

区域管制系统安全绩效综合评估研究

王金龙, 卢婷婷

(中国民航大学 空中交通管理学院, 天津 300300)

摘要: 区域管制系统用来保证航空器航路阶段的飞行安全, 安全绩效考核可以促进区域管制系统安全水平的提高。通过分析区域管制系统的运行过程和安全绩效的影响因素, 建立安全绩效考核的指标体系, 利用将三角模糊函数和层次分析法相结合的方法进行指标权重赋值, 建立区分结果和过程的安全绩效综合评估模型, 并对某地区空管局区域管制系统进行实例验证。结果表明: 利用该安全绩效综合评估模型对区域管制系统进行安全绩效考核所得出的结果合理有效, 不仅能够反映阶段时间内的安全管理工作效果, 同时可以体现安全管理工作过程, 可为安全管理的后续工作提供决策依据。

关键词: 区域管制; 安全; 绩效; 综合评估

中图分类号: V355.1

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2017.03.013

Integrated Evaluation Research of ACC Safety Performance Assessment

Wang Jinlong, Lu Tingting

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

Abstract: The area control center(ACC) ensures the safety of the aircraft on route. The safety performance assessment can promote the improvement of the system security level. Through the analysis of the operation process of area control center and the influence factors of safety performance, the index system of safety performance assessment is established. The method combining the triangular fuzzy function and the analytic hierarchy process(AHP) is used to evaluate the index. Based on these, the integrated evaluation model of safety performance is established. The data of an area control center is used to verify the case. The result can reasonably reflect the safety management level of the area control center, which shows that the integrated evaluation model of safety performance is reasonable and can properly provide the decision basis for the safety management.

Key words: area control; safety; performance; integrated evaluation

0 引言

随着民航业的飞速发展, 航班量快速增加, 机场逐渐增多, 空域越来越拥堵, 安全问题也日益突出。空管系统作为民航必不可少的组成部分, 是航空安全的重要保障。为了提升空管系统的安全水平, 各地区空管局和其下属空管单位均按照国际民航组织的建议和民航局的相关要求, 陆续建立了安全管理体系(SMS), 并根据各单位的实际运行环

境, 制定了相应的安全绩效考核办法。安全绩效考核是建设SMS的必要环节, 也是提升各单位安全管理水平的重要手段。

近年来, 关于安全绩效考核的研究不断丰富, 为各空管单位完善其安全绩效考核办法提供了广阔思路。利用传统的绩效考核方法, 例如目标管理法(MBO)、关键绩效指标法(KPI)、平衡记分卡法(BSC)等, 均能以安全为目标对不同行业进行绩效考核, 适用范围广, 方法可执行性强^[1-3]。但空管系统庞大复杂, 具有特殊性, 安全管理者的认知不同, 不同空管系统的子系统(例如区域管制系统、进近管制系统、塔台管制系统等)均不相同, 致使传统的绩效考核方法应用于空管系统时具有一定的局限

性。随着安全绩效研究的不断深入,以传统绩效考核方法为基础,研究人员对空管系统的运行环境进行分析,对绩效考核的指标体系构建、权重系数赋值、评估实施阶段进行研究,以期使安全绩效的考核结果能更准确地反映空管系统的安全状态。王永刚等^[4]对平衡积分卡模型进行了调整并得到空管单位平衡积分卡模型框架,将考核纬度细化为二级绩效考核指标;齐东萍^[5]以平衡积分卡和目标管理法为基础,综合运用关键绩效指标法,结合东北空管局管理体系,建立了东北空管局绩效考核体系;肖文娟^[6]分别设计了基层空管组织部分安全绩效和管制员安全绩效,建立基层空管单位的绩效考核模型并验证了模型的可操作性;针对绩效考核的评估实施,王永刚等^[7]还提出引入第三方评估的方案以促进安全绩效实施。

