

基于熵权法的进近管制培训指标分析及动态优化

骆菁菁, 唐卫贞, 黄州升

(中国民用航空飞行学院 空中交通管理学院, 四川 广汉 618307)

摘要:随着进近管制岗前培训对管制学员的综合素质提升作用的增强,素质指标优化方案能够重新调整培训侧重点,把握培训进程。为符合进近管制素质的需求,结合分局进近岗位入职培训的实际情况,群策讨论进近管制的23项技能素质和6项非技能素质,并融入熵权法对进近管制指标的实时测算,以探讨熵权与群策权值结合方式。结果表明,熵值加权重算法既能考虑素质能力缺陷的变化,又遵循了指标原本重要度,更符合管制培训实际需求。两阶段培训数据权值结果,反映出学员在练习后扫视能力和调整能力的提升,进而使培训的侧重点转变为提升冲突解脱等第二层次能力。该模型算法及其应用,为进近管制培训体系的动态调整提供了一种有效探索。

关键词:指标;熵权法;动态优化;进近管制

中图分类号:F562.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2020)06-0112-06

民航局空管局在2015年下发文件《关于实施空中交通管制专业岗前统一培训工作的通知》,其中要求各管局培训中心完成对新进管制员的入职岗前培训工作。传统管制员综合素质测评方法主要是由管制教员根据受训人员的训练过程进行实时跟踪观察,对比训练大纲中的评估标准进行主观评估。其评估方法易受人的主观意识影响,且固定性过强。在管制培训过程中,素质能力提升体现出循序渐进的特点,其评价指标侧重也应该对比调整。根据客观数据进行动态调整,建立一套贯穿于新进管制员初始培训全过程的评价体系,对于加强培训管理以及人员的岗位分配具有重要意义。

1 进近管制岗位特质分析

进近管制培训指标体系构建前提,需对进近管制岗位特质进行分析。进近管制岗位的各个席位与其他管制单位工作任务不同,不仅衔接塔台与区域管制管制指挥,同时终端区指挥流量大,排序明显,风险大,更体现管制指挥岗位特点。

人的素质从哲学角度上讲,是一个综合性、整体性概念,素质结构概括为相互联系的四个方面,即思想道德素质,知识道德素质,身体心理素质,乐生休闲素质^[1]。指标构建应涵盖管制人员的素质要求,从四个素质方面我们分析出管制岗位的四大大特点:第一,多任务性。进近管制需要控制航班间隔,又需要给航班排序,同时协

调临近管制单位。并线处理多项工作任务,这对进近管制人员的精神状态、注意力控制能力等方面提出了较难要求。第二,实时性。管制岗位要求在有限时间内捕捉到相关信息,又需要立即做出合理决策。这要求管制员具有敏锐五感,包括听、看、说、想等方面,同时要具有处事果断的特质。第三,高风险。管制工作事关航空安全。而进近管制管辖区域为终端部分,飞机爬升与下降阶段风险事故率高,丝毫错误可能造成重大航空事故。因而要求管制工作既具备严谨的工作态度,又需要强大的心理承受能力,在特情下冷静处理。第四,团队协作。管制工作是各管制席位与各管制辖区相互合作的综合,需要从各个席位获取信息数据,包括情报人员,机组人员,其他管制人员,其良好的协作能力使工作推进更平滑,同时谦虚乐观的亲合态度更容易建立沟通。

2 进近质量评价指标体系

指标和指数能够简化、量化、分析和沟通复杂的统计信息,是向决策者和公众传播可持续发展问题的重要工具^[2]。由各类指标聚合而成的综合指标已成为衡量目标整体可持续性程度的主要手段^[3]。进近管制模拟训练质量评价指标体系是基于进近管制岗位特质建立的,当前管制员质量评价主要依靠主观意见来定性判断。然而对管制训练过程,训练结果缺乏定量评价,并无法做出调整。因此,对管制素质需求

