

空管单位运行保障能力的组织层次结构分析

张尧 杨新渥

(中国民航大学空中交通管理学院,天津 300300)

摘要 空中交通管理效能研究是国内外空管界的一个重要研究方向。空管单位内部各职能部门在运行保障方面的协同协作能力对空中交通管理整体效能的提高有着极为重要的影响。文章结合空管运行单位实际组织结构情况,利用了专家调查法分析空管运行单位各职能部门之间运行保障能力的协作关系;采用决策试验与评价实验室法和解释结构模型法集成方法对其职能部门进行组织结构分析;依据重要度分析得出了职能部门的组织层次结构。研究结果为空管单位管理者在有限资源条件下依据职能部门的不同重要度赋予不同程度的关注提供了决策参考。该研究对提高空中交通管理效能具有应用价值。

关键词 空中交通管理;效能管理;组织结构;DEMATEL;ISM

中图分类号:V355

文献标志码:A

文章编号:1671-0436(2012)06-0004-05

Structural Analysis of Operational Support Capability of Air Traffic Control Unit

ZHANG Yao YANG Xin-sheng

(College of Air Traffic Management, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300)

Abstract Air traffic control (ATC) performance is an important research orientation in the global ATC community. It is heavily influenced by the collaborative capabilities of the ATC units in the operational support. Based on the actual organizational structure of ATC units, their cooperation relations in operational support have been analyzed by utilizing the Delphi method in this paper. And their functional departments are organizationally analyzed with the integrated DEMATEL and ISM methods. The analysis in terms of the significance degree shows the organizational hierarchy of the functional departments. The research results provide decision-making reference for ATC managers who give differentiated concerns on the circumstance of limited resources to functional departments based on their significance, and thus make this study valuable in improving the performance of air traffic control.

Key words air traffic control; efficiency management; organizational structure; DEMATEL; ISM

0 引言

空中交通管理的任务是有效地维护空中交通安全,维持空中交通秩序,保障空中交通畅通,而空中交通管理效能保障了该任务的有效完成。因

而空中交通管理效能研究成为国内外空管界的一个重要研究方向。^[1-6]对空中交通管理效能开展度量评估等研究、诊断出空中交通管理中存在的问题、指导空中交通系统的规划和建设、显著提升空中交通系统的运行能力和空中交通管理水平成

收稿日期:2012-10-10

作者简介:张尧(1988—),男,硕士。

为当前空管领域的一项重要工作。

早在上世纪 90 年代,美国^[1]和欧洲^[2]等航空运输发达国家就已开展空中交通管理效能的度量 and 评估工作,并提出了各自的度量指标。国际民航组织(International Civil Aviation Organization, ICAO)在综合了欧美度量指标的基础上,也提出了建议性的空中交通管理效能度量指标。^[3]相对于欧美国家,我国对空中交通管理效能的研究,仍处于初始阶段。^[4-6]

影响空中交通管理整体效能的一个重要因素是空管运行单位的管理效能,而空管运行单位内部各职能部门间在运行保障上协同协作的能力严重影响着空管运行单位的管理效能,进而影响空中交通管理的整体效能。因而研究空管运行单位的组织结构和各职能部门之间在运行保障能力方面的协同协作关系和重要度层次,对提高空中交通管理整体运行效能和其管理者在有限资源下加强空管运行管理具有重要的价值。

鉴于我国刚开始空中交通管理效能的研究工作以及研究空管运行单位组织结构的文献少见,本文借鉴文献运用 DEMATEL(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, 决策试验与评价试验室法)和 ISM(Interpretive Structural Modeling, 解释结构模型法)的集成方法构建系统层次结构^[7]和文献分析高速公路作业区交通安全因素^[8]层次结构的思想,分析中等规模空管运行单位组织结构和各职能部门对单位整体运行保障能力的不同影响层次,找出关键职能部门,为进一步提升空管运行单位运行保障能力和提高空中交通管理效能提供科学依据。

