

层次分析法在海涂开发科学决策中的应用^①陆菊春 王华杰^u 沈佩君

(武汉水利电力大学 武汉 430072)

S 277.42

摘要 本文应用层次分析法,通过对海涂开发顺序方案定量分析和定性分析,并结合岱山仇家门海涂开发的具体实例,建立了层次分析结构模型,提出了其最优开发顺序。

关键词 海涂开发 层次分析法 数学模型

社会、经济、工程技术等领域出现的许多复杂系统,包含了许多定量与定性因素,给人们的决策带来了很大困难。通常存在的两种倾向是:①过分强调数学模型和计算机技术的结合,期望对系统进行定量而精确的分析,把人们的判断和经验等因素完全或基本抛弃;②偏重于行为、逻辑、推理方面的研究,忽视了大量定量数据。层次分析法的提出为人们提供了一种定量分析和定性分析相结合的方法。对于一个具有层次性特征的系统来说,它可以由高层次到次级再到次次级,如此逐级分解,把整个系统分解为一个金字塔式树状层结构,通过各层元素的两两比较,使定性因素转化为定量因素,把多目标、多准则的决策问题转化为多层次、单目标的两两对比问题。

海涂开发是一个涉及资金、劳力、技术以及泥沙淤积等众多因素的复杂问题^[1]。开发顺序就是在其规划年限内安排各阶段开发的工程项目,确定围涂面积以求在整个计算期内获得最好的经济效益和社会效益。确定开发顺序常在完成下述工作后进行:①确定海涂开发目标,如发展养殖业、盐业、种植业、第三产业等,以及它们相应的规模;②在海涂开发区内布置排水沟道、排水闸、供水渠道、

道路等。本文通过实例,应用层次分析结构模型,探讨海涂开发顺序方案的优选问题。

1 建立海涂开发层次分析结构模型^[2,3]

沿海地区经济不断发展,大量土地被占用,人多地少的矛盾日益突出,沿海省市人均耕地占有量比全国人均耕地占有量少20%~40%。对沿海岛屿来说,这个矛盾更为突出。有的岛屿人均耕地仅为全国的20%~30%。同时,沿海地区特别是那些岛屿,淡水资源严重不足。这两个矛盾严重制约着沿海地区经济的发展。为了充分发挥沿海地区的优势产业,解决这些地区人多地少,淡水资源不足的矛盾,进一步带动整个地区经济的腾飞,开发海涂已成为沿海地区一个重要的战略任务。

为了使海涂开发取得最大的效益,确定海涂开发顺序是很重要的。运用层次分析法来确定最优开发顺序,关键是要建立层次分析结构模型。层次分析结构模型一般为三层:目标层、准则层、方案层,从而把一个多目标多准则的问题转化为单目标多层次的问题。海涂开发的层次分析结构模型有其自身的特点,在优选开发顺序方案时,不仅要从经济效益方面考虑,也要考虑海涂开发所带来的巨大社会效益。因而在目标层下,又有一

① 本文为国家自然科学基金资助项目。

个分目标层。通过分析,建立层次分析结构模型图(见图1)。

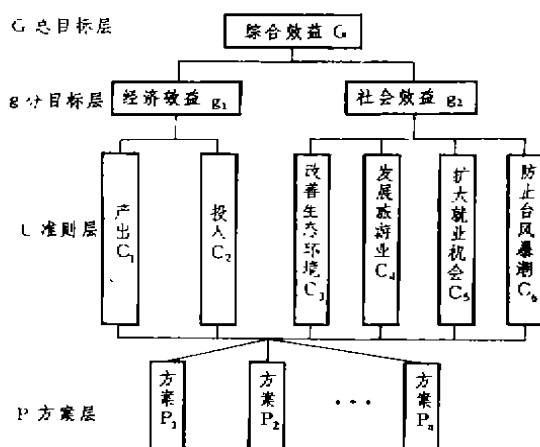


图1 海涂开发层次分析结构模型图

1.1 目标层及分目标层

以效益作为海涂开发的总目标 G 。海涂开发后,既可开发种植粮、棉、蔗、油料等作物,也可发展淡水、海水养殖,还可建立海涂水库,为生产、生活提供淡水资源,具有较好的经济效益。同时,还可以治理河口、稳定河势,改善航道,使许多岛屿成为旅游、疗养胜地,还有利于消化转移剩余劳动力,带动周围农民向开发区输出劳务,具有巨大的社会效益。经济效益和社会效益为总目标下的两个分目标。

1.2 准则层

准则层即实现目标所要采取的措施,这些准则有正向(越大越好)和逆向(越小越好)之分。对于经济效益这一分目标来说,其影响因素主要有投入(逆向)和产出(正向),投入越小,产出越大,其经济效益越好。其它如管理水平、施工进度等因素均隐含在该两准则中。对于社会效益这一分目标来说,其涉及的因素较多。海涂开发后,增加了土地面积,扩大了就业机会,促进了旅游业的发展。为此,采用以下几方面作为社会效益这一分目标的准则:改善生态环境(正向)、发展旅游业(正向)、扩大就业机会(正向)、防止台风暴