收稿日期:2020-02-24

基金项目:横向项目—华东空管局管制新员工培训评价体系建设(0051947)。

作者简介:骆菁菁(1990—),女,四川广汉人,中国民用航空飞行学院,实习研究员,硕士生,研究方向:民航管制培训评价;唐卫贞(1977—),男,山东泰安人,中国民用航空飞行学院,教授,工程硕士,研究方向:民航安全管理与评价;黄州升(1998—),男,广西南宁人,中国民用航空飞行学院,本科生,研究方向:民航管制培训评价。

基本分析后,研究建立完备性、合理性的指标体系是对质量评价的基本前提。在评价体系中,分为技能素质与非技能素质两大类。

2.1 技能素质

主要是针对管制学员在训练过程中所表现出的基本管制技能与管制意识方面的整体表现,根据民航局对管制员的能力素质的基本要求,结合空管局的运行实际需求,参考了院校进行模拟机训练时的考核指标,从陆空通话、雷达监控、雷达引导、雷达间隔、速度控制、管制意识以及总体效果等方面,分别建立了进近雷达管制训练指标体系。

2.2 非技能素质

根据上述对于管制员岗位特质分析,管制员在工作中的素质需求不仅仅体现在技能方面,管制工作对于从业人员的个体特性素质也具有较高的要求,而这些素质往往会对今后的管制工作产生非常大的影响,

项目组主要从语言表达能力、与人沟通能力、理解与反应能力、应变能力、心理承受能力以及情绪控制能力等方面对学员进行非技能素质的考核,由教员根据学员在训练过程中的表现进行主观评定。

评价指标的选择直接关系到评价结果的可靠性和科学性,指标不易过多也不能过少,过多会引起指标间相互关系的信息冗余;过少或数量不够,则不能体现对系统的全面覆盖,会进一步造成片面的结果^[4]。在素质整理分析之后,根据一线教员与学员组织调查与座谈访问,群策出相关细节性指标 29 项。其中 23 项为技能素质,6 项为非技能素质。23 项技能素质中有 3 项雷达间隔事关安全事故安全类指标,我们称为“一票否决制”指标,包括出现水平间隔告警,低于最低雷达引导高度,违反尾流间隔。学员违反其一则中止练习,评为不及格。下表 1 为进近管制质量培训指标体系。

表 1 进近管制质量培训指标体系表

一级指标	二级指标	三级指标	影响
技能素质类(K)	陆空通话(T)	T1 使用标准的中英文陆空通话用语	正向
		T2 对机组的错误复诵能够进行监听和发现	正向
		T3 管制指令中的发生口误	负向
		T4 发话时机及语音语速的合理控制	正向
	雷达监控(M)	M1 对雷达上的不正常显示及时进行处理	正向
		M2 对机长位的错误操作及时发现并处理	正向
		M3 对有影响的飞机进行雷达连线处理	正向
		M4 合理分配注意力,并进行有效的雷达扫视	正向
	雷达引导(I)	I1 雷达引导时机的合理性	正向
		I2 雷达引导的次数过多	负向
		I3 及时指示航空器恢复自主领航	正向
	雷达间隔(S)	S1 出现水平间隔告警	负向
		S2 低于最低雷达引导高度	负向
		S3 违反尾流间隔	负向
	速度控制(V)	V1 调速时机的控制是否合理	正向
		V2 调速量是否符合规定	正向
	管制意识(A)	A1 有较强的冲突意识	正向
		A2 冲突解脱及时有效	正向
		A3 具有良好的空中交通状态意识	正向
	总体效果(E)	E1 飞机之间平均间隔控制均匀,且在规定间隔之内	正向
		E2 雷达排序效果明显	正向
		E3 在规定训练时间内,空域中剩余飞机的数量	负向
		E4 满足与相邻管制单位之间的管制协议	正向
非技能素质类(Q)		Q1 具有良好的语言表达能力	正向
		Q2 具有较好的与人沟通能力	正向
		Q3 具有较好的理解与反应能力	正向
		Q4 具有较好的应变能力	正向
		Q5 具有较好的心理承受能力	正向
		Q6 是否具有良好的情绪控制能力	正向