上述研究为空管系统的安全绩效考核提供了理论依据,但将理论与空管局安全管理系统相结合来进行安全绩效考核的研究仍鲜有报道。本文通过与地区空管局合作,以区域管制系统为研究对象,通过大量的专家问卷调查和咨询,结合当前地区空管局的安全管理工作内容和安全管理系统平台,建立安全绩效考核的指标体系;采用将层次分析法与三角模糊函数相结合的方法对指标进行权重赋值,建立安全绩效综合评估模型,并在地区空管局的安全管理系统中进行验证。

1 区域管制系统运行过程

区域管制系统是空管系统的一部分,其与塔台管制系统、进近管制系统共同组成空中交通管理服务体系。我国民航地区空管局均设有区域管制机构,称为“区域管制中心”,负责本地区的区域管制工作,可视为一个区域管制系统。区域管制系统中的主要业务执行人员称为区域管制员,区域管制员负责提供本区域的区域管制服务,并与相邻区域的管制员、进近管制员等协调工作,共同保证航空器的飞行安全。区域管制的主要内容包括:航路放行许可、与相邻管制单位的协调、雷达识别与管制移交、处理飞行员的各种请求、监控负责区域航空器的飞行、发布飞行情报、预测潜在的飞行冲突、合理发布指令以解决冲突等。区域管制系统的运行流程如图1所示。

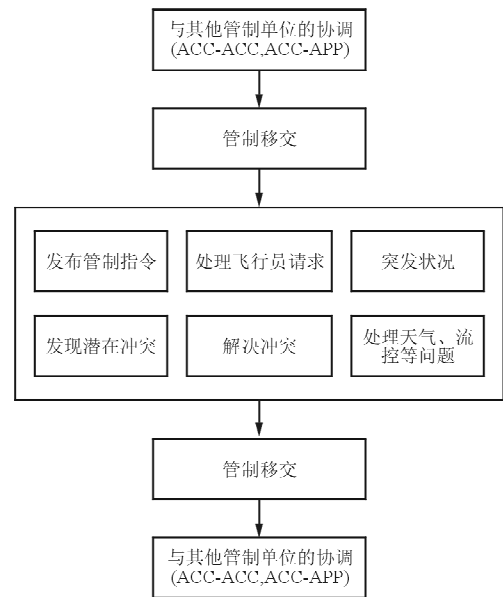


图1 区域管制系统运行流程

Fig. 1 Operation flowchart of area control system

2 区域管制系统安全绩效

在民航领域,安全是一种状态,通过持续的危险识别和风险管理过程,将人员伤亡或财产损失的风险降至并保持可在可接受的水平或其以下。安全绩效通常可反映某一航空部门的安全水平^[8]。过去的空管系统安全绩效考核主要为结果型考核,将某段时间内发生的事故、事故征候次数等作为考核指标。结果型考核能够直观地反映被考核单位在某段时间内的安全管理工作的效果,可操作性强。但结果型考核的指标数量少,且均为结果型指向指标,安全绩效并不能反映被考核单位的安全管理工作量和安全发展趋势。在安全绩效考核中加入安全管理工作过程中的过程型指标,可以使安全管理工作过程能够在安全绩效考核结果中得以体现,与结果型指标所体现的安全管理工作效果相结合,所得到的综合安全绩效能够更好地反映被考核单位的安全管理效果和安全发展趋势。本文以区域管制系统的年度安全责任指标为基础,结合安全管理工作过程,综合结果型指标和过程型指标,建立安全绩效的综合评估模型。

结果型指标制定的主要依据为区域管制系统的年度安全责任指标。例如,某地区空管局实行百分制安全绩效考核,发生一起因空管责任造成的严

重事故征候扣 10 分,发生一起因空管责任造成的一般事故征候扣 5 分。每年年终计算各部门得分情况,根据分数高低进行奖惩。安全绩效评估时,通过对各结果型指标的考核得到结果型安全绩效。

过程型指标制定的主要依据为区域管制系统的航空管理工作过程。例如,某地区空管局要求各分局、各部门及时上报航空安全信息。可根据区域管制系统的实际情况和相关安全管理体系文件,对航空安全信息上报时效进行考核,设立时间节点,在时间节点以前上报安全信息则对过程型指标绩效加分,反之则减分。安全绩效评估时,通过对各过程型指标的考核得到过程型安全绩效。

