

航空发动机强度预研项目选择定量分析

燃气涡轮研究所 冯心海 胡九生 北京航空航天大学 刘文阁

摘 要

本文用Fuzzy ISODATA方法对航空发动机强度预研项目的选择进行了定量分析。在项目选择模型中,同时考虑了项目的重要程度和项目之间在技术上的互相影响。

一、引 言

在科研项目的管理过程中,项目选择是一个非常重要的环节,项目选择是否合理,直接关系到计划能否实现。因此,50年代以来,发表了数以千计的项目选择模型^[1~10],但实际应用的却为数不多。Baber对1974年前提出的项目选择模型进行的综述^[1],指出这些模型的七点缺陷。其中前两点是:(1)没有处理好项目之间的互相影响;(2)对效益度量中的不确定性处理不当。此后已有若干文章在项目选择模型中考虑了项目之间的相互影响^[5~10]。

在项目选择模型中,如何定量评价备选项目的效益贡献是一个关键,是项目选择中最主要参量。由于备选项目对目标的贡献值既具有不确定性,又具有模糊性,难以找到一种客观的、精确的度量方法。因此,目前所有的效益度量方法都是通过专家调查法得到在一定条件下对每个备选项目的主观评价价值。由于问题本身和专家的评价都具有模糊性,故将备选项目按其贡献大小进行严格的排序是不十分合理的。对此,Souder提出了QS/NI方法,请每位专家对备选项目按贡献大小进行分类,再将各位专家的意见汇总,讨论后再进行分类^[2,4]。

由于备选项目对目标的贡献具有较大的模糊性,因此,按贡献大小对备选项目进行的分类也不应十分严格。实际上,某个项目以某一隶属度属于这一类,而又以另一隶属度属于另一类。这类问题是典型的模糊聚类问题。为此,本文将模糊聚类法中的Fuzzy ISODATA方法引入项目选择模型,将备选项目按对目标的效益贡献大小进行模糊分类。同时在模型中用相关矩阵方法考虑了项目间在技术上的互相影响。

备选项目间的相互影响可分为三类^[6]:1)资源利用方面的相互影响;2)技术上的互相依赖,这种情况是指一个项目的成败将直接关系到另外一些项目的成败;3)效能的互相影响,这是指项目贡献值的协同作用。本文提出的模型只考虑了项目技术上的互相影响。

二、专家调查法及结果

强度专业预研共有23个备选项目,是基于三个单位的强度专业预研论证报告和许多强度专家的课题初步论证报告、经一次会议上充分讨论后提出的。经充分交换意见和讨论后,在全国范围内请62位强度专家分别填写专家调查表,得到41份效益贡献评价表和30份技术相关表。统计时效益贡献评价用评价向量 $A_i = (a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4})$ 表示, a 为专家人数,下标为第1个项目,1、2、3、4分别表示非常重要、比较重要、一般重要、不重要,如表1。

进行技术相关性调查时,将23个项目分为6个技术领域分别调查,用评价向量 $A_{ij} =$

($a_{ij1}, a_{ij2}, a_{ij3}, a_{ij4}$)表示, 下标分别表示 i 项对 j 项为“1”不相关、“2”弱相关、“3”次相关、“4”强相关。现将第 1 个技术领域的统计结果列如表 2, 其他技术领域不再列举。

表 1 项目效益贡献评价 (A_i) 表

项目	P_{1A}	P_{1B}	P_{1C}	P_{1D}	P_{1E}	P_{2A}	P_{2B}	P_{2C}	P_{2D}	P_{2E}	P_{3A}	P_{3B}	P_{3C}	P_{3D}	P_{4A}	P_{4B}	P_{4C}	P_{5A}	P_{5B}	P_{5C}	P_{5D}	P_{5E}	P_{6A}
a_{i1}	9	24	25	12	15	23	19	23	25	12	6	15	8	20	17	15	9	15	11	10	6	10	15
a_{i2}	20	16	13	18	21	16	20	14	11	20	27	22	24	18	19	18	24	19	25	20	23	19	16
a_{i3}	12	1	2	10	4	2	1	4	4	8	7	2	5	3	3	7	6	6	4	10	10	9	5
a_{i4}	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	2	2	2