在群策讨论和调查之后,每项指标权重以均值方式呈现,表现为重要度大小,分为 1 到 5 个分段,具体

值如图 1 所示。

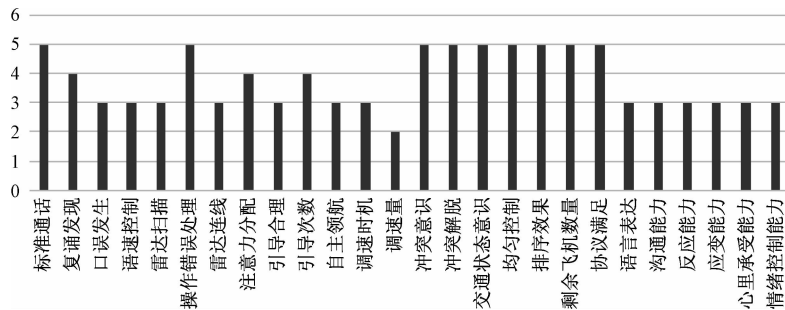


图 1 进近管制素质指标群策重要度值

3 基于熵权法的评价指标权值优化

3.1 熵的理论

在信息论中,熵是对不确定性的一种度量。信息量越大,不确定性就越小,熵也就越小;信息量越小,不确定性越大,熵也越大^[5]。根据熵的特性,可以通过计算熵值来判断一个事件的随机性及无序程度,也可以用熵值来判断某个指标的离散程度^[6],指标的离散程度越大,该指标对综合评价的影响越大。

熵权法基于熵理论对目前已有的模拟质量评价具体数据进行量化分析,根据离散程度与信息量重新规划指标权重并进行分值核算。

3.2 熵权法优势

运用熵权法作为进近管制指标的权重调整,主要目的加入了量化评价,指标可以阶段性调整。其在进近管制指标权重构建主要优势体现在:

1)利用目前学员得分差异获取指标信息重要度,将学员差异较大的能力方面标记出来。由于模拟机评分采用 80 分制,以扣分为主。大部分学员掌握较好的能力,所对应的指标差异较小,而相对较难掌握的能力对应指标就会具有较大熵值,我们也称该指标具有更多信息量。

2)当指标信息量增加时,熵权法提高分值比重,使学员更关注于尚未掌握的能力。

3)在不同时段的熵值量可优化当前指标权值,我们称为非稳定性权值。这种方式使得学员在针对前阶段缺陷进行练习后,整体能力掌握存在动态变化。熵权法由于基于学员得分结果,一旦算法确定,权值是可以再次调整的,使学员重新关注新的缺陷指标。

4)熵值法便于使熵权重与群策权重相互结合。这个方式既能包含管制训练指标的重要度,又能根据客观熵值进行调整。处理后的权重包含人的重要度和信息重要度,达到了主客观结合的效果。

5)熵权法具有可移植性。当其指标项为量化性数据时,仍然可以通过正负向变化,进行量纲处理,依然能够通过熵权法获取评价权重。

3.3 熵权算法理论

熵的算法理论核心在熵值计算。由于各指标数据的单位有所不同,必须进行标准化处理。标准化处理包括同向化处理和量纲处理,公式如下面所示。

$$\text{正向指标: } X_{ij} = \frac{X_{ij}' - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)}$$

$$\text{逆向指标: } X_{ij} = \frac{\max(X_j) - X_{ij}'}{\max(X_j) - \min(X_j)}$$

其中 X_{ij} 是第 j 个指标中第 i 个评价对象的标准值, X_{ij}' 是第 j 个指标中第 i 个评价对象的原始值, $\max(X_j)$ 和 $\min(X_j)$ 分别是第 j 个指标中的最大值和最小值^[7]。

