

⑪

三峡工程 库区淹没 投资 决策模型

85-94

三峡工程库区淹没工业项目投资 决策模型研究

杨柳

(海南省建设银行)

严薇

周银河

(重庆建筑大学)

F-224.5

摘要 结合三峡工程库区淹没工业项目拆迁,应用层次分析法,将各种影响项目的因素用定量方式表示,并考虑资源有限性的制约,建立拆迁项目投资优化决策模型,为三峡工程的迁建工作提供一项有效、全面、实用的决策方法。

关键词 三峡,拆迁,投资,优化

中图法分类号 F224.5

三峡水利枢纽工程是建国以来最大的水利枢纽工程,其坝体建设、移民安置和城镇搬迁等工作巨大浩繁,世界罕见。面对各项纷繁的搬迁工作,涉及的很多问题是过去在基本建设中未曾遇见的。因此,不仅需要从宏观控制范围和规模上给予政策引导,而且需要结合三峡工程特点,在实际工作中应用一些准确、高效、简便的技术经济方法。本文从理论及应用的角度出发,试图针对三峡工程库区淹没工业项目拆迁建,建立相应的多项目投资优化决策模型,以期获得工业项目优选的最佳组合和相应的最大经济综合效益。

三峡工程对库区淹没地区来说是一个改变经济落后状况、实现经济腾飞的契机。淹没工业项目的迁建不仅是一次简单的拆除和重建,更是需要通过迁建达到存优淘劣、保存实力、改善经济结构、开拓市场的目的。面对大量类型不同,厂址不同,生产工艺不同的迁建工业项目,如何判断其优劣,将优势项目纳入优先拨款的计划内,将劣势项目纳入后期拨款或淘汰,其项目是否盈利是首要的评判标准,同时还应考虑社会因素和经济因素对项目选择的影响,通过递阶层次结构,将各种影响项目的因素用定量方式表示,并考虑资源的有限性的制约,建立相应的决策模型。

1 递阶层次结构

1.1 建立递阶层次结构

库区淹没工业项目的综合效益由经济效益与非经济效益组成。经济效益可以通过技术经济和财务经济分析进行定量描述。非经济效益一般是定性描述,故通过建立递阶层次结构

* 收稿日期:1995-05-22

杨柳,女,1967年生,海南省建设银行洋浦分行(521000)。

进行综合评判。根据选择工业项目需要考虑的因素及其它们之间的隶属关系,将各因素自上而下分为四个层次,其递阶层次结构如图1所示:

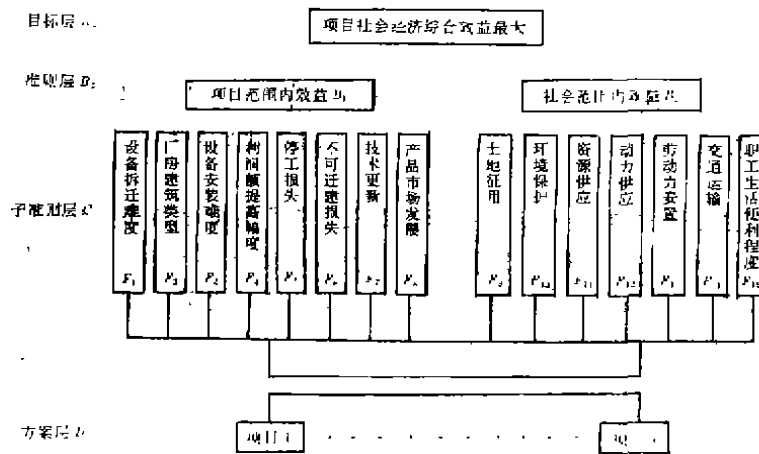


图 1. 递阶层次结构

1.2 计算排序权重 k_i

1.2.1 Saaty 标度法

在计算过程中,针对上一层准则,判断下一层准则相对重要性时,采用 Saaty 标度判断方法。其含义如表1所示:

表 1 Saaty 标度法及含义

| 程度 | 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,前者比后者稍重要 |
| 5 | 表示两因素相比,前者比后者明显重要 |
| 7 | 表示两因素相比,前者比后者强烈重要 |
| 9 | 表示两因素相比,前者比后者极端重要 |
| 2,4,6,8 | 表示上述相邻判断的中间值 |
| 倒数 | 若因素 i 与因素 j 的重要性之比为 a_{ij} , 那么因素 j 与因素 i 的重要性之比 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ |

根据 Saaty 标度法判断准则,经过两两比较,相对于上一层准则, n 个被比较方案构成了一个判断矩阵: $D = (d_{ij})_{n \times n}$, 其矩阵形式为:

| | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| f | D_1 | D_2 | ... | D_i | ... | D_n |
| D_1 | d_{11} | d_{12} | ... | d_{1i} | ... | d_{1n} |
| D_2 | d_{21} | d_{22} | ... | d_{2i} | ... | d_{2n} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| D_i | d_{i1} | d_{i2} | ... | d_{ii} | ... | d_{in} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| D_n | d_{n1} | d_{n2} | ... | d_{ni} | ... | d_{nn} |

同理,可求出子准则层 C 的判断矩阵及准则层 B 的判断矩阵。

构成判断矩阵后,根据和法求解各个被比较因素的相对于上一层准则的相对权重值。一致判断矩阵每一列归一化后就是相应的权重向量,公式为:

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

式中: $\sum_{j=1}^n a_{ij}$ —— 第 j 列元素归一化 $\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}$ —— 第 i 列归一化的各列相加

计算权重向量后,还需进行一致性检验,检验判断矩阵是否有大体上的一致性,若判断矩阵偏离一致性过大,则必须构造新的判断矩阵,以保证计算权重值的准确性。一致性检验主要是判断一致性指标 C. I. (consistency index) 与平均随机一致性指标 R. I. (random index) 的比值是否小于 0.1, 其计算步骤为:

(1) 计算一致性指标 C. I.

$$C. I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n}$$

式中: λ_{max} —— 矩阵最大特征根

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij} w_j}{w_i}$$

(2) 查找相应的平均随机一致性指标 R. I. 值见表 2:

表 2 平均随机一致性指标 R. I

| 矩阵阶数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R. I. | 0 | 0 | 0.52 | 0.89 | 1.12 | 1.26 | 1.36 | 1.41 | 1.46 | 1.49 | 1.52 | 1.54 | 1.56 | 1.58 | 1.59 |

(3) 计算一致性比例 C. R. (consistency ratio)

$$C. R. = \frac{C. I.}{R. I.}$$

当 C. R. < 0.1 时,判断矩阵的一致性是可以接受的, C. R. ≥ 0.1 时,应对判断矩阵作适当修改。

1.2.2 排序权重值 k 的计算

1) 根据上述公式计算权重向量和一致性检验,如下列综合判断矩阵所示:

(1) 判断矩阵 $A-B$

| | | | |
|-------|----------|----------|-------|
| A | B_1 | B_2 | w_1 |
| B_1 | b_{11} | b_{12} | w_1 |
| B_2 | b_{21} | b_{22} | w_2 |

$$\lambda_{\max} = \quad \text{R. I.} =$$

$$\text{C. I.} = \quad \text{C. R.} =$$

(2) 判断矩阵 $B-C$:

| | | | | | | | | | |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| B_1 | F_1 | F_2 | F_3 | F_4 | F_5 | F_6 | F_7 | F_8 | W_1 |
| F_1 | f_{11} | f_{12} | f_{13} | f_{14} | f_{15} | f_{16} | f_{17} | f_{18} | W_1 |
| F_2 | f_{21} | f_{22} | ... | ... | ... | ... | ... | f_{28} | W_2 |
| F_3 | f_{31} | f_{32} | f_{33} | ... | ... | ... | ... | f_{38} | W_3 |
| F_4 | f_{41} | f_{42} | f_{43} | f_{44} | ... | ... | ... | f_{48} | W_4 |
| F_5 | f_{51} | f_{52} | f_{53} | f_{54} | f_{55} | ... | ... | f_{58} | W_5 |
| F_6 | f_{61} | f_{62} | f_{63} | f_{64} | f_{65} | f_{66} | f_{67} | f_{68} | W_6 |
| F_7 | f_{71} | f_{72} | f_{73} | f_{74} | f_{75} | f_{76} | f_{77} | f_{78} | W_7 |
| F_8 | f_{81} | f_{82} | f_{83} | f_{84} | f_{85} | f_{86} | f_{87} | f_{88} | W_8 |

