

# 项目群资金调配模型的遗传算法

刘敏华, 郑洁

(扬州大学工学院, 江苏 扬州 225009)

**摘要:**针对项目群资金调配问题的通用数学模型, 提出基于遗传算法的模型求解方法. 该方法利用遗传算法中随机搜索优化机制, 能较快获得最优解. 实例计算表明, 与现有的模型求解方法相比, 遗传算法具有较好的寻优效果, 可以作为求解项目群资金调配问题的一种新的补充方法.

**关键词:**项目群; 资金调配; 数学模型; 遗传算法

中图分类号: F224.0

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)06-0012-02

## 1 项目群资金调配的数学模型

在项目的技术经济分析中, 项目群的资金调配问题是一类重要而又较普遍的问题. 本文所讨论的项目群资金调配问题仅限于在独立的项目群中选择了  $m$  个项目后, 所需资金不超过项目资金预算额, 而在这  $m$  个项目上任加一个项目后, 其所需资金必大于资金预算额.

在许多实际水利工程的经济评价中, 在项目群中选择项目不仅只从经济角度进行分析, 还需考虑社会及环境效益、政治影响等其他因素<sup>[1,2]</sup>, 即项目群的资金调配是一个多指标评价分析问题. 针对这类问题, 现行的处理方法是根据不同的具体情况, 建立 0-1 型整数规划模型或动态规划模型加以求解.

### 1.1 0-1 型整数规划模型

这类模型的目标函数一般表示为项目的总净收益, 而约束条件则根据资源限量、社会需求等确定, 通用的数学模型如下<sup>[2]</sup>:

$$\begin{aligned} \max NETB &= \sum_{j=1}^m (B_j - C_j) \lambda_j X_j & (1) \\ \text{s. t} & \\ \begin{cases} \sum_{j=1}^m a_{ij} X_j \leq G_i, i = 1, 2, \dots, l \\ \sum_{j=1}^m b_{kj} X_j \geq H_k, k = 1, 2, \dots, p \\ X_j = 0 \text{ 或 } 1 \end{cases} & (2) \end{aligned}$$

式中:  $NETB$  为被选项目综合净效益之和;  $\lambda_j$  为考虑多目标后赋予第  $j$  项目的权重系数;  $B_j$  为第  $j$  项目的年收益;  $C_j$  为第  $j$  项目的年生产成本;  $m$  为独立项目

目的总数;  $a_{ij}$  为第  $i$  种资源第  $j$  项目的需要量;  $b_{kj}$  为第  $k$  种产品第  $j$  项目的社会需要量;  $X_j$  为 0-1 型决策变量 ( $X_j = 0$  表示第  $j$  项目不被选择,  $X_j = 1$  表示第  $j$  项目被选择);  $G_i$  为第  $i$  种资源的总量;  $H_k$  为第  $k$  种产品的社会最小需要量;  $l$  为资源方面的约束条件数;  $p$  为社会需求方面的约束条件数.

对于式(1)、式(2)所定义的 0-1 型整数规划模型, 目前常采用的求解方法是隐枚举法和分枝定界法, 这类方法思路简洁, 也具有较为可行的计算机程序. 但无论隐枚举法或目标值探索法、分枝定界法, 它们都需要对一定数量的项目组合可行性作分析比较, 而后在此基础上, 寻找出最优项目组合.

### 1.2 动态规划模型

用动态规划方法处理项目群的资金调配问题时, 类似于解决有限资源在若干用户间合理配置情形. 此时决策过程的阶段数由独立项目个数  $m$  决定, 阶段变量用  $n$  表示,  $n = 1, 2, \dots, m$ ; 决策变量设计为分配给第  $n$  项目的资金数, 以  $x_n$  表示; 状态变量设计为可用以分配给自第  $n$  项目至第  $m$  项目的资金数, 以  $q_n$  表示; 指标函数记为  $e_n(x_n)$ , 它表示第  $n$  项目在得到资金  $x_n$  后产生的净收益; 最优指标函数记为  $F_n(q_n)$ , 它表示以资金量  $q_n$  分配给自第  $n$  项目至第  $m$  项目所得到的最大净收益. 具体建模及求解过程可参见文献<sup>[1,2]</sup>.