计算第 j 个指标中第 i 个评价对象的比例 Y_{ij} :

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}$$

计算第 j 个指标的信息熵 e_j :

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n (Y_{ij} \cdot \ln Y_{ij})$$

计算第 j 个指标的熵权重 W_j :

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)}$$

3.4 单熵值计算与熵值权重与人为权重结合算法

熵权法应用和公布算法中是完全依靠数据计算得出。虽体现了指标变化度,但忽视指标本身的重要程度。即本指标重要度高,但掌握相对较好,熵值显低,显然不符合需求。

依据已有的项目讨论结果,对当前指标有团队决策结果,因而采用结合权重的办法。目前有两种

算法：

1)相乘法,此方法参考熵值+层次算法,相乘组合权重公式如下：

为熵权法权重,为群策权重。

2)加权平均数法,引入影响因子,控制熵权影响占比,公式如下：

$$\beta_j = \frac{2(\sum_{j=1}^n \omega_j \cdot per + g_j \cdot (1 - per))}{\sum_{j=1}^n \omega_j + g_j}$$

表 2 各指标相关权重值表

指标	标准通话	复诵发现	口误发生	语速控制	雷达扫视	操作处理	雷达连线	注意力分配	引导合理
熵值权重	4.57	2.92	10.1	8.51	6.67	1.8	8.19	4.3	7.57
群策权重	5	4	3	3	3	5	3	4	3
相乘权重	6.31	3.22	8.36	7.04	5.52	2.48	6.78	4.75	6.26
加权重	4.89	3.73	4.77	4.38	3.92	4.2	4.3	4.08	4.14

指标	引导次数	自主领航	调速时机	调速量	冲突意识	冲突意识	冲突解脱	状态意识	均匀控制
熵值权重	2.22	7.15	8.39	4.46	2.38	2.38	0.88	2.47	1.38
群策权重	4	3	3	2	5	5	5	5	5
相乘权重	2.46	5.92	6.94	2.46	3.29	3.29	1.22	3.41	1.9
加权重	3.56	4.04	4.35	2.61	4.35	4.35	3.97	4.37	4.09

指标	排序效果	剩余飞机	协议满足	语言表达	沟通能力	反应能力	应变能力	心理承受	情绪控制
熵值权重	3.37	1.98	2.59	2.64	0.92	0.92	1.8	0.92	0.92
群策权重	5	5	5	3	3	3	3	3	3
相乘权重	4.64	2.73	3.57	2.18	0.76	0.76	1.49	0.76	0.76
加权重	4.59	4.24	4.4	2.91	2.48	2.48	2.7	2.48	2.48

从表 2 中我们能够发现各项权值数据差异较大,相乘和加权均能融合权重,但是差异度难以统一说明,因而我们从上一层次陆空通话,雷达监控,雷达引导,雷达间隔,速度控制,管制意识,总体效果均值进行比对。结果如图 2 所示。

我们采用加权组合权重算法进行数据分析,图 2 显示出熵权与群策单一权重的不同侧重性导致的较大差异,而相乘算法又过多体现了熵值影响。相比之下,熵权+群策加权算法权重更稳定,更好的考虑了熵值影响,又遵循了管制指标原本重要度,具有算法的优越性,是相对合理的算法。

3.6 动态修正

权值动态优化是依据熵权法基于数据离散程度的算法特性探讨的。当不同锻炼阶段的指标数据记载核算后,由于学员在前期的训练培训后易掌握能力有所提升,而高阶能力在后续练习比重需要加强。熵值在高层次能力的体现就随训练阶段逐渐增大。在上述讨论的熵权法优势中,也说明实时熵值群策加权算法对后续训练作用在学员能力侧重,训练安

为熵权法权重,为熵权影响比重, g_j 为群策重要度权重。

3.5 进近指标实例计算

以 matlab2016a 作为数据处理平台,保证数据输出与输入的独立性,由 Excel 导入导出,完成数据同向处理、量纲处理、熵值占比处理与权值融合。在此我们对比四种权值融合方式,包括群策权值,熵权法权值,熵权群策相乘权值,熵权群策加权重值。加权法熵值影响为 25%,其比较权值指标数据如表 2 所示。