1 运用 DEMATEL/ISM 方法的思路及步骤

1.1 运用 DEMATEL/ISM 方法的总体思路

DEMATEL/ISM 集成方法分析空管运行单位职能部门的层次结构如图 1 所示。

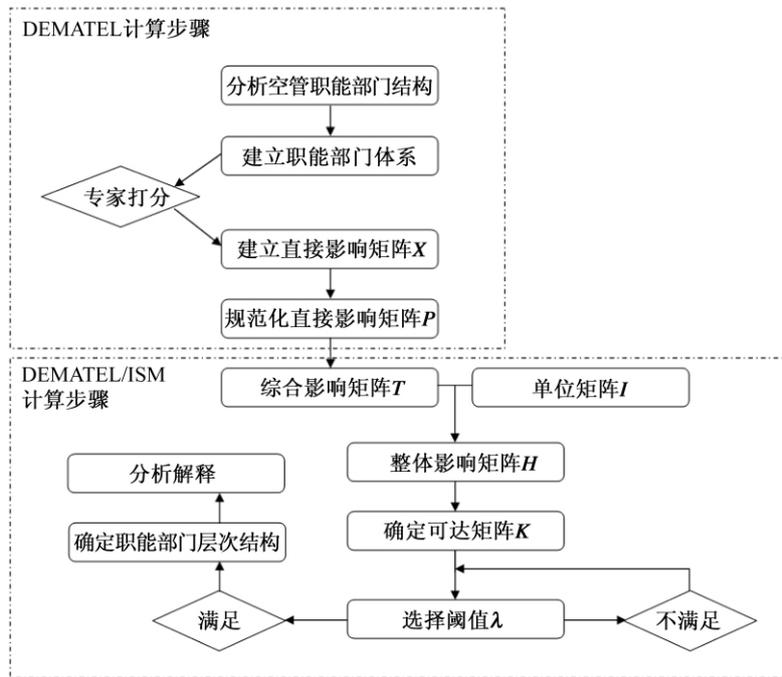


图 1 DEMATEL/ISM 空管运行单位职能部门层次结构分析框图

DEMATEL 是一种运用图论与矩阵论原理进行系统因素分析的方法。^[7-8]采用 DEMATEL 方法确定空管运行单位职能部门运行保障能力因素间的因果关系和各因素的地位。

ISM 是将复杂的系统分解为若干子系统要

素 构成一个多级递阶的层次结构模型,可以把模糊不清的思想、看法转化为直观的具有良好结构关系的模型。^[7-8]采用 ISM 方法分解空管运行单位职能部门运行保障能力上的因素,构成多层次组织结构模型。

若单独使用 ISM 方法对空管运行单位职能部门层次结构进行研究必定有大量复杂的矩阵运算。利用 DEMATEL/ISM 二者集成的办法,可降低计算可达矩阵的复杂度、减少可达矩阵的计算量,使得可达矩阵的计算过程简单,易于理解。^[7]

1.2 具体计算步骤

1.2.1 DEMATEL 具体计算步骤

步骤 1: 确定空管运行单位的职能部门组织结构体系,并设各职能部门运行保障能力为 A_i ($i=1, 2, \dots, n$)。

步骤 2: 调查不同职能部门在运行保障能力方面的相互影响关系;通过专家打分法确定各职能部门间在运行保障能力方面的直接影响程度,并建立直接影响矩阵 X 。

$$X = \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & 0 & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

其中,因素 x_{ij} ($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n; i \neq j$) 表示职能部门运行保障能力 A_i 对另一职能部门运行保障能力 A_j 的直接影响程度。对于同一职能部门,影响程度为 0,即当 $i=j$ 时 $x_{ij}=0$ 。

步骤 3: 规范化直接影响矩阵 P ($P = [p_{ij}]_{n \times n}$)。

$$P = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n x_{ij}} X$$

其中 $0 \leq p_{ij} \leq 1$, 且 $\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$ 。

步骤 4: 计算职能部门运行保障能力的综合影响关系矩阵 T ($T = [t_{ij}]_{n \times n}$)。

$$T = P(I - P)^{-1}$$

其中 I 为单位矩阵,表示各职能部门对自身运行能力的影响。计算综合影响关系矩阵 T 是为了分析空管运行单位各个职能部门间在运行保障能力方面的相互影响关系和强弱程度。