表 2 技术相关性评价 (A_{ij}) 表

$P_i \backslash P_j$	P_{1A}	P_{1B}	P_{1C}	P_{1D}	P_{1E}
P_{1A}	0 0 0 30	23 6 1 0	20 8 2 0	27 1 2 0	27 1 1 1
P_{1B}	21 7 2 0	0 0 0 30	0 2 10 18	23 5 2 0	22 6 2 0
P_{1C}	21 6 3 0	1 2 11 16	0 0 0 30	22 6 2 0	21 7 2 0
P_{1D}	25 4 1 0	22 7 1 0	22 7 1 0	0 0 0 30	3 4 15 8
P_{1E}	27 3 0 0	21 9 0 0	20 10 0 0	2 4 19 5	0 0 0 30

三、用 Fuzzy ISODATA 方法评价

ISODATA 是一种通过迭代达到对样本进行最优划分的数据处理方法^[11]。Dunn 将其推广到 Fuzzy 集合, 提出了 Fuzzy ISODATA 方法^[12, 31]。该方法从事先给定的分类数和初始划分出发, 通过迭代达到对样本的最优模糊划分, 同时给出每一类的聚类中心和各样本属于各类的隶属度。现用该方法对重要程度评价向量进行模糊划分, 得表 3。

表 3 备选项目按重要程度的模糊划分 (u 为隶属度)

项 目	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	项 目	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5
P_{1A}	0.02	0.03	0.07	0.09	0.79	P_{3C}	0.00	0.01	0.02	0.95	0.02
P_{1B}	0.81	0.11	0.05	0.02	0.02	P_{3D}	0.15	0.65	0.14	0.03	0.03
P_{1C}	0.95	0.03	0.02	0.01	0.01	P_{4A}	0.02	0.87	0.09	0.01	0.01
P_{1D}	0.02	0.05	0.17	0.06	0.71	P_{4B}	0.01	0.05	0.88	0.02	0.04
P_{1E}	0.03	0.34	0.48	0.07	0.07	P_{4C}	0.00	0.01	0.01	0.95	0.02
P_{2A}	0.81	0.11	0.05	0.01	0.02	P_{5A}	0.00	0.01	0.98	0.0	0.01
P_{2B}	0.05	0.83	0.08	0.02	0.02	P_{5B}	0.03	0.10	0.13	0.63	0.12
P_{2C}	0.91	0.04	0.03	0.01	0.01	P_{5C}	0.00	0.01	0.02	0.02	0.95
P_{2D}	0.82	0.08	0.06	0.02	0.03	P_{5D}	0.03	0.05	0.10	0.45	0.38
P_{2E}	0.02	0.06	0.27	0.10	0.55	P_{5E}	0.01	0.02	0.06	0.05	0.86
P_{3A}	0.02	0.04	0.06	0.76	0.12	P_{6A}	0.08	0.24	0.51	0.06	0.12
P_{3B}	0.05	0.49	0.27	0.11	0.08						

为了得到与表 3 对应的硬划分, 将备选项目划归到隶属度最大的那一类, 得表 4。

同样用Fuzzy ISODATA对23个项目的技术相关性评价向量进行划分。这里只给出5个聚类中心和第1个技术领域5个项目技术相关性模糊划分所对应的硬划分。5个聚类中心为:

$V_A = (0.05, 0.01, 0.02, 29.93)$ —— A类(一级相关)

$V_B = (0.58, 2.71, 13.69, 13.02)$ —— B类(二级相关)

$V_C = (3.92, 8.43, 13.76, 3.90)$ —— C类(三级相关)

$V_D = (7.75, 11.17, 9.13, 1.96)$ —— D类(四级相关)