$$\lambda_{\max} = \quad \text{R. I.} =$$

$$\text{C. I.} = \quad \text{C. R.} =$$

B_2 同类推,但 f 从 f_9 至 f_{15}

(3) 判断矩阵 $C-D$

| | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| F_1 | D_1 | D_2 | ... | D_j | ... | D_n | w_1 |
| D_1 | d_{11} | d_{12} | ... | d_{1j} | ... | d_{1n} | w_1 |
| D_2 | d_{21} | d_{22} | ... | d_{2j} | ... | d_{2n} | w_2 |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| D_i | d_{i1} | d_{i2} | ... | d_{ij} | ... | d_{in} | w_i |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| D_n | d_{n1} | d_{n2} | ... | d_{nj} | ... | d_{nn} | w_n |

$$\lambda_{\max} = \quad \text{R. I.} =$$

$$\text{C. I.} = \quad \text{C. R.} =$$

F_2, F_3, \dots, F_{15} 同类推。

2) 计算排序权重值 k

(1) B 层总排序 = B 层单排序权值

(2) C 层总排序计算

B 层元素为 B_1, B_2 , 总排序值为 b_1, b_2 , 即 $b_1 = w_{a1}, b_2 = w_{a2}$

C 层元素为 F_1, F_2, \dots, F_{15}

相应单排序权值为:

$B_1: f_1^1, f_1^2, \dots, f_1^8$ 其中

$f_i^1 = w_i (i=1, 2, \dots, 8)$ 即对应于判断矩阵 $B-C$ 中 B_1 部分的 w

$B_2: f_2^9, f_2^{10}, \dots, f_2^{15}$ 其中

$f_i^z = w_i$ ($i=9,10,\dots,15$) 即对应于判断矩阵 $B-C$ 中 B_2 部分的 w_i , 故 f_i 的总排序权值为

$$f_i = \sum_{z=1}^2 b_z f_i^z \quad (i=1,2,\dots,15)$$

$$f_1 = b_1 f_1^1 + b_2 f_1^2 = b_1 f_1^1$$

$$f_2 = b_1 f_2^1$$

...

$$f_8 = b_1 f_8^1$$

$$f_9 = b_1 f_9^1 + b_2 f_9^2 = b_2 f_9^2$$

$$f_{10} = b_2 f_{10}^2$$

...

$$f_{15} = b_2 f_{15}^2$$

(3) D 层元素即为方案层的项目,分别为

D_1, D_2, \dots, D_n

相应单排序权值为:

$F_1: d_1^1, d_2^1, \dots, d_n^1$ 对应于判断矩阵 $C-D$ 中 F_1 部份的 w_i ($i=1,2,\dots,n$)

同理 $F_2: d_1^2, d_2^2, d_3^2, \dots, d_n^2$

.....

$F_{15}: d_{15}^1, d_{15}^2, \dots, d_n^{15}$

故 d_i 的总排序权值 k_i 为

$$k_i = d_i = \sum_{j=1}^{15} f_j d_i^j \quad (i=1,2,\dots,n)$$

$$\therefore k_1 = d_1 = f_1 d_1^1 + f_2 d_1^2 + f_3 d_1^3 + \dots + f_{15} d_1^{15}$$

$$k_2 = d_2 = f_1 d_2^1 + f_2 d_2^2 + f_3 d_2^3 + \dots + f_{15} d_2^{15}$$

...

$$k_n = d_n = f_1 d_n^1 + f_2 d_n^2 + \dots + f_{15} d_n^{15}$$

计算得到的 k_1, k_2, \dots, k_n , 即为层次分析法(The Analytic Hierarchy Process)决策模型中各备选项目相对于总目标的权重系数。