1.2.2 集成 DEMATEL/ISM 计算步骤

步骤 1: 计算空管运行单位整体运行保障能力的整体影响矩阵 H ($H = [h_{ij}]_{n \times n}$)。

$$H = T + I$$

其中 I 为单位矩阵。职能部门运行保障能

力之间的综合影响关系矩阵,反映了不同职能部门运行保障能力间的相互影响关系和程度,但它未包含各职能部门自身运行保障能力的影响。各职能部门自身运行保障能力的影响可用单位矩阵 I 表示,其反映了全部职能部门自身运行保障能力对空管运行单位整体运行保障能力的影响。

步骤 2: 依据整体影响矩阵 H 确定可达矩阵 K ($K = [k_{ij}]_{n \times n}$)。

$$k_{ij} = \{1 \mid h_{ij} \geq \lambda\}; k_{ij} = \{0 \mid h_{ij} < \lambda\}$$

其中 λ 为阈值。阈值设置是为了舍去整体影响矩阵 H 中对整体运行保障能力影响程度较小的职能部门运行保障能力因素,简化结构,便于职能部门组织层次结构的划分。

步骤 3: 确定各职能部门的可达集合以及前项集合。

职能部门运行保障能力 A_i 的可达集合 R_i 以及前项集合 S_i 的计算如下:

$$R_i = \{A_j \mid A_j \in A, k_{ij} \neq 0\} \quad i=1, 2, \dots, n$$

$$S_i = \{A_j \mid A_j \in A, k_{ji} \neq 0\} \quad i=1, 2, \dots, n$$

步骤 4: 验证式 (1) 是否成立。

$$R_i = R_i \cap S_i \quad i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

若式 (1) 成立则说明其对应的 A_i 为低层职能部门运行保障能力因素,并在矩阵 K 中划除 i 行和 i 列。

步骤 5: 重复步骤 3 和步骤 4,直到所有职能部门运行保障能力因素均被划去,并按照划去顺序,建立空管运行单位职能部门运行保障能力因素的层次结构,从而得到对空管运行单位整体运行保障能力不同贡献程度的职能部门组织层次结构。

2 运用 DEMATEL/ISM 法分析空管运行单位组织结构层次的应用案例

2.1 空管运行单位组织结构体系

中国民航空管系统现行行业管理体制为民航局空管局、地区空管局、空管分局(站)三级管理;其中地区空管局包括华北、华东、中南等七大地区空管局;每个地区空管局都建立了提供空中交通服务、民用航空通信、导航、监视、航空气象、航行情报等职能机构,下设有相应职能处和综合部门及隶属的技术支持单位;运行组织形式基本是区

域管制、进近管制、塔台管制为主线的三级空中交通服务体系。^[9]

对实际情况调研分析,以某地区空管局为典型样本,建立一个中等规模空管运行单位职能部门的组织结构体系。其包含运行管理中心、空中交通管制中心、飞行服务中心、气象中心、设备运行监控中心和技术保障中心 6 个中心;每个中心下设有各自的职能科室,共 40 个。

这 6 个中心的运行保障能力共同支持了空管运行单位整体运行保障能力,地位同等,缺一不可。因此,就只需考虑每个中心下各职能科室的运行保障能力对空管运行单位整体运行保障能力的影响。在 DEMATEL/ISM 方法中,40 个科室代表着影响空管运行单位整体运行保障能力的 40 个职能部门运行保障能力因素,分别表示为 $A_1 \sim A_{40}$,如图 2 所示。