3 安全绩效综合评估模型

按照空管系统安全管理部门制定的安全管理目标,结合专家意见,结果型绩效的权重为 60%,过程型绩效的权重为 40%。结果型绩效按照本地区空管系统安全责任目标进行考核;过程型绩效则需建立评估模型进行分析计算。综合结果型绩效和过程型绩效,即为本区域管制系统的安全绩效。安全绩效综合评估的流程如下:

首先,结合区域管制系统的运行过程,对影响区域管制系统安全绩效的因素进行分析,并将影响因素分类,对影响因素间的相关性进行分析,构建合理的安全绩效指标体系。

然后,对构建的安全绩效指标体系中的指标进行可量化分析,舍弃影响因子低的指标,合并相关性指数大的指标,对安全绩效指标体系合理简化;并利用专家调查问卷等方式,确立合理的权值。

最后,通过安全绩效评估组的评估得分,并将指标体系的权重值进行计算,得出安全绩效考核结果。

3.1 安全绩效指标体系

建立区域管制系统的综合性安全绩效,包含结果型安全绩效和过程型安全绩效,其指标体系的设计也分为结果型指标体系和过程型指标体系。

结果型指标体系的建立依据为本单位的年度安全责任指标。根据年度安全责任指标的要求,分别建立加分项和减分项。加分项包括:民航局空管局(或地区管理局)通报表彰、民航局(或省、部级)通报表彰、国家级通报表彰;减分项包括:严重事故

征候、一般事故征候、不安全事件、航空不安全信息、例行质量监督检查不合格。

过程型指标体系需分析区域管制系统安全绩效的影响因素,按照“人—机—环—管”四要素进行下级指标的设计,如表 1 所示。

表 1 过程型安全绩效指标体系

Table 1 Index system of safety performance assessment

一级指标	二级指标	三级指标
A ₁ 人	B ₁₁ 知识储备	C ₁₁₁ 管制员执照
	B ₁₂ 能力提升	C ₁₂₁ 岗位技能比赛获奖情况
		C ₁₂₂ 安全知识比赛获奖情况
	B ₁₃ 业务量	C ₁₃₁ 班组业务量
A ₂ 机	B ₁₄ 工作状态	C ₁₄₁ 员工工作状态评价
	B ₂₁ 硬件设备	C ₂₁₁ 生产电脑和设备正常运作率
		B ₂₂ 软件平台
A ₃ 环	B ₃₁ 员工工作环境	C ₃₁₁ 对工作环境满意度
		C ₃₁₂ 工作量与工作压力
	B ₃₂ 风险输入环境	C ₃₂₁ 相邻管制单位的风险输入
		C ₃₂₂ 业务支持的通导、气象等单位的风险输入
A ₄ 管	B ₄₁ 风险管理	C ₄₁₁ 强制报告执行率
		C ₄₁₂ 自愿报告次数
		C ₄₁₃ 危险源报告次数
		C ₄₁₄ 危险源采纳次数
	B ₄₂ 安全检查	C ₄₂₁ 管制指令错误率(依据部门设定)
		C ₄₂₂ 管制指令严重差错率(依据部门设定)
		C ₄₂₃ 安全检查次数
B ₄₃ 安全评估	C ₄₃₁ 安全评估执行率	
	C ₄₃₂ 安全评估次数	
B ₄₄ 安全文化	C ₄₄₁ 安全培训次数	
	C ₄₄₂ 安全文化交流次数	
		C ₄₄₃ 安全例会的出勤率

(1) 影响因素“人”:“人”的状况包括管制员的身体健康状况、心理状态、安全意识、工作任务量、工作难度、知识技能等多方面因素,它们相互影响,共同决定了“人”的状况,进而影响区域管制服务质量。

(2) 影响因素“机”:“机”是指管制工作中用到的设备工具、软件平台等,将区域管制单位涉及到的“机”分为硬件设备、软件平台两个模块;硬件设备包括管制工作所需的导航设备、监视仪表、工作所需办公用品等;软件平台包括管制工作所用软件、工作记录相关软件、办公系统平台、情报信息系