2 工业项目投资优化决策模型

2.1 目标函数

入选项目必须保证系统在该项目群组合下获得最大的综合效益。故目标函数为

$$\max_{x,y} \text{SPW} = \sum_{i=1}^n C_i K_i x_i y_i \quad (i=1,2,\dots,n)$$

式中, SPW——项目系统最大效益(system project worth)

k_i —— i 项目相对综合效益的总排序权值

C_i —— i 项目净效益现值指数

x_i —— i 项目优化投资额, 属于决策变量。

y_i ——0~1变量

$$y_i = \begin{cases} 0 & \text{不选 } i \text{ 项目时, } x_i = 0 \\ 1 & \text{选 } i \text{ 项目时, } x_i > 0 \end{cases}$$

其中: $C_i = \frac{NPV_i}{PVI_i}$

NPV_i —— i 项目在寿命期内的经济净现值

PVI_i —— i 项目总投资现值和

$$NPV_i = \sum_{t=0}^{T_i} E_{it} (1 + I_s)^{-t}$$

E_{it} ——表示 i 项目在第 t 年的净现金流量

$$E_{it} = CI_{it} - CO_{it}$$

CI_{it} —— i 项目第 t 年的现金流入量

CO_{it} —— i 项目第 t 年的现金流出量

T_i —— i 项目建设期和生产服务期的总和,即寿命期

I_s ——社会折现率,一般取10%

2.2 约束条件

影响工业项目的区域因素包括:

- (1) 与产品市场和原材料采购市场的位置关系
- (2) 道路、港口等运输设施的建设状况
- (3) 动力资源与排水费用
- (4) 劳动力市场供求关系
- (5) 与相关产业的位置关系

这些因素制约着工业项目投产后的运行状况和效益。下面的模型约束条件将逐一反映上述因素的重要性。

2.2.1 资金约束

资金约束是投资优化过程中的决定性制约因素。一定时间内拨入的移民资金有限性使备选工业项目不能都成为投资对象,只能选出一些具有经济优势的项目进入投资系统,故资金约束条件为:

$$M \geq \sum_{i=1}^n x_i y_i > 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

其中 M ——规划期内用于该模型应用范围内工厂迁建的移民资金总额

2.2.2 运输约束

交通运输作为连结项目与外界物质环境,交流物质信息的渠道,对项目的经济发展起着重要作用。尤其在山高道曲的库区淹没地区,工业项目的原材料来源和完成产品的外运销售,以及相关产品的运送与交通运输密不可分。因此,入选项目的交通运输要求必须低于地区交通系统所能提供的运载能力,即:

道路运输

$$0 \leq \sum_{i=1}^n a_{1i} x_i y_i \leq R_1$$

航道运输

$$0 \leq \sum_{i=1}^n a_{2i} x_i y_i \leq R_2$$

其中: $a_{ij} = \frac{i \text{ 项目规划期内对 } j \text{ 种运输业实物型或价值型消耗总和}}{i \text{ 项目规划期内投资总额现值和}}$

R_j ——规划期内地区交通系统能提供的 j 种运输业的运输总量

$$R_j = H_j \times G_j \times D_j$$

H_j ——规划期内地区系统提供 j 类运输业的货运总量

G_j ——规划期内 j 种运输业提供的路程公里总数

D_j ——规划期内 j 种运输业每单位公里使用所消耗的费用

2.2.3 能源约束

能源是提供工业项目正常运行的动力,一般分为电、煤、天然气三大类。地区动力系统提供的能源是有限的,故入选项目应在能源方面满足下列条件:

电:
$$0 \leq \sum_{i=1}^n a_{3i} x_i y_i \leq E_1$$

煤:
$$0 \leq \sum_{i=1}^n a_{4i} x_i y_i \leq E_2$$

天然气:
$$0 \leq \sum_{i=1}^n a_{5i} x_i y_i \leq E_3$$

其中

$$a_{ij} = \frac{i \text{ 项目规划期内对 } j \text{ 种能源的实物型消耗总量}}{i \text{ 项目规划期内投资总额原值和}}$$