$V_E = (21.97, 6.39, 1.57, 0.06)$ —— E类(五级相关)

表 4 与表 3 的模糊划分对应的硬划分

重要等级	聚 类 中 心	备 选 项 目 分 类
1	$V_1 = (24, 14, 2.6, 0)$	$P_{1B}, P_{1C}, P_{2A}, P_{2C}, P_{2D}$
2	$V_2 = (17.8, 19.4, 2.4, 0.5)$	$P_{2B}, P_{3B}, P_{3D}, P_{4A}$
3	$V_3 = (14.9, 18.7, 6.0, 0.4)$	$P_{1E}, P_{4B}, P_{5A}, P_{6A}$
4	$V_4 = (8.3, 24.6, 6.0, 0.9)$	$P_{3A}, P_{3C}, P_{4C}, P_{5B}, P_{5D}$
5	$V_5 = (10.2, 19.6, 9.9, 0.8)$	$P_{1A}, P_{1D}, P_{2E}, P_{5C}, P_{5E}$

表 5 第1个技术领域5个项目的技术相关等级及隶属度

	P_{1A}	P_{1B}	P_{1C}	P_{1D}	P_{1E}
P_{1A}	A 1.0	E 0.99	E 0.94	E 0.79	E 0.79
P_{1B}	E 0.99	A 1.0	B 0.96	E 0.98	E 1.0
P_{1C}	E 0.97	B 0.83	A 1.0	E 0.99	E 0.99
P_{1D}	E 0.92	E 1.0	E 1.0	A 1.0	B 0.45
P_{1E}	E 0.84	E 0.92	E 0.86	C 0.52	A 1.0

从表 5 中可看出, P_{1C} 对 P_{1B} , P_{1D} 对 P_{1E} 的影响较强, 达到二级相关。其它相互影响很弱。

四、考虑重要程度及技术相关关系的项目选择法

本文用Fuzzy ISODATA方法对23个备选项目分别按效益贡献和技术相关的专家评价价值分成了五个级别。据此提出下列考虑项目的重要程度及技术相关关系的项目选择方法。

1. 用Fuzzy ISODATA按专家效益贡献评价将项目重要程度分成5个等级, 如表 4。
2. 用Fuzzy ISODATA按专家相关性评价将项目相关程度分成5个等级, 得到项目的相关等级矩阵。如表 5。
3. 先以重要程度为主, 选取等级较高的项目。具体选取前面哪几级, 由项目选择者根据系统的总目标、研究性质及决策者经验和经费情况确定。然后再将对已初选的相关等级较高的项目选入, 入选等级也由项目选择者决定。如果某计划的重点是打基础, 则应主要

以重要程度为主选入项目,适当考虑相关项目,例如,可只取相关性较强的一级。如果某计划要重点保证几项非常重要的技术能够实现,则应在选入几项重要等级较高的项目后,将与这几个项目有一定相关关系的项目,如前3个等级的项目都选入,以便为重点项目在技术上创造充分的条件。

4. 根据经费、人力等资源情况,检查项目选择方案是否可行,如不满足要求,则返回第3步调整入选级别(重要程度级别和相关程度级别)。直到满足约束条件为止。

用此方法得到的选题方案可能不唯一。这就需要决策者根据具体情况选择最后方案。

以本文中的强度预研选题为例,因为此项研究计划是预研,应适当考虑技术覆盖面,该计划的重点是打基础,增强技术储备,故先将效益贡献前3级项目选入,共13项。然后,将对已选入的13个项目影响等级较强的A、B两级项目选入,则结果为16个项目,如下: P_{1B} , P_{1C} , P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} , P_{2D} , P_{3B} , P_{3D} , P_{4A} , P_{4B} , P_{4C} , P_{1E} , P_{1D} , P_{5A} , P_{5B} , P_6 。

需要说明,上述选题方案仅仅是一种选择方案,如改变入选条件及两种入选条件的不同组合,则可得到若干种满足不同条件的方案。在实际问题中,应视经费、人力、物力等约束条件确定选择哪一种方案。