众所周知, 多维动态规划模型的求解存在“维数灾”问题, 而这种问题在项目群资金调配需要考虑多种资源、社会需求约束时是不可避免的; 另外, 动态规划方法还难以设计统一的计算机程序, 这使得动态规划方法在实际运用中受到限制.

作者简介: 刘敏华(1964—), 女, 江苏靖江人, 讲师, 主要从事泵站自动化研究.

2 遗传算法

遗传算法(GA)是一种随机优化的方法,它是通过产生准随机数代替候选解以完成解空间的搜索,这种搜索法借助于生物激励机制,通过种群换代达到改善参与竞争的染色体的特征;随着种群的不断换代,前代候选解的概率分布相应地被后代更新<sup>[3,4]</sup>.本文所叙述的项目群资金调配决策问题的遗传算法,求解的是式(1)、式(2)所定义的数学模型.

一般通过前期项目方案的可行性分析及统计计算,可以得到如表 1 所示的项目群资金调配问题的决策参数.

表 1 资金调配决策参数表

| 项目<br>序号 | 第 1 种<br>资源需<br>要量<br>(设为<br>投资)<br>$a_{1j}$ | 第 2 种<br>资源需<br>要量<br>$a_{2j}$ | ... | 第 $l$ 种<br>资源需<br>要量<br>$a_{lj}$ | 第 1 种<br>社会需<br>求量<br>$b_{1j}$ | 第 2 种<br>社会需<br>求量<br>$b_{2j}$ | ... | 第 $p$ 种<br>社会需<br>求量<br>$b_{pj}$ | 综合净<br>效益<br>$\lambda B_{\#}$ |
|----------|----------------------------------------------|--------------------------------|-----|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|----------------------------------|-------------------------------|
| 1        | $a_{11}$                                     | $a_{21}$                       |     | $a_{l1}$                         | $b_{11}$                       | $b_{21}$                       |     | $b_{p1}$                         | $\lambda_1 B_1$               |
| 2        | $a_{12}$                                     | $a_{22}$                       | ... | $a_{l2}$                         | $b_{12}$                       | $b_{22}$                       | ... | $b_{p2}$                         | $\lambda_2 B_2$               |
| ...      | ...                                          | ...                            |     | ...                              | ...                            | ...                            |     | ...                              | ...                           |
| $m$      | $a_{1m}$                                     | $a_{2m}$                       |     | $a_{lm}$                         | $b_{1m}$                       | $b_{2m}$                       |     | $b_{pm}$                         | $\lambda_m B_m$               |
| 总计       | $TINV$                                       |                                |     |                                  |                                |                                |     |                                  |                               |

根据项目群资金调配决策问题特征,以及遗传算法原理,现给出遗传算法解决资金调配问题的步骤如下:

第一步:选择合适的编码方式表达遗传个体结构,并建立个体与设计变量间的映射关系.本文采用十进制编码来表示个体结构,则遗传算法染色体结构可表示为  $V = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m)$ ,其与项目投资相对应.

第二步:染色体向实际决策变量值的转换.如前所述,在项目群资金调配问题中,决策变量被设计为 0-1 型变量,即实际决策变量的取值只有 2 个,它们对应着项目被选择和不被选择.而第一步确定的个体结构  $V = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m)$  表示的是遗传算法中的染色体,它虽与项目投资数相对应,但并不具有完全的实际意义;其取值范围为  $0 \leq \tilde{x}_j \leq TINV, j = 1, 2, \dots, m; TINV$  为资金总预算额.染色体向实际决策变量值的转换可按下列方式进行:

$$\begin{cases} \text{当 } 0 \leq \tilde{x}_j \leq a_{1j} - \epsilon \text{ 时, } x_j = 0 \\ \text{当 } \tilde{x}_j > a_{1j} - \epsilon \text{ 时, } x_j = 1 \end{cases} \quad (3)$$

$(j = 1, 2, \dots, m)$

由此可见,在用遗传算法解决资金调配问题时,决策变量的设计可根据项目投资进行,而其余的资源限制以及社会最小需求量要求均能被作为约束条件加以检验,以保证每次换代计算中选择的每个染色体都满足约束条件.式中  $(a_{1j} - \epsilon)$  是预先设定的

使实际决策变量值发生变化的染色体界限值,其中  $\epsilon$  可根据投资的数量级以及四舍五入原则确定(下面的算例中  $\epsilon$  取 0.5).