E_j ——规划期内地区能源系统提供的 j 种能源的实物型总和

2.2.4 水资源约束

移民地区虽位于长江岸边,但在夏季用水高峰期供水量仍较紧缺,加上某些工业项目的特殊用水要求,使供水量不能充分满足要求,故有:

$$0 \leq \sum_{i=1}^n a_{6i} x_i y_i \leq w$$

式中: $a_{6i} = \frac{i \text{ 项目规划期内水的实物消耗总和}}{i \text{ 项目规划期内投资总额现值和}}$

w ——规划期内供给工业项目用水量总和。

2.2.5 劳动力资源约束

工业项目需要的人员分为智力人员和劳动人员,智力人员在管理、技术、开发等方面服务于项目,劳动人员则从事具体生产工作,库区劳动力结构失衡,长期存在技术力量不足、劳动力素质偏低的情况,因此,工业项目的人员需要还应受到劳动力资源约束。

高层技术人员
$$0 \leq \sum_{i=1}^n L_{1i} x_i y_i \leq G$$

劳动人员
$$\sum_{i=1}^n L_{2i} x_i y_i \geq H$$

其中:

$$L_{1i} = \frac{i \text{ 项目规划期内计划需要的高层技术人员总数}}{i \text{ 项目规划期内投资总额现值和}}$$

$$L_{2i} = \frac{i \text{ 项目规划期内计划需要的劳动人员总量}}{i \text{ 项目规划期内投资总额现值和}}$$

G ——规划期内地区系统提供的高层技术人员总量

H ——规划期内地区主管部门要求项目必须提供给社会的最低劳动人员就业人数

2.2.6 “三材”约束

“三材”指木材、钢材、水泥。迁建工作引起大量迁建项目的重建，形成的基建高潮，将使三材供应趋于紧张，故有下列约束：

$$\text{木材} \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{7,i,y} x_{i,y} \leq B_7$$

$$\text{钢材} \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{8,i,y} x_{i,y} \leq B_8$$

$$\text{水泥} \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{9,i,y} x_{i,y} \leq B_9$$

其中

$$a_{j,i} = \frac{i \text{ 项目在基建阶段消耗 } j \text{ 种材料的总量}}{i \text{ 项目规划期内投资总额现值和}}$$

B_j ——规划期内地区系统提供的 j 种材料总量

2.3 模型最终形式

目标函数：

$$\max_{x,y} \text{spw} = \sum_{i=1}^n C_i x_{i,y}$$

约束条件：

$$(1) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n x_{i,y} \leq M$$

$$(2) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{1,i,y} x_{i,y} \leq R_1$$

$$(3) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{2,i,y} x_{i,y} \leq R_2$$

$$(4) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{3,i,y} x_{i,y} \leq E_1$$

$$(5) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{4,i,y} x_{i,y} \leq E_2$$

$$(6) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{5,i,y} x_{i,y} \leq E_3$$

$$(7) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{6,i,y} x_{i,y} \leq W$$

$$(8) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n L_{1,i,y} x_{i,y} \leq G$$

$$(9) \quad \sum_{i=1}^n L_{2,i,y} x_{i,y} \geq H$$

$$(10) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{7,i,y} x_{i,y} \leq B_7$$

$$(11) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{8,i,y} x_{i,y} \leq B_8$$

$$(12) \quad 0 \leq \sum_{i=1}^n a_{0i} x_i y_i \leq B_0$$

$$i=1, 2, \dots, n$$

$$x_i \geq 0, \quad y_i = \begin{cases} 0, & \text{不选 } i \text{ 项目, } x_i = 0 \\ 1, & \text{选 } i \text{ 项目, } x_i > 0 \end{cases}$$

3 模型结果分析与数据说明

为检验优化系统模型计算得到的最优项目组合,必须对计算结果进行成本效益分析和敏感性分析,以证明是否符合财务评价标准,并评价某些变化的经济数据对投资项目的影晌程度。

3.1 成本效益分析

成本效益分析是通过各种备选项目的全部预期效益和全部预计代价的现值或比率来评估这些备选项目,以作为决策者进行选择 and 决策时的参考依据,一般采用内部报酬率(IRR)进行成本效益分析。