本文提出的项目选择法使管理者有较大的灵活性,是项目管理者进行决策的辅助工具。

感谢部内外许多单位及专家为本文的研究提供了大量的素材。

参 考 文 献

- [1] Baker, N.R., "R&D Project Selection Models, An Assessment", IEEE Trans. on Eng. Manag., vol.EM-21, No.4, Nov.1974.
- [2] Souder, W.E. and Mandakovic, T., "R&D Project Selection Models", Research Management, July-Aug.1986.
- [3] Baker, N. R. and Freeland, J., "Recent Advances in R&D Benefit Measurement and Project Selection Methods", Manag.Sci., vol.21, No.10, 1975.
- [4] Souder, W. E., "Project Selection and Economic Appraisal", New York, Von Nostrand Reinhold Co., 1984.
- [5] Mandakovic, T., "An Interactive Model for R&D Project Selection Decision Making in Hierarchical Organizations", ph. D. Dissertation, Dept. of Industrial Engineering, University of Pittsburgh.
- [6] Aaker, D.A. and Tyebjee, T.T., "A Model for the Selection of Interdependent R&D Projects", IEEE Trans. Eng. Manag., vol.EM-25, No.2, May.1978.
- [7] Mehrez, A. and Zilla, S.S., "Resource Allocation to Interrelated Risky Projects Using a Multiattribute Utility Function", Manag.Sci., vol.29, No.4, April 1983.
- [8] Fox, G.E., Baker, N.R. and Bryant, J.L., "Economic Models for R and D Project Selection in the Presence of Project Interaction", Manag.Sci., vol.30, No. 7, July 1984.
- [9] Czajkowski, A.F. and Jones, S., "Selecting Interrelated R&D Projects in Space Technology Planning", IEEE Trans. Eng. Manag., vol.EM-33, No.1, Feb.1986.
- [10] Watters, L.J., "Research and Development Project Selection, Interdependence and Multi-Period Probabilistic Budget Constraints", Ph.D. Dissertation, Arizona State University.
- [11] Ball, G.H. and Hall, D.J., "ISODATA, and Iterative Method of Multivariate Analysis and Pattern Classification", Behavioral Science, vol.12, pp.153-155, 1967.
- [12] Dunn, J. C., "A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters", Journal of Cybernetics, vol.3, 1975.
- [13] Bezdek, J. C., "Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms", PLENUM PRESS, NEW YORK, 1981.

SELECTION OF R&D STRENGTH PROJECTS OF AEROENGINE

Feng Xinhai and Hu Jusheng

(Gas Turbine establishment)

Liu Wenge

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

Abstract

Fuzzy ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique A) and interdependence matrix method are applied to selecting interdependent projects of aeroengine strength and vibration research program, which comprises 23 project candidates. By using fuzzy ISODATA algorithms, the projects are fuzzily classified into 5 priority grades according to the evaluations made by experts in terms of the benefit contributions and the interrelationships of the projects. R&D project managers can obtain a number of feasible project sets by choosing and combining the priority grades of the benefit contribution and the project interrelations, and then select a set of projects on the basis of their experiences, preferences and resource restraints.

EVALUATION OF TECHNOLOGICAL BENEFITS OF HPPSARP

Shao Zhongpu, Si Yonghua, Feng Baosheng

(Gas Turbine Establishment)

Liu Wenge

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

Abstract

An approach to measuring technological change is presented and applied to evaluating technological benefits of the HPPSARP, (High Performance Propulsion System Advanced Research Program) which comprises 72 projects relating to 228 technical feature aspects. The technological changes in theoretical and experimental aspects are illustrated. Technological gaps between Chinese and international advanced levels and relative technological change rates are analyzed. The analysis shows that the technological benefits of the program raise the state-of-the-art of China's aeroengine in the 228 technical aspects and reduce the technological gaps by 1.6 year. Moreover, the relative technological change rate is estimated to be up to 1.225.