潮危害(正向)等等。

1.3 方案层

根据所开发海涂的自然条件及所在地区社会经济条件的不同,海涂开发顺序的方案也较多。对于单片海涂来说,它既可以分区开发,也可以整片海涂一起开发;对多片海涂来说,既可以分片开发,又可以多片开发,同时还可以在各片中分区开发,开发顺序的方案随具体情况的不同而不同。不失一般性,以方案 $P_1, P_2, \dots, P_n$ 作为该层的方案。层次分析结构模型的求解见下面的实例验算。

2 实例验算

2.1 仇家门海涂概况及层次分析结构模型

仇家门海涂位于浙江省舟山市岱山本岛的西北部,濒临岱衢洋,遥对杭州湾北岸。由于其资源开发条件好,利用价值高,故从1970年以来当地政府和人民就有计划准备对其进行开发和利用。其范围拟定为:西自双台山、牛山起,经西垦山、东垦山,最终至燕窝山,以上述各岛的连线作为外缘边界,总面积 2129.3 hm^2 。东西长 11.5 km ,两端以拷门堵坝与仇家门堵坝南侧堤线为界。因为有外缘边界的小岛作为天然依托,是布置堤线的良好位置,以此分为四区,见图2。

岱山岛气候温暖湿润,夏无酷暑,冬无严寒,年平均气温 16°C 左右。全年光照充足,年平均日照达 2300 h 。雨量充沛,多年平均降雨量约为 1150 mm 。优越的自然气候条件,结合本地区土质、海水及居民从业习惯分析,仇家门海涂非常有利于发展水产养殖业和盐业,这也是岱山县的优势产业。目前随着经济的进一步发展,该海岛面临着土地资源不足和淡水资源缺乏两大矛盾,人均耕地只有 0.012 hm^2 ,为全国人均耕地的 20% ,远远低于全国及全省的水平。因此,仇家门海涂资源的开发利用对该岛国民经济的发展具有战略意义。根据《岱山县国民经济和社会发展十年规划、八五计划纲要》的要求,仇家门海涂的开发目标,应以水产品养殖、盐业、

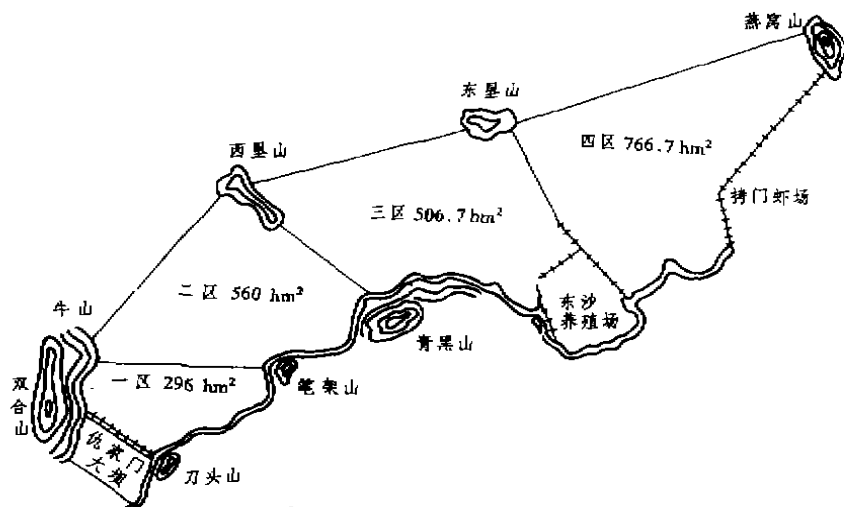


图2 岱山仇家门海涂开发分区图

第三产业、海涂水库为主。各开发目标的规模通过线性规划模型计算及多次调查、研究等方式确定,这里从略。

仇家门海涂地形地貌并不均衡,一区是涂面最高的区域,平均高程(黄海高程,下同)达 -0.5 m ,同时经仇家门大坝多年促淤后,开发的条件较好,因此在选择开发顺序的方案时,首先考虑一区。其它各区涂面高程分别在 $-8.4\sim-4.6\text{ m}$ 之间,故开发应相应滞后为宜。为此,层次分析结构模型中,目标层、准则层如图1所示,方案层中的方案经实地考察,有七个不同开发顺序的方案可供选择:①方案 P_1 :四区单独开发;②方案 P_2 :先开发一、二区,再单独开发三、四区;③方案 P_3 :先开发一、二、三区,再开发四区;④方案 P_4 :四区同时开发;⑤方案 P_5 :先开发一区、再二、三区同时开发,然后开发四区;⑥方案 P_6 :单独开发一、二区,再三、四区同时开发;⑦方案 P_7 :单独开发一区,再二、三、四区同时开发。

2.2 层次分析结构模型求解

2.2.1 确定各层之间的判断矩阵

根据仇家门海涂的资料数据,通过多个专家评估,采用1~9标度法,得到不同的判断矩阵。标度的选择遵循以下原则:随着一

个元素比另一元素重要程度的增加,其标度值也相应增加,如5,7,9等。如果重要程度介于上述两标度之间,则可采用4,6,8标度。对于 n 个元素来说其判断矩阵可以表示为