内部报酬率实质是项目的投资利润率,它表明了项目本身具有的最高获利能力,是评判包括多个性质、工艺均不相同的入选项目计算结果的最合适的方法,将计算得到的各个备选项目的 IRR 从大到小排列,若位于 IRR 序列较前的项目均为入选项目,则说明计算结果正确,反之则表明有误,需重新进行计算。

IRR 的计算公式为

$$\sum_{t=0}^n \frac{GB_t - TC_t}{(1+i)^t} = 0$$

式中 GB_t —— t 年收益

TC_t —— t 年成本

t ——各年度 n ——项目寿命期

i ——内部收益率

应用时,先试算出正、负净现值接近于零的两个贴现率,然后用线性插值公式求得内部报酬率。

$$IRR = i_1 + \frac{|NPV_1| \cdot (i_2 - i_1)}{|NPV_1| + |NPV_2|}$$

式中 i_1 ——净现值为正值时的折现率

i_2 ——净现值为负值时的折现率

NPV_1 ——对应 i_1 时的净现值(正)

NPV_2 ——对应 i_2 时的净现值(负)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{GB_t - TC_t}{(1+i)^t}$$

3.2 敏感性分析

在项目评估决策中,各个指标(如 NPV, IRR)在应用上究竟有多大的可靠性,取决于分析者对成本和效益的估计是否正确可靠,而它们在一定程度上受到某些不确定因素的影响,因此,决策者需要知道若估计出了差错,会给各项指标带来何种影响和影响的程度。

敏感性分析的计算方法采用不定性分析法。先使其他因素不变,只变动其中某个因素,然后再换另一个因素,算出各项因素的敏感度。

这里,我们以项目的投资额和利润额变化为判断标准。将选定的变动因素进行增减变化,计算出投资额和利润额的相应变化率,然后与变动因素的变化率进行比较,若小于变动因素变化率,则证明模型计算结果属低度敏感,抗风险能力强;反之则表明计算结果属高度敏感;风险性大,易受变动因素波动的影响。

3.3 计算方法与运用说明

因移民资金属分期逐级发放,故三峡工程地区级移民办公室分期掌握的工厂迁建资金是在一定数量范围内,如万县地区移民办首次工厂迁建移民资金额为1150万元,投资高峰期的工厂迁建金额不超过5000万元,因此资金的有限性使备选项目的数量不可趋于很大。在确定初选项目时,三峡工程分期蓄水的水位线是一个决定性的条件,按照不同时期淹没地区的项目,应用净效益——投资率法进行初选,代入模型内计算。在计算中,首先以初选项目时净效益——投资率为标准,从大到小筛选,然后以十二个约束条件为筛选标准,选择满足所有约束条件的项目组合,最后以入选项目的权重系数 K_i 和净效益现值指数 C_i 乘积的比例分配投资额计算综合效益值,以综合效益值最大对应的项目组合为入选项目的最佳组合。

为了检验模型的正确与可行,我们曾选用万县地区淹没工业项目为对象,根据此模型编写了一程序,应用计算机进行计算择优,并将结果与备选项目的实际生产赢利情况相比较,其结果与实际基本一致,从而证明了此模型的可行性与正确性。

(编辑:刘家凯)

A STUDY ON THE POLICYMAKING MODEL OF INVEST IN THE INDUSTRIAL PROJECTS TO BE INUNDATED IN THE RESERVIOR AREA OF THE THREE GORGES PROJECT

Yang Liu Yan Wei Zhou Yinkuo

(Faculty of civil Engineering)(Chongqing, Jianzhu University)

ABSTRACT In combination with the migration of industrial projects to be inundated in the reservoir area of The Three Gorges project, a level analysis approach is used to formulate a policymaking model of invest optimization for the projects to be migrated, in which various kinds of influential factor on the projects are presented quantitatively and the restriction of limited resources is considered. An effective, overall and applicable policymaking approach is provided for the migration of the Three Gorges project.

KEY WORDS The Three Gorges migration invest optimization