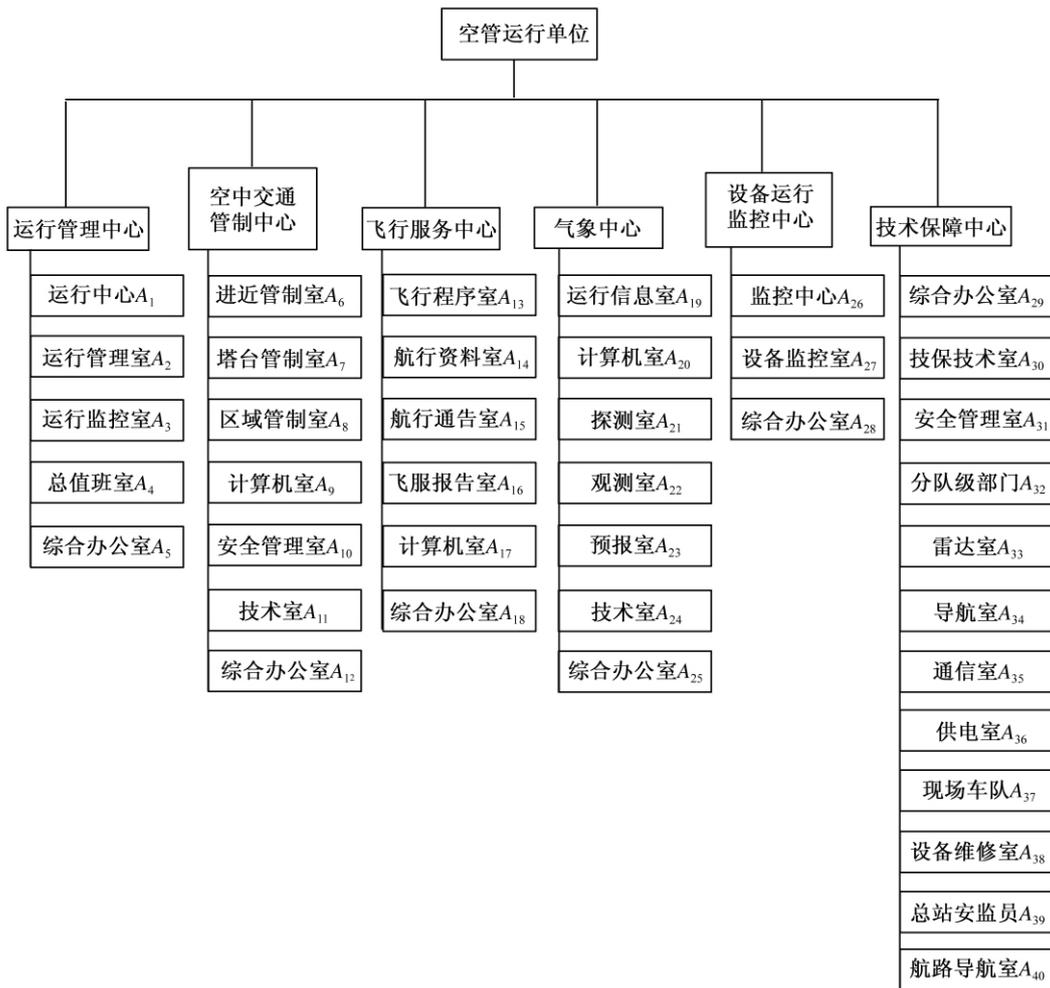


图 2 空管运行单位职能部门组织结构体系

2.2 DEMATEL/ISM 分析

为了确定空管运行单位职能部门之间在运行保障能力上是否相互影响及影响的强弱程度,采用 Delphi 调查法,把各职能部门之间运行保障能力的相互影响程度分为 5 个等级,其评分标准如表 1 所示。

表 1 评分标准

强	较强	弱	较弱	无关系
4	3	2	1	0

通过对空管运行单位一线工作人员、空管管理和技术专家、空管管理者的调查问卷打分的汇

总,得出空管运行单位各职能部门在运行保障能力上相互影响程度及关系,建立各职能部门间在运行保障能力方面的直接影响矩阵 X ,如表 2 所示。

表 2 直接影响矩阵

X	X_1	X_2	X_3	...	X_{40}
X_1	0	4	4	...	1
X_2	4	0	4	...	1
X_3	4	4	0	...	1
...
X_{40}	2	2	2	...	0

依据上述第 2 节步骤计算得出空管运行单位整体运行保障能力的整体影响矩阵 H 。根据空管系统各部门间的实际情况,取阈值 $\lambda = 0.004$,得出可达矩阵 K ,如表 3 所示。

