

基于模糊综合评价的机场周界安全^①

吴 蒋, 王 冬

(琼州学院 电子信息工程学院, 三亚 572022)

摘 要: 基于模糊数学理论, 运用模糊综合评价原理, 构建民用机场周界防范系统模糊综合评价模型. 对周界防范系统的子系统进行模糊评价, 以期达到检测各个子系统的安全稳定性目的, 将综合值划分成若干区间, 并分别对应于机场组织的四种状态, 即: 危机状态 $[1, 0.75]$ 、低度危机状态 $[0.75, 0.5]$ 、基本正常状态 $[0.5, 25]$ 和正常管理状态 $[0.25, 0]$. 当计算出的综合价值处于上述某个值域区间时, 可直观地显示出机场周界安全的具体状态.

关键词: 机场周界安全; 模糊综合评价; 评价指标

Airport Perimeter Security Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation

WU Jiang, WANG Dong

(School of Electronic and Information Engineering, Qiongzhou University, Sanya 572022, China)

Abstract: Based on the fuzzy mathematics theory, the fuzzy comprehensive evaluation principle, the civil airport construction perimeter prevention system fuzzy comprehensive evaluation model. Perimeter prevention system of subsystems of fuzzy evaluation, in order to test the safety of each subsystem stability objective, comprehensive value will be divided into several respectively, and the corresponding to the organization of the airport four state, namely: crisis state $[1, 0.75]$, low state of crisis $[0.75, 0.5]$, the basic normal $[0.5, 25]$ and normal management state $[0.25, 0]$. When the calculated the comprehensive evaluation value in the above a certain range interval, can be directly shows the airport the perimeter security specific state.

Key words: airport perimeter security; fuzzy comprehensive evaluation; evaluation

民用机场是我国空中飞行的重要基础设施, 通常是供航空器起飞和着陆滑行的飞行区、供航空器上下客货邮件的运输区、供航空器维护修理的机务维修区等. 机场安全包括航空器的安全起降和对机场设施的安全保障, 也是民用机场在正常情形下理应发挥的重要功能. 对机场的人员、环境、设备和管理存在的问题实现监管和预警、构建完善的安全防范体系、完善机场的应急救援设施, 大部分事故的发生是可以挽救或避免的^[1].

安全防范系统是防盗报警系统、火灾报警系统、电视监控系统、通道控制系统、防恐慌逃生系统、巡更系统、周界防范系统等的总称. 这些系统虽由于实现防范的技术方法不同而各有特色, 但他们的功能和目的是一致的, 它们既相对独立不可取代, 又相互关联互为补

充. 周界防范系统是解决外围的防范问题, 因此周界防范系统也就是安全防范系统的第一道防线. 这就好像战场上经常会设置多道防线进行防御一样, 可见周界防范在安全防范系统中的重要性和地位. 随着科学技术的发展, 社会的进步, 特别是美国“9.11”以后, 反恐形势的严峻, 大量的社会财富、军事设施、机场、易燃易爆物资仓库、电站等都需要采用周界防范系统进行有效的防范, 以确保安全. 因此, 民用机场周界防范系统一定会越来越被人们认识、接受和重视^[2].

构筑安全可靠的民用机场周界防范系统是保证人民群众生命安全的第一道防线, 而评价周界防范系统的可靠性又是一项系统工程, 评价这套系统的最重要的环节是对专家意见的处理, 一般的处理方法就是求和或者求平均值, 但由于专家的意见存在很多主观因

① 基金项目: 海南省自然科学基金(612127); 三亚市院地专项基金(2010YD52)

收稿时间: 2012-12-27; 收到修改稿时间: 2013-01-31

素,再加上评价指标本身具有模糊性,因此造成很难得到最优评分.本文应用模糊综合评价方法,对专家的意见进行分析,最后得到最优评价结果.为更好的说明问题,我们把专家的意见用打分的形式来标识^[3].