第三步:构造适应度函数.由于问题的目标是求项目净收益最大,故可将适应度定义为所选项目的总净收益值.在种群换代操作中,每个染色体都先向实际决策变量值转换,而后再计算相应的适应度值;同样,每个染色体的可行性检验也都是使用与其对应的实际决策变量值.

第四步:选择种群规模、交叉概率以及变异概率,并设置种群更新代数  $N$ ;在种群初始化后,经过交叉、变异操作,进行种群的不断换代,实现随机优选过程.

第五步:输出最优个体及其对应的实际决策变量值,由实际决策变量值确定被选择的项目.

3 实例计算

3.1 实例一

文献[2]例 9-3. 选择种群规模为 40,置种群更新代数  $N = 200$ . 根据经验仅做几次试算,可确定选择交叉概率为 0.8,变异概率为 0.2. 根据实际模型情况,采用十进制编码方法表达解的结构,即  $V = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_9)$ ,并在依据步骤二进行染色体向实际决策变量转换时,界限值确定中的  $\epsilon$  取 0.5,整个计算过程可按前述步骤用 FORTRAN 语言编制计算程序实现.由于目标函数和约束条件均为线性式,故只需经过几代的种群更新换代便可得到最优解.

本例计算结果为:  $\tilde{x}_1 = 1\,357.87, \tilde{x}_2 = 566.59, \tilde{x}_3 = 112.51, \tilde{x}_4 = 768.61, \tilde{x}_5 = 912.95, \tilde{x}_6 = 300.71, \tilde{x}_7 = 502.02, \tilde{x}_8 = 350.30, \tilde{x}_9 = 120.93$ ;相应的实际决策变量为:  $x_1 = x_2 = 1, x_3 = 0, x_4 = x_5 = 1, x_6 = x_7 = x_8 = x_9 = 0$ . 即所选项目为 1, 2, 4, 5, 总净效益为 141.29 万元,总投资现值为 1 344 万元.

3.2 实例二

文献[2]例 9-4. 本例基本数据同例一,仅约束条件中尚需要考虑社会需求,如果建立动态规划模型求解,此时属于多状态变量问题,而现在只需将它们作为单纯的约束条件考虑即可.通过计算发现,该问题的遗传算法各参数同实例一,计算过程也大致相似.

计算结果为:  $\tilde{x}_1 = 776.06, \tilde{x}_2 = 774.59, \tilde{x}_3 = 74.27, \tilde{x}_4 = 480.20, \tilde{x}_5 = 765.50, \tilde{x}_6 = 16.27, \tilde{x}_7 = 187.44, \tilde{x}_8 = 225.10, \tilde{x}_9 = 261.38$ ;相应的实际决策变量值为:  $x_1 = x_2 = 1, x_3 = 0, x_4 = x_5 = 1, x_6 = x_7 = x_8 = x_9 = 0$ . 即所选项目为 1, 2, 4, 5, 总综合净效益为 1 729 万元,总投资现值为 1 344 万元.

(下转第 60 页)

步得到实施,面对如此大好的发展机遇,西部地区水利经济在发展和改革的进程中,应当立足于水资源和水能资源的优势,强化发展,优化管理,深化改革。

a. 要借西部大开发的东风,全面推进各项水利建设,把水利经济发展的目标和任务真正落到实处。水利经济发展可以促进区域经济发展,有利于保障社会经济的可持续发展。因此,要正确处理水利经济与区域经济的关系,以及水资源保障与经济社会可持续发展的关系。要充分发挥水资源和水能资源的优势,依靠科技进步与创新,建立多渠道、多元化的水利建设投(融)资体制,以水利经济的发展带动和促进各项社会经济事业的发展。同时,国家应加大对西部水利建设的投入,并尽快制定对西部水利经济发展的扶持与支持政策,如建立西部水利建设扶贫基金、西部水利综合配套设施建设和改造基金等。

b. 在完成水利经济发展的各项任务过程中,必须要在强化管理上下工夫,使水利经济管理有一个很大的提高。①要进一步理顺水管单位的发展思路,结合实际调整水利经营结构,以供水与水电发展为支柱,以水利旅游等为新的经济增长点,提高自我发展能力;②要继续加强水利国有资产产权界定工作,解决好水利公益性资产补偿问题,按照市场经济规律进行资产管理和资本运营;③在水利建设项目管理上,按照项目功能确定投资结构,按中央和地