表 3 可达矩阵 K

K	X_1	X_2	X_3	...	X_{40}
X_1	1	1	1	...	1
X_2	1	1	1	...	1
X_3	1	1	1	...	1
...
X_{40}	1	1	1	...	1

根据可达矩阵 K 的元素,确定各职能部门的可达集合以及前项集合并验证。重新排列顺序,得到空管运行单位职能部门运行保障能力因素的层次结构。经计算得出的对空管运行单位整体运行保障能力不同贡献程度的职能部门组织层次结构集合:

$$L_1 = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_6, A_7, A_8, A_{11}, A_{14}, A_{15}, A_{19}\}$$

$$L_2 = \{A_{10}, A_{13}, A_{16}, A_{39}\}$$

$$L_3 = \{A_{17}, A_{20}, A_{24}\}$$

$$L_4 = \{A_9, A_{21}, A_{22}, A_{23}, A_{26}, A_{27}, A_{30}, A_{31}, A_{32}, A_{33}, A_{34}, A_{35}, A_{36}, A_{37}, A_{38}, A_{40}\}$$

$$L_5 = \{A_5, A_{12}, A_{25}, A_{18}, A_{28}, A_{29}\}$$

2.3 结果分析与说明

从以上结果看出,此中等规模空管运行单位的职能部门被分为 5 个层次 L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 。其

中,最高层部门 L_1 涉及 4 个中心的 11 个部门,运行管理中心的全部 4 个部门:运行中心 A_1 、运行管理室 A_2 、运行监控室 A_3 、运行总值班室 A_4 ;空中交通管制中心 4 个部门:进近管制室 A_6 、塔台管制室 A_7 、区域管制室 A_8 、技术室 A_{11} ;飞行服务中心的 2 个部门:航行资料室 A_{14} 、航行通告室 A_{15} ;气象中心的运行信息室 A_{19} 。这 4 个中心的 11 个部门是影响空管单位运行能力的主要部门。这表明,若要通过对空管运行单位的相应部门进行管理来提高其整体运行保障能力,应首先从这 4 个中心的 11 个部门入手,其他部门对整个空管单位运行能力的影响程度,随着层次从高到低依次减弱。例如,第 2 层次中包括空中交通管制中心的安全管理室 A_{10} 、飞行服务中心的飞行程序室 A_{13} 和飞服报告室 A_{16} 、技术保障中心的总站安全监察 A_{39} 。这 4 个职能部门对空管单位运行能力的影响程度要低于第 1 层次的 11 个部门,但要高于第 3 层次的 3 个部门。而对于类似雷达室、导航室、供电室等基础职能部门排在更低的层次中。通过对空管运行单位组织层次结构的分析,明确了影响空管运行单位运行保障能力的职能部门层次,便于空中交通管理者在有限资源下有目的有主次地分配资源、时间和精力,加强空管运行的效能管理。

3 结语

本文以空管运行保障能力为目标对空管运行单位职能部门进行了组织层次结构分析研究,建立了一个中等规模的典型空管运行单位的职能部门组织结构体系;采用了专家的调查数据,量化了其空管运行单位各职能部门之间运行保障能力的相互影响关系;利用 DEMATEL/ISM 方法进行定量分析并得出各职能部门组织层次结构。研究表明,运行中心、运行管理室、进近管制室、塔台管制室和区域管制室等 11 个部门为层次最高的部门,对空管运行单位整体运行保障能力具有举足轻重的影响。对这 11 个职能部门进行重点投入和管理可显著提升整个空管运行单位运行保障能力。本文的研究对空管决策管理者有主次地分配资源,提高空中交通管理效能具有应用价值。

(下转第 16 页)