1 基本理论

1.1 模糊评价指标体系

评价机场飞行区安全防范的第一道屏障——周界安全防范报警系统,首先我们把构成周界报警系统的各个子系统作为评价指标的一级指标,各个子系统的功能作为二级指标.利用模糊综合评价方法对所有指标进行评价,以目前著名的国际机场的建设指标为参照指标,采用专家评分进行评价.具体指标如表 1 所示^[4].

表 1 周界防范系统评价指标

一级指标	二级指标	指标描述
振动(光)电缆	光信号水平对比度	系统采用扰动感应光缆探测入侵意图.探测围栏振动,处理器将光信号转换成电信号,产生的震动信号由处理器进行分析,决定是否触发警报.在安装感应光缆围栏上,系统对围栏振动信息分析,可确定入侵者是以攀爬、剪切的方式还是以提拉围栏结构的方式进入周界。
	防区距离有效性	
	通信能力	
	光缆对电磁波的干扰力	
	计算机处理信号能力	
脉冲电子围栏	警示牌威慑度	通过阻挡和准确报警实现提前响应,具有主动反击、物理屏障、延迟入侵、正确报警等特性.脉冲电子围栏系统在防区的周边架设了一道电子围栏.假设有人企图侵入,首先看到围栏上的“小心电围栏”警示牌,造成心理上的威慑感.假设企图跨越触及围栏时,便给予电击,使之离开,且不敢再次侵入。
	脉冲能量	
	鉴别能力	
	误报率	
	报警智能化	
主动红外影像探测技术	影像清晰度	红外探测系统适合安装在大门和通道处,通常用于出入频繁的大门,作为独立的报警区,属于相对独立的双光束发射、接收器单元的基本配置。
	红外探头安装合理性	
	探测盲区评估	
	设备可靠度	
	影像传输线路保障	
微波探测技术	频率稳定性	收发分置的微波传感器由发射器和接收器组成,二者相距最远可达180米,一般用于不适合采用感应电缆布防的区域。
	微波能量场评估	
	信号处理技术	

墙振动入侵探测器	抗干扰性评估	它是一种对建筑物内部进行保护的入侵探测传感器.属于实用有效的张力麦克风电缆技术,专门用于室内安全探测.在飞行区周界安防系统中作为独立的报警防区很容易集成到现有的任何报警系统中。
	信号传输线路保障	
	监控保护范围	
	抗干扰能力	
埋地电缆探测系统	探测率	埋地电缆入侵探测传感器是一种隐蔽的入侵探测传感器,在埋地感应电缆周围产生不可见均匀的空间电磁场.对移动目标的导电性、体积、移动进行探测。
	误报率	
	多目标探测能力	
	智能信号处理	
	报警方式	
地下管网入侵探测系统	对位置地精确识别率	专门用来识别真正的破坏或偷盗行为并向控制室的操作员发出报警.传感器每隔200~300米埋于地下,一般距地面0.5米.将几个地震检波器依地形摆成阵列来接收原始的震动信号,对特定的频域高度地敏感,尤其是挖掘地动作.对位置地精确识别源自每个传感器对信号的精确测量。
	抗干扰能力	
	无线报警方式	
	可靠性	
	误报率	
	传感器协同传输信号保障	

1.2 模糊综合评价方法

模糊综合评价方法是一种基于模糊数学的评价方法^[5].该综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出一个总体的评价.它具有结果清晰,系统性强的优点,能较好地解决模糊的、无法量化的问题,适用于各种非确定性问题的解决和处理.已有很多学者对模糊综合评价的方法进行了研究并广泛地应用于环境、教学、经济、管理等领域^[6].以目前著名的国际机场的建设指标为参照指标,把建设安全的机场周界环境为定性指标,对表 1 的各项指标做定量评价,对机场当前的制约因素做出总体评价,判断当前机场安全状态级别.具体评价方案如 1.3 节所述.

1.3 模糊评价基本模型

① 以评价目的为基础,确定评价指标的集合:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}, u \text{ 为表 1 中的二级指标.}$$

② 已知评价等级集合: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 本文评价等级为 4 级.