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad (1)$$

A 具有以下特征:

$$a_{ii} = 1, a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ij} > 0$$

各判断矩阵从略。

2.2.2 层次单排序、一致性检验及总排序

层次单排序就是把某一层所有各元素对上一层某一元素来说,排出评比顺序,即要求出各判断矩阵 A 的特征向量及最大特征根问题。当 $AW = \lambda_{\max} W$ 成立时, W 即为判断矩阵 A 的特征向量, $\lambda_{\max}$ 为 A 的最大特征根。由于在对具体问题进行分析时,总带有主观性、片面性,判断矩阵不可能表现出完全的一致性,因而,在求出判断矩阵 A 的最大特征根 $\lambda_{\max}$ 后,还需对判断矩阵进行一致性指标 CI 的计算,以便与平均随机一致性指标 RI 进行比较。

一致性指标 CI 的计算公式如下:

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) \quad (2)$$

式中 n 为矩阵阶数。平均随机一致性指标 RI 可按表1查得。

表1 平均随机一致性指标

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

判断矩阵平均随机一致性比率 CR 计算公式为

$$CR = CI/RI \quad (3)$$

当 CR 小于 0.10 时, 认为判断矩阵具有满意

的一致性, 否则要对判断矩阵 A 重新进行调整, 直到有满意的一致性。仇家门海涂开发顺序实例计算成果见表 2 和表 3, 各判断矩阵都具有满意的一致性。

层次总排序是在单排序的基础上, 进一步综合出对更上一层次的优劣顺序, 总排序结果见表 3 中的 W_p 。

表2 准则层相对分目标和总目标的权重及一致性检验

目标层	准则层相对目标层的权重						$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6				
分目标 $g_1(0.75)$	0.2491	0.7509					2.00	0	0	0
分目标 $g_2(0.25)$			0.5484	0.1448	0.2556	0.0513	4.238	0.079	0.90	0.088
总目标 W_c	0.5632	0.1869	0.1371	0.0362	0.0639	0.0128		0.020	0.23	0.086

注: 分目标对总目标的权重为(0.75, 0.25)

表3 方案层对准则层和目标层的权重及一致性检验

准则层	准则层相对目标层权重	方案层对准则层和目标层的权重							$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7				
C_1	0.5632	0.3065	0.1616	0.0904	0.0623	0.1655	0.1264	0.0873	7.6283	0.047	1.32	0.036
C_2	0.1869	0.0409	0.3234	0.1095	0.2215	0.0463	0.1292	0.1292	7.684	0.114	1.32	0.086
C_3	0.1371	0.3606	0.1544	0.0625	0.0293	0.1636	0.1699	0.0597	7.188	0.031	1.32	0.024
C_4	0.0362	0.2725	0.1418	0.0709	0.0440	0.1604	0.2244	0.0860	7.382	0.064	1.32	0.048
C_5	0.0639	0.3375	0.2447	0.0556	0.0274	0.1283	0.1526	0.0539	7.522	0.087	1.32	0.066
C_6	0.0128	0.3241	0.1473	0.0559	0.0321	0.1494	0.2149	0.0763	7.610	0.102	1.32	0.077
方案层对总目标权重 W_p		0.2652	0.1953	0.0868	0.0842	0.1402	0.1393	0.0890		0.061	1.32	0.046

2.3 成果分析及结论

a. 就准则层对总目标而言, 由表 2 知, 准则 C_1 即开发的产出权重最大, 为 0.5632; 其次是准则 C_2 即开发的投入, 权重为 0.1869。由此可知, 海涂开发的产出对总目标的影响最大, 在进行海涂开发规划时, 应着重考虑开发后的产出效果。

b. 由表 3 中的 W_p 值知, 方案 P_1 占的权重最大, 该方案应优先考虑, 也即在规划年限内一、二、三、四区分别依次进行顺序开发; 其次是方案 P_2 , 该方案分三期开发, 首先开发一、二两区, 然后再依次开发三、四区, 该方案虽可减少堤线长度, 但由于二区涂面高程较低, 一、二区同时开发不但需要筹措大量资金, 且围涂技术难度增大, 二区生产基建投资也相应加大, 该方案在经济上劣于方案 P_1 。所以, 按方案 P_1 开发仇家门海涂是合理的,

它体现了仇家门海涂开发中的最优顺序。

c. 通过实例分析, 它表明了用层次分析法安排海涂开发工程的先后顺序是有参考价值的。

这里要指出的是: 使用该方法时, 如何准确地对判断矩阵 A 中各元素 a_{ij} 值, 尽量避免人们判断的主观性、模糊性, 还有待于更深入的研究。

参考文献

- 1 郭元裕, 李寿声等. 灌排工程最优规划与管理. 北京: 水利电力出版社, 1994
- 2 许树柏. 层次分析法原理. 天津: 天津大学出版社, 1988
- 3 李国纲. 管理系统工程. 北京: 中国人民大学出版社, 1992

(收稿日期: 1995-10-04)