方事权及地方经济承受能力确定投资分摊,有条件的按市场经济体制运作,无条件的仍按事业单位体制运作。与此同时,国家应当加强对西部水利经济发展与管理的政策指导。

c. 要按照社会主义市场经济体制的要求,深化水利经济体制的改革。①要在水资源管理体制上下大工夫,结合当地的实际情况,有条件地推进水务体制改革,以实现城乡水资源统一管理和加强区域水资源统一管理为基本目标;②要大力加强水利工程管理体制的改革,抓住当前的有利时机,因地制宜地把水管单位体制改革推向前进,增强水管单位的发展活力,促进水利经济的发展;③要进一步加快水价改革的步伐,建立起科学合理的水价形成机制和管理体制,保证水利工程的良性运行,促进节水、提高水资源利用效率,实现水资源的优化配置和可持续利用。国家应在体制改革的政策环境上,如电力体制改革等方面,给西部水利经济的发展予以更大的支持。

#### 参考文献:

- [1] 汪恕诚.认清形势,狠抓落实,全面推进水利事业发展[N].中国水利报,2002-1-17(2~3).
- [2] 余文学,赵敏,胡维松,等.水利经济学——基本理论与政策[M].南京:河海大学出版社,1995.

(收稿日期:2002-02-25 编辑:傅伟群)

(上接第13页)

## 4 结 语

本文针对项目群资金调配问题的通用数学模型,提出了基于遗传算法的模型求解方法。该方法能利用遗传算法中随机搜索优化机制,较快地获得最优解。由于使用了随机优化技术,因而避免了隐枚举法或目标值探索法、分枝定界法中相当数量的项目组合可行性比较,以及动态规划法求解多资源约束时遇到的“维数灾”问题。算例分析表明,与现有的模型求解方法相比,遗传算法具有独到的优点,可以作为求解项目群资金调配问题的一种新的补充方法。

#### 参考文献:

- [1] 傅家冀,全允恒.工业技术经济学[M].第二版.北京:清华大学出版社,1991.43~154.
- [2] 郑垂勇.项目分析技术经济学[M].南京:河海大学出版社,1994.184~206.
- [3] Dragan A S, Godfreg A W. Genetic algorithms for least-cost design of distribution networks[J]. J Water Resour Plng and Mgmt, ASCE, 1997, 123(2):67~77.
- [4] 刘宝碇,赵瑞清.随机规划与模糊规划[M].北京:清华大学出版社,1998.15~36.

(收稿日期:2001-12-14 编辑:傅伟群)

(上接第48页)

c. 下游坝脚保护.梁辉水库设计时,把下游坝脚在16m高程处延长4m,这样既增加了下游坝脚的渗透稳定性,又使大坝更加美观。

## 5 结 语

在较深厚覆盖层上建面板堆石坝,必须做好勘探与试验工作,摸清地基情况,查明河床覆盖层中有无高压缩性夹泥层,这是决定坝基覆盖层的保留或开挖的重要因素之一。如覆盖层的组成以砂卵石为主,天然状态较密实,力学强度较高,允许承载力较大,在此情况下覆盖层可不进行大开挖,只要在施工中加强质量管理,作为面板坝基础,不致造成坝体过大沉降,从而保证混凝土面板防渗体系的可靠性和完整性。

工程实践表明,覆盖层不进行大开挖,为梁辉水库工程节省了挖填工程量80万 $m^3$ ,缩短工期1年多,可避免雨季干扰、边坡塌方干扰等,具有较高的经济效益。

(收稿日期:2001-10-23 编辑:张志琴)