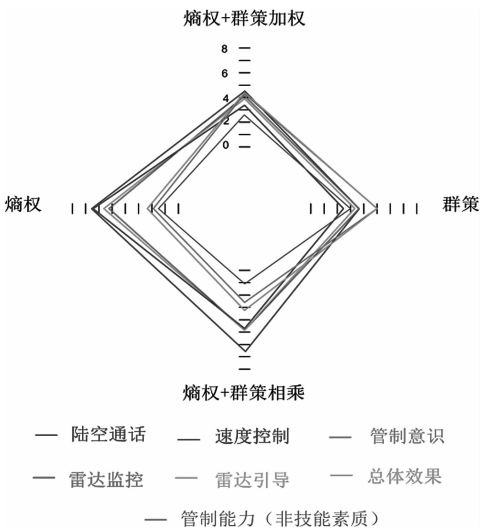


图 2 四种权重权值对比图

排侧重的参考意义。图 3 是两次不同阶段练习权重值对比表。

图中主要表现 A\B 两个阶段加权重值不同,B 阶段为后续训练阶段。从图示中分析得出,模拟机训

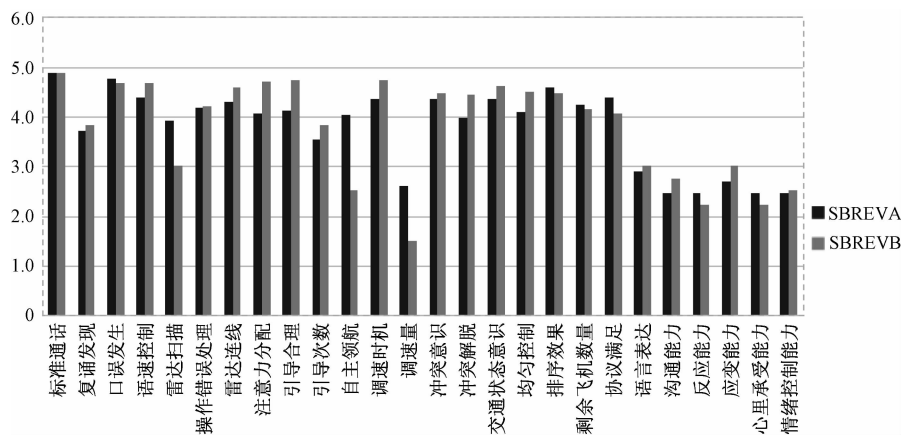


图3 阶段性素质指标柱状对比图

练次数增加,训练计划熟悉度增加,学员在扫视能力,恢复领航能力,调速量的素质能力在提高。这随练习次数增加,预案制作越成熟,指挥计划越得当的现实情况是相匹配的。同时在后续训练中,学员的管制技能关于冲突解脱,引导合理等较难掌握素质能力训练需求在增强,说明后续培训应添加此部分训练,更能提高整体管制素质水平。

4 小结

熵权群策加权权值算法在进近管制素质指标构建中提供素质能力比重参考,完成不同训练阶段的指标权值动态优化。这使得进近管制素质指标体系成为一个动态体系。

1)熵权法在客观数据分析是与进近管制素质评分记载相匹配的。熵值的信息量涵盖观点和管制员素质能力信息量有相似之处,因而可以运用。

2)熵值群策加权算法是一种综合算法。考虑了人为主观意见,融入了熵权客观影响。整个权值算法结果平稳合理。

3)熵权法针对学员成绩记录和训练数据记录都可以进行比对核算。参考同方向分析和量纲处理两个技术手段,可以将纯数据信息作为数据进入模型进行计算。这说明了在类似研究中可以移植算法,体现了可移植性。