统等。

(3) 影响因素“环”:“环”既包含区域管制工作在空管系统里的运行环境,又包含区域管制员的工作环境。运行环境主要涉及当前区域的流量情况、天气情况、军事活动情况、衔接管制单位的运行情况、衔接风险等因素;管制员的工作环境主要包含工作场所办公情况、环境舒适度、班组安排满意度、时间安排满意度、工作待遇满意度等因素。

(4) 影响因素“管”:“管”是指管理因素,涉及组织机构管理、文件记录管理、工作流程管理、班组资源管理、安全检查、风险管理、安全文化建设管理等,是安全管理工作的重要保障。

3.2 安全绩效指标权重

权重系数是安全绩效考核的关键,指标权重系数的赋值准确性将直接影响安全绩效考核的准确度。按照计算过程和数据来源,可以将绩效考核的权重系数赋值方法分成主观赋值法、客观赋值法和主客观结合综合赋值法。主观赋值法主要依据专家的经验积累、知识水平及对考核目标和当前考核对象的认识程度,与实际的考核环境比较吻合,但主观随意性大,典型方法为层次分析法^[8]。客观赋值法主要靠分析历史数据、参评结果与指标之间的关系来确定权重参数,主要依靠计算分析软件实现,避免了人的主观随意性,但与考评的工作环境常有偏差,常见方法有主成分分析法、熵权信息法等^[9-10]。主客观结合综合赋值法吸取主观赋值法与客观赋值法的优点并加以融合,形成既有客观分析又有主观参与的综合赋值方法。本文通过层次分析法和三角模糊函数相结合的综合赋值方法对指标进行权重赋值。

利用指标体系制作指标权重专家调查问卷,请不同专家通过两两比较问卷表分析两两指标间的优先级次序;再采用 9 分量表进行打分;整理全部专家的打分记录,进而归纳出每个专家的两两比较评估矩阵,以获得原始评估矩阵。

利用 Matlab 软件计算出原始评估矩阵的最大特征值及其对应的特征向量:

$$R \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w \quad (1)$$

式中:R 为原始评估矩阵; λ_{\max} 为 R 的最大特征值;w 为 λ_{\max} 对应的特征向量,即权重向量。

验证矩阵一致性以保证专家在两两比较过程

中的前后一致性^[11]。一致性指标(Consistency Index,简称 CI)、一致性比率(Consistency Ratio,简称 CR)定义为

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

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

式中:n 为矩阵中所比较的指标个数;RI 为随机指标,即为同样规模的两两比较矩阵随机产生的平均一致性指标,其部分值如表 2 所示。

表 2 指标个数与随机指标对应表

Table 2 Table of index number and random index

n	RI	n	RI
1	0	6	1.24
2	0	7	1.32
3	0.58	8	1.41
4	0.90	9	1.45
5	1.12	10	1.19

如果一致性未通过,原始评估值则必须由专家重新修正或删除。

将对比较指标的得分转换成相应的语言变量,并用三角模糊函数(如表 3 所示)表示,模糊正交互矩阵(Fuzzy Positive Reciprocal Matrix)可定义为

$$R^k = [r_{ij}]^k \quad (4)$$

式中: R^k 为专家 k 的正交互评估矩阵; r_{ij} 为指标 i 和 j 的相对重要性。

表 3 三角模糊函数

Table 3 Triangular fuzzy number

语言变量	正三角模糊数	正交互三角模糊数
两个指标同样重要	(1,1,1)	(1,1,1)
中间值	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
稍微重要	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
中间值	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
显然重要	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
中间值	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
非常重要	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
中间值	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
极端重要	(9,9,9)	(1/9,1/9,1/9)

基于 R. Csutora 等^[12]提出的 Lambda-Max 方法计算指标的模糊权重。运用 α 截集,令 $\alpha=1$,得到专家 k 的评估正矩阵, $R_b^k = [r_{ij}]_b^k$;再令 $\alpha=0$,得