此结果与正常朴素贝叶斯结果基本相同,结果稍好,但仍低于未监督式方法的最好结果。尽管 SMOTE 方法对少数类过采样,朴素贝叶斯依

然不能正确地预测哪些是异常的报表。用图形方式以全局的视角来查看此变种方法的性能,如图 3 所示。

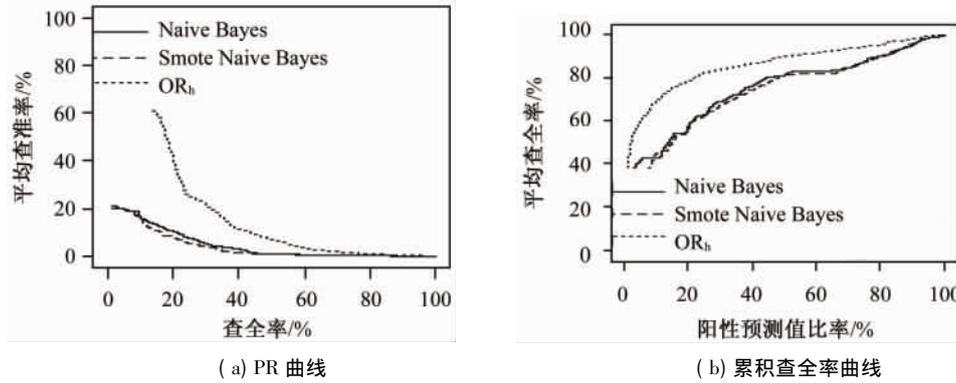


图 3 性能对比图

SMOTE 算法提出前,对非平衡数据的处理一般采用随机采样方法,SMOTE 算法在相距较近的少数类之间人为地增加其虚拟样本,在某种程度上规避了过学习的问题,提高了数据集的分类性能。

[参考文献]

[1] Chawla N. The Data Mining and Knowledge Discovery Handbook: Data Mining for Imbalanced Datasets [M]. Heidelberg: Springer 2005: 853 - 867.
 [2] Seeger M. Technical report: Learning With Labeled and Unla-

beled Data: Institute for Adaptive and Neural Computation[J]. University of Edinburgh 2002: 5 - 27.

[3] Sing T, Sander O, Beerenwinkel N. ROCR: Visualizing the Performance of Scoring Classifiers. R Package Version 1.0 - 4 [J]. Heidelberg: Springer 2012: 2 - 10.
 [4] Breunig M, Kriegel H, NG R. Management of Data: LOF: Identifying Density-based Local Outliers[M]. New York ACM 2000: 93 - 104.
 [5] Chambers J. Software for Data Analysis: Programming With R [M]. Heidelberg: Springer 2008: 166 - 221.

责任编辑:张秀兰

(上接第 8 页)

[参考文献]

[1] Catherine N Bolczak, Jonathan H Hoffman, Anne J Jensen et al. National Airspace System Performance Measurement: Overview [R], 1997.
 [2] EUROCONTROL. The PRC's European ATM Performance Measurement System, Version 1.6 [R], 1999.
 [3] ICAO. Performance Management and Measurement for Air Navigation Services Providers [R]. ICAO Secretariat 2007.
 [4] 钟涵. 国外空中交通管理系统量化评价研究[J]. 科技信息, 2011(3): 157 - 159.
 [5] 顾平辉, 刘计民. 空中交通管理系统效能评估研究[J]. 空中

交通管理 2010(11): 11 - 13.

[6] 白松浩, 兰洪亮, 郑娜, 等. 基于贡献度模型方法对空中交通管制中心系统的效能评估[J]. 航空学报, 2011, 32(3): 438 - 447.
 [7] 周德群, 章玲. 集成 DEMATEL_ISM 的复杂系统层次划分研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(2): 20 - 26.
 [8] 吴彪, 许洪国, 戴彤焱. 基于 DEMATEL_ISM 的高速公路作业区交通安全影响因素辨识[J]. 交通运输系统工程与信息, 2010, 10(5): 130 - 136.
 [9] 董襄宁, 赵征, 张洪海. 空中交通管理基础[M]. 北京: 科学出版社 2011.

责任编辑:唐海燕