4)熵值影响因子可以根据实际运行进行调节。当培训加快了进度时,多次计算改变熵值影响因子比重,快速更新权值。在学员方面,权值的结果强调了

相关需要重点掌握素质能力,潜意识提高关注度,更改培训总分核算结果;在教员方面,改变了培训重点,提供了学员前后能力变化内容,使后续培训计划更合理。

基于研究本文提出,使用熵权和群策结合的模型算法,可以分阶段重设评分值,完成新体系构建。建议权重改变较大的指标单独显示。当个别学员能力增长与总趋势不一致时,要单独标出并着重提醒。这种方式使学员与教员均能获得新进度提醒,把握训练要点。

参考文献

- [1] 王孝哲. 论人的素质及提高素质的基本途径[J]. 天府新论, 2008(2): 22—27.
- [2] NESS B, URBEL P E, ANDERBERG S, et al. Categorising tools FOS sustainability assessment[J]. Ecological Economics, 2007, 60: 498—508.
- [3] BECKER W, SAISANA M, PARUOLO P, et al. Weights and importance in composite indicators: closing the gap[J]. Ecological Indicators, 2017, 80: 12—22.
- [4] 王喜莲, 贾县民. 基于熵权改进 TOPSIS 的煤企绿色转型评价研究[J]. 煤炭经济研究, 2019(9): 45—50.
- [5] 李钰, 郑若娟. 上市公司信息透明度评价研究——基于主成分分析与熵权法[J]. 工业技术经济, 2014(9): 105—113.
- [6] 陈晓毅. 广西城市化发展质量的区域差异分析——基于熵权法的实证研究[J]. 广西财经学院学报, 2011(5): 24—27.
- [7] 郝文升. 低碳生态城市过程创新与评价研究[D]. 天津: 天津大学, 2012.

**The Analysis and Dynamic Optimzation of Approach Control Training
Indexes Based on the Entropy Weight Method**

LUO Jing-jing, TANG Wei-zhen, HUANG Zhou-sheng

(Civil Aviation Flight University of China,Guanghan Sichuan 618307,China)

Abstract: With the enhancement of the approach controller’s entry training improving their comprehensive quality, the scheme of quality index optimization can readjust the training focus and monitor the training process in time. For reaching the requirements of approach control quality, combining with the actual situation of the entry training of the approach post in the Sub-Bureau, this paper discusses 23 skill qualities and 6 non-skill qualities of the approach controller, and measures and calculates the approach control indexes by the entropy weight method, to discusses the combination between entropy weight and group weight. The results show that Entropy weighting and group weight algorithm will be more suitable for real requirements of entry training, as it can consider the change of quality defect and fit the original importance of approach control indexes. The two-phase-training data reflects the improvement of trainees in scanning ability and adjustment ability after training, so the training emphasis will focus on the improvement on the second level ability, such as conflicts resolution. The model algorithm and its application provides an effective exploration for the dynamic adjustment of approach control training system.

Key words:indexes;entropy weight method;approach control;dynamic optimization

(上接第 36 页)

**Research on the Industrial Association of Guangzhou Headquarters
Economy Based on the Grey System Theory**

SHI Li, LIU Cheng-zhu

(Huashang College,Guangdong University of Finance and Economics,Guangzhou 511300,China)

Abstract: There are many difficulties in theory and practice to research the new economic model with poor data by using the method of Industrial Association Research Based on input-output table. The research method based on grey system theory can solve these difficulties. Using the directional characteristics of gray correlation degree and the data of industrial development, we can calculate the industrial influence coefficient and industrial sensitivity coefficient. This paper discusses the industrial relationship of Guangzhou headquarters economy, calculates the influence coefficient and the sensitivity coefficient between headquarters economy industries, analyzes the current situation of headquarters economy development in Guangzhou, then clarifies the relationship between industries, gives the specific measures for the development of Guangzhou headquarters economy, and draws a meaningful conclusion.

Key words:industry association;grey system;headquarters economy;Guangzhou