到其上界和下界, $R_n^k = [r_{ij}]_n^k$ 和 $R_c^k = [r_{ij}]_c^k$ 。利用传统的层次分析法的权重计算程序分别求权重:

$$\begin{cases} W_b^k = [w_i]_b^k \\ W_a^k = [w_i]_a^k \\ W_c^k = [w_i]_c^k \end{cases} \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (5)$$

为了最小化权重的模糊性, 选择两个常量 M_a^k 和 M_c^k :

$$M_a^k = \min \left\{ \frac{w_{ib}^k}{w_{ia}^k}, 1 \leq i \leq n \right\} \quad (6)$$

$$M_c^k = \min \left\{ \frac{w_{ib}^k}{w_{ic}^k}, 1 \leq i \leq n \right\} \quad (7)$$

权重的上、下界定义为

$$w_{in}^k = M_a^k w_{ia}^k \quad (8)$$

$$w_{ic}^k = M_c^k w_{ia}^k \quad (9)$$

上、下界权重矩阵为

$$W_a^k = [w_i^k]_a^k \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

$$W_c^k = [w_i^k]_c^k \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

通过 W_a^k, W_b^k, W_c^k , 可以得到专家 k 的模糊权重矩阵:

$$W_i^k = [w_{ia}^k \quad w_{ib}^k \quad w_{ic}^k] \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

首先利用几何平均的方法综合所有专家意见, 得到

$$\bar{W} = \left(\prod_{k=1}^K W_i^k \right)^{\frac{1}{K}} \quad (\forall k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

式中: \bar{W} 为 K 位专家对指标 i 的综合模糊权重; W_i^k 为第 k 位专家对指标 i 的综合模糊权重; K 为专家人数。

然后进行归一化处理, 计算最终的权重系数。

指标的组合权重系数是指标评估体系中各层次指标对总目标层的权重系数。

3.3 安全绩效综合评估模型

区域管制系统的安全绩效综合评估得分为

$$S = S_g + S_p \quad (14)$$

式中: S_g 为结果型绩效; S_p 为过程型绩效。

(1) 结果型绩效

结果型绩效考核加减分方案如表 4 所示。

表 4 结果型绩效考核加减分方案

Table 4 Addition and subtraction scheme of result safety performance

加减分项	加减分项说明
加分项 S_{g+}	获得民航局空管局(或地区管理局)通报表彰的加 2 分; 获得民航局(或省、部级)通报表彰的加 4 分; 获得国家级通报表彰的加 6 分。
减分项 S_{g-}	每发生一起区域管制责任严重事故征候减 10 分; 每发生一起区域管制责任一般事故征候减 5 分; 每发生一次区域管制责任不安全事件减 3 分; 不及时、如实上报航空安全信息减 8 分; 未按照民航局空管局和华东空管局要求开展运行质量监督检查的, 每次扣 3 分。

结果型绩效的最终得分为

$$S_g = (100 + \sum S_{g+} - \sum S_{g-}) \times 60\% \quad (15)$$

(2) 过程型绩效

过程型绩效考核按指标体系考核, 每项指标进行百分制加减, 指标权重已标准化, 因此对单项指标的得分进行累加, 即为过程型绩效得分。

过程型绩效评估加减分方案如表 5 所示。

表 5 过程型绩效评估加减分方案

Table 5 Addition and subtraction scheme of process safety performance

指 标	加分项	减分项
C_{111} 管制员执照 (定量评估)	执照一次通过率 100%, 加 10 分; 执照复审一次通过率 100%, 加 10 分;	执照通过率不足一线管制员总体的 95%, 减 10 分; 执照复审不足 100%, 减 10 分
C_{112} 岗位技能比赛 获奖(定量评估)	岗位技能比赛地区空管局获奖, 每次加 2 分; 岗位技能比赛民航局获奖, 每次加 10 分;	岗位技能比赛缺席, 减 10 分;
C_{141} 工作状态 (定性评估)	安全绩效评估小组对员工工作状态匿名评价, 分为优、良、中、差, 分别加减分。 评价为“优”, 加 10 分; 评价为“良”, 加 5 分;	安全绩效评估小组对员工工作状态匿名评价, 分为优、良、中、差, 分别加减分。 评价为“中”, 不加减分; 评价为“差”, 减 10 分;
.....