③ 评价指标权重: $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$, 权重是各个评价指标在综合评价中的重要性程度体现,且

满足 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ ，根据国际著名机场构造权重因子。

④ 确定评价矩阵 R

$$R = \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1n} \\ r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2n} \\ \vdots \\ r_{m1}, r_{m2}, \dots, r_{mn} \end{bmatrix}$$

另， r_{ij} 表示 u_i 关于 v_j 的隶属度。

⑤ 综合评价

进行权重系数矩阵 w 与评价矩阵 R 的模糊交换得到模糊评判集 B ，设 $w = (w_j)_{1 \times m}$ ， $R = (r_{ji})_{m \times n}$ ，那么

$$B = w \cdot R = (w_1, w_2, \dots, w_m) \cdot \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1n} \\ r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2n} \\ \vdots \\ r_{m1}, r_{m2}, \dots, r_{mn} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$$

其中“ \cdot ”为模糊合成算子，经过归一化以后，得到 $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ ，于是可以确定了对对象 P 的评判等级。利用软件计算得出结果为 1 级状态。

2 模糊评价子模块算法

为使评价结果更客观，运用模糊综合评价方法对专家评价结论进行分析，对国内民用机场周界防范系统按表 1 所示的指标体系选取最优的评价结果。

设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是专家集合， $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 是评价指标集， $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 是评价指标权重向量，其中 $w_i > 0$ ，且满足 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。对评价专家 $x_i \in X$ ，按第 j 个评价指标 u_j 进行测算，得到 x_i 关于 u_j 的测算值 r_{ij} ，因此构成模糊综合评价矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 。再通过适当算法对评价集合进行排序，求出最优评价方法。

首先， w 权重向量的计算方法。由于一级指标和二级指标属于评价指标，因此我们分别构造一级和二级权重来得到权重向量 w 。

① 一级权重向量 w_1 ，定义为：

$$w_i = \left(\frac{\text{第 } i \text{ 个一级指标的分值}}{\text{总分值}} \right) (i = 1, 2, \dots, m)$$

② 二级权重向量 w_2 ，定义为：

$$w_j = \left(\frac{\text{第 } i \text{ 个一级指标下第 } j \text{ 个指标的分值}}{\text{第 } i \text{ 个一级指标的总分值}} \right) (0 < j < 5)$$

③ 根据①和②，评价指标的权重向量 w 定义为：

$$w = w_1 w_2^T$$

其次，参照国际著名机场对照表 1 构造评价矩阵类型，模糊综合评价算法描述如下^[4]：

对评价专家 $x_i \in X$ ，按第 j 个评价指标 u_j 进行指标测算，得到 x_i 关于 u_j 的测算值 r_{ij} ，组成行向量 $R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}\}$ ，由 $R_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 构成模糊综合评判矩阵

$$R = [R_1, R_2, \dots, R_m]^T = \begin{bmatrix} r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1n} \\ r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2n} \\ \vdots \\ r_{m1}, r_{m2}, \dots, r_{mn} \end{bmatrix}$$

其中， R 是评价矩阵，即它的元素 $r_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ 是确定的数；为了除去 m 个评价指标量产生的不同影响，需对以上矩阵进行规范化分解。效益型指标和成本型指标是目前常见的指标类型。指标值越大的指标叫效益型指标；指标值越小的指标叫成本型指标；指标值区间为机场状态中的 4 个区间值之一。

设 $I_i (i = 1, 2)$ 分别代表效益型和成本型的下标集合， $N = \{1, 2, \dots, n\}$ ，令

$$a_{ij} = \frac{r_{ij} - \min(r_{ij})}{\max(r_{ij}) - \min(r_{ij})} \quad (1)$$

其中 $i = I_1, j \in N$

$$a_{ij} = \frac{\max(r_{ij}) - r_{ij}}{\max(r_{ij}) - \min(r_{ij})} \quad (2)$$

其中 $i = I_2, j \in N$

则矩阵 $A = \begin{bmatrix} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n} \\ a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n} \\ \vdots \\ a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn} \end{bmatrix}$ ；采用指数加权法计算

综合评价结果向量 $b = w^T A = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ ，其中 $b_j = \sum_{i=1}^m w_i a_{ij}, j \in N$ ；根据向量 b 排序，判断优评价。

