线,做到坚守阵地,严防死守;水文、物资保障一条线,做到信息准确,保证供给.四条线组织严密,形成网络,联合行动,各司其职,恪尽职守,确保了长江抗洪斗争的全面胜利。

1998 年江苏省长江抗洪实际再一次说明,在与自然灾害的斗争中,光靠精神和勇气是不够的,还要有雄厚的抗灾物质基础,以及科学的防汛调度指挥体系.汛后江苏省委陈焕友书记提出“大灾后进一步反思,反思后进一步大干”,省委、省政府又作出了《关于进一步加快防洪保安基础设施建设的决定》,要求把防洪工程建设放在各项基础设施建设的首位,作为重中之重,切实抓紧抓好.我们要根据全省防洪工作的薄弱环节,针对 1998 年长江抗洪工作中暴露出来的问题,进一步加快全省防洪保安工程建设的步伐.此外,还要不断提高防洪基础设施和防洪监测、水文预报、气象预报、通信、调度决策的科技水平,实施防汛抗洪工作的科学管理和优化调度.总之,我们要通过几年时间的努力,基本建成国内一流、国际先进的现代化建设防洪保安基础设施体系,为全省现代化建设提供强有力的支撑。

(收稿日期:1998-11-18 编辑:马敏峰)

(上接第 11 页)

区非农业人口的数量选择不同的防护标准.本文采用模糊综合评价法所选择的 300 年一遇的防洪标准只适用于市区,对于郊区的防洪标准,应另行考虑。

另外,对各方方案防洪所需的工程影子投资,资料十分缺乏,在下阶段工作中应作进一步的研究。

参考文献

- 1 国家计委、建设部.建设项目经济评价方法与参数.第二版.北京:中国计划出版社,1993
- 2 SL72-94 水利建设项目经济评价规范
- 3 GB 50201-94 防洪标准

(收稿日期:1998-12-28 编辑:熊水斌)