注: 篇幅限制, 仅列出部分加减分方案。

每项指标按照 100 分制进行统计,给定基础分,根据单项指标的实际状况进行加减分,再乘以该项的权重系数,即为该项的过程型绩效得分。因此,过程型绩效的最终得分为

$$S_p = (\sum S_i) \times 40\% \quad (16)$$

式中: S_i 为第 i 项指标得分。

4 区域管制系统安全绩效考核实例

以某地区空管局区域管制中心为例,采集 2015 年和 2016 年的数据以及相关部分指标的专家评估,利用上述综合评估模型对该区域管制系统进行安全绩效考核。

4.1 指标权重计算

依据本文建立的区域管制系统安全绩效考核指标体系,邀请区域管制系统和地区空管局安全管理部门专家进行问卷调查。根据调查结果,确定指标体系的每项权重。通过 Matlab 软件计算,最终得出指标体系的权重系数,如表 6 所示。结果型绩效权重系数为 60%,过程型绩效权重系数为 40%。考虑到指标的可量化性和易评估性,将 C_{311} 和 C_{312} 合并为 C_{31} , C_{321} 和 C_{322} 合并为 C_{32} , C_{421} 和 C_{422} 合并为 C_{42} 。

表 6 指标权重赋值

Table 6 Index weight assignment

指标	权重系数	指标	权重系数	指标	权重系数
C_{111}	0.025 5	C_{312}	0.022 6	C_{422}	0.084 5
C_{121}	0.020 2	C_{321}	0.060 4	C_{428}	0.050 3
C_{122}	0.024 0	C_{322}	0.021 4	C_{431}	0.050 7
C_{131}	0.067 6	C_{411}	0.049 9	C_{432}	0.055 6
C_{141}	0.087 6	C_{412}	0.032 6	C_{441}	0.034 6
C_{211}	0.034 3	C_{413}	0.038 8	C_{442}	0.029 8
C_{221}	0.042 3	C_{414}	0.039 4	C_{443}	0.024 6
C_{311}	0.026 8	C_{421}	0.076 5		

4.2 系统数据采集

某地区空管局区域管制中心的 2015 年和 2016 年相关数据汇总如表 7 所示。

表 7 区域管制中心统计数据

Table 7 Statistics of area control system

指 标	统计值	
	2015 年	2016 年
一般事故症候	2	2
严重事故症候	0	0
不安全事件	3	3
自愿报告次数	5	10
危险源报告次数	4	6
安全培训次数	10	18

注:篇幅限制,仅列举代表性数据。

4.3 安全绩效结果及分析

根据某地区空管局区域管制中心提供的 2015 年和 2016 年安全运行相关数据,按照本文建立的安全绩效考核指标体系和权重赋值方法,计算安全绩效得分,结果如表 8 所示。

表 8 安全绩效考核结果

Table 8 Result of safety performance appraisal

年 份	结果型绩效 (百分制)	过程型绩效 (百分制)	安全绩效 (百分制)
2015 年	81	80.03	80.60
2016 年	81	80.86	80.94

从表 8 可以看出:该区域管制系统结果型绩效 2016 年与 2015 年得分持平;过程型绩效 2016 年比 2015 年得分有所提高,主要原因是安全管理活动增加,例如 2016 年的自愿报告次数比 2015 年多 5 次;危险源报告次数多 2 次;安全培训次数多 8 次。

综合评估后,该区域管制中心的 2016 年安全绩效比 2015 年得分增高。在安全责任年度责任指标完成情况下,2016 年安全管理活动显著增多,对区域管制系统的安全水平具有正面效应。同时也表明本文建立的安全绩效综合评估模型所得结果与实际安全情况吻合。

5 结束语

本文根据区域管制系统年度安全责任指标和安全管理过程,结合区域管制系统安全绩效的影响因素,建立结果型安全绩效和过程型安全绩效相结合的指标体系。通过一致性检验,筛选有效的