假设向量 b 有多个相同值, 无法判断最优评价, 可对评价结果进行平均值的求解得到最优评价。

通过收集专家评分结果, 进行多次筛选评价, 最终计算结果为: 2 次处于危机状态; 3 次处于低度危机状态。经过对指标进行调整重新进行计算, 结果为: 1 次处于低度危机状态; 2 次处于基本正常状态; 2 次处于正常管理状态。因为还有 1 次处于危机状态, 所以我们继续对指标进行优化, 结果为: 3 次处于基本正常状态; 2 次处于正常管理状态, 对指标不断进行优化, 使计算结果基本符合航空管理要求。

3 结论

作为周界安全防范技术在民用机场飞行区中的运用, 不仅要考虑到系统的安全可靠性, 还应兼顾系统的准确性与传统管理体系的兼容性。周界安全防范系统是通过相关的报警子系统和辅助的定位监测手段运用特殊的接口协议实现整个系统的联动监控。系统的稳定性和准确性将是机场飞行区安全防范工作提供有效的保证。本文从各个子系统及其功能角度入手构建

了机场周界安全防范评价指标体系, 并应用综合模糊评价法进行评价, 以确定机场的安全状态。上述方法能够对机场周界安全防范体系进行监测, 以便管理者及时掌控机场的安全状态, 制定相应的安全对策, 达到减少事故灾害的目的。

参考文献

- 1 李航, 赵贵红. 机场安全可拓预警模型研究. 计算机工程与应用, 2009, 45(14): 238-239.
 - 2 吴民胜. 现代化大型国际机场周界防范系统分析与设计思考. 中国安防, 2008, 12(8): 93-94.
 - 3 陈衍泰, 陈国宏, 李美娟. 综合评价方法分类及研究进展. 管理科学学报, 2004, 7(2): 70-71.
 - 4 俞焕昕. 浅议民用机场的安全方针政策. 江苏航空, 2007, 3(2): 76-79.
 - 5 彭祖曾. 模糊数学及应用. 武汉: 武汉大学出版社, 2003. 23-25.
 - 6 徐泽水, 岳振军. 模糊综合评价的两种新算法. 解放军理工大学学报, 2001, 2(4): 5-8.
-
- (上接第 21 页)
- 2010, 37: 1100-1112.
 - 11 Kenne JP, Dejax P, Ali Gharbi. Production planing of a hybrid manufacturing-remanufacturing system under uncertainty within a closed-loop supply chain. International Journal of Production Economics, 2012, 135: 81-93.
 - 12 Kaya O. Outsourcing vs. in-house production: a comparison of supply chain contracts with effort dependent demand. Omega, 2011, 39: 168-178.
 - 13 薛雷, 王志平. 基于第三方物流的逆向物流优化模型. 大连海事大学学报, 2007, 33(S2): 164-166.
 - 14 周虹, 范体军. 可拆卸再制造产品逆向物流网络设计模型. 科技管理研究, 2010, 30(5): 108-111.
 - 15 陈果, 王峰, 李夏苗. 第三方物流的逆向物流网络随机规划模型及其算法. 铁道科学与工程学报, 2008, 5(5): 86-91.
 - 16 刘嘉莹, 邵良彬. 第三方逆向物流再制造网络模型与算法设计. 物流工程与管理, 2010, 32(1): 78-79.
 - 17 黄祖庆, 易荣华, 达庆利. 第三方负责回收的再制造闭环供应链决策结构的效率分析. 中国管理科学, 2008, 16(3): 73-77.
 - 18 许志端, 郑腾. 电子废旧品第三方回收企业的盈利模型. 管理现代化, 2008, 2: 12-14.
 - 19 Liu B, Iwamura K. Chance constrained programming with fuzzy parameters. Fuzzy Sets and Systems, 1998, 94(2): 2272-237.
 - 20 Liu B, Iwamura K. A note chance constrained programming with fuzzy coefficients. Fuzzy Sets and Systems, 1998, 100(1-3): 229-233.
 - 21 徐玖平, 李军. 多目标决策的理论与方法. 北京: 清华大学出版社, 2005. 91-96.