专家调查问卷,在层次分析法的基础上加入三角模糊函数,对指标体系进行权重赋值。以某区域管制中心提供的数据,进行综合评估计算,所得安全绩效结果与专家组评估结果一致。

但限于区域管制单位的数据保密和不同区域管制系统的运行情况及安全管理指标不同,本文研究的综合评估方法并不能被广泛采用。后续有关安全绩效考核的研究,可以以此为基础,进行更加灵活、更具适应性的综合评估方法研究。

参考文献

- [1] 陈金国,朱金福.安全文化的平衡计分卡绩效评价方法[J].中国安全科学学报,2005,15(9):88-91.
Chen Jinguo, Zhu Jinfu. Study on method for assessing business performance of safety culture based on balanced score card[J]. China Safety Science Journal, 2005, 15(9): 88-91. (in Chinese)
- [2] 李蓉,李熙钦.浅谈关键绩效指标管理应用[J].现代经济信息,2010(3):31-32.
Li Rong, Li Xiqin. Discussion on the key performance indicator management application[J]. Modern Economic Information, 2010(3): 31-32. (in Chinese)
- [3] 王艳.论绩效管理评价方法——目标管理法[J].经营管理者,2011(5):176-177.
Wang Yan. Performance management evaluation—management by objectives[J]. Manager Journal, 2011(5): 176-177. (in Chinese)
- [4] 王永刚,龙泓朗.空管单位绩效考核指标体系的构建[J].中国民用航空,2011(9):57-59.
Wang Yonggang, Long Honglang. The establishment of performance appraisal index system in the ATM sector[J]. China Civil Aviation, 2011(9): 57-59. (in Chinese)
- [5] 齐东萍.东北空管局绩效考核体系研究[D].大连:大连理工大学,2013.
Qi Dongping. Research of northeast air traffic management bureau performance appraisal system[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2013. (in Chinese)
- [6] 肖文娟.基层空管机构安全绩效评价体系研究[D].武汉:武汉理工大学,2009.
Xiao Wenjuan. Research on safety performance evaluation system for primary air traffic management agency[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2009. (in Chinese)
- [7] 王永刚,王师维.基于第三方评估的空管安全评估管理模式研究[J].中国安全科学学报,2011,21(9):138-142.
Wang Yonggang, Wang Shiwei. Research on safety assessment management mode for air traffic management based on third party assessment[J]. China Safety Science Journal, 2011, 21(9): 138-142. (in Chinese)
- [8] 国际民航组织.附件19 安全管理[S].蒙特利尔:国际民航组织,2013.
ICAO. Annex19 Safety management[S]. Montreal: ICAO, 2013. (in Chinese)
- [9] 孙刘平,钱吴永.基于主成分分析法的综合评价方法的改进[J].数学的实践与认识,2009,39(18):15-20.
Sun Liuping, Qian Wuyong. An improved method based on principal component analysis for the comprehensive evaluation[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2009, 39(18): 15-20. (in Chinese)
- [10] 李灿,张凤荣,朱泰峰,等.基于熵权TOPSIS模型的土地利用绩效评价及关联分析[J].农业工程学报,2013(5):217-227.
Li Can, Zhang Fengrong, Zhu Taifeng, et al. Evaluation and correlation analysis of land use performance based on entropy-weight TOPSIS method[J]. Transactions of the China Society of Agricultural Engineering, 2013(5): 217-227. (in Chinese)
- [11] 宋光兴,杨德礼.模糊判断矩阵的一致性检验及一致性改进方法[J].系统工程,2003,21(1):110-116.
Song Guangxing, Yang Deli. Methods for identifying and improving the consistency of fuzzy judgment matrix[J]. Systems Engineering, 2003, 21(1): 110-116. (in Chinese)
- [12] Csutora R, Buckley J. Fuzzy hierarchical analysis: the Lambda-Max method[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2001, 120: 181-195.

作者简介:

王金龙(1986—),男,硕士,助教。主要研究方向:管制系统运行效率评估、管制系统安全分析与安全管理、安全绩效考核、航空情报服务等。

卢婷婷(1983—),女,硕士,讲师。主要研究方向:管制系统运行效率评估、跑道运行评估、空域安全性评估、航空情报服务、航空公司运行管理等。

(编辑:马文静)