

# 集成 DEMATEL-ISM 方法的航班 截载时间影响因素分析

刘慕磊, 何秋钊, 李明捷, 张聪聪  
(中国民用航空飞行学院, 四川 广汉 618307)

**摘要:** 航站楼旅客吞吐量不断增加, 使得机场、航空公司频繁更改航班截载时间, 并且截载时间的提出缺乏科学依据和理论支撑。为保证旅客准时登上飞机, 优化离港航班工作流程, 减少因截载时间引起的航班延误, 必须建立科学规范的航班截载时间。本文首先运用 DEMATEL 方法对航班截载时间影响因素定性分析和定量计算, 得到各因素的影响度、被影响度、中心度和原因度; 然后结合 ISM 方法, 引入阈值  $\lambda$ , 得到科学合理、层次简明的解释结构模型; 最后两者结合, 确定因素之间的相互影响关系, 并找出影响航班截载时间的关键因素, 为民航局、机场和航空公司规定航班截载时间提供理论依据。

**关键词:** DEMATEL; ISM; 航班截载时间; 航班延误

中图分类号: U8

文献标识码: A

## The Influence Factors Analysis of the Flight Cut-off Time Based on Integrated DEMATEL-ISM Method

LIU Mulei, HE Qiuzhao, LI Mingjie, ZHANG Congcong

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

**Abstract:** The increasing passenger throughput of the terminal has led to frequent changes in flight cut-off time between airports and airlines, and the proposal of flights cut-off time is in lack of scientific basis and theoretical support. In order to ensure that passengers board the plane on time, optimize departure flight workflow and reduce flight delays caused by cut-off time, it is necessary to establish scientific and standardized flight cut-off time. First, the DEMATEL method is used to qualitatively analyze and quantify the influence factors of flight cut-off time, and the influence degree, influenced degree, center degree and cause degree of each factor are obtained. Then, according to the ISM method, the threshold value is adopted to obtain a scientific, reasonable and concise explanatory structure model. Finally, the two are combined to determine the mutual influence relationship between the factors and find out the key factors influencing flight cut-off time, providing theoretical basis for the CAAC, airports and airlines to stipulate flight cut-off time.

**Key words:** DEMATEL; ISM; flight cut-off time; flight delay

### 0 引言

机场吞吐量持续增长使得广大旅客、机场、航空公司和民航局对航班截载时间引起高度重视。航班截载时

间是指飞机在起飞之前要完成一系列的起飞前准备工作, 如完成旅客登机、配载平衡计算、行李装运、餐食配送、廊桥撤离等, 即该航班已经停止办理乘机手续, 无法出票, 这段时间叫做航班截载时间。航班截载时间

资助项目: 大学生创新训练项目 (201710624045)。

作者简介: 刘慕磊, 男, 汉族, 山东蒙阴人, 在读研究生, 研究方向为机场运行管理。

是由机场、航空公司和民航局规定共同明确的,不同机场航班截载时间也大不相同。目前,国内大部分机场规定,航班起飞前30~50分钟停止办理登机手续,即提前30~50分钟航班截载。例如山东航空在2016年6月1日对山航出港机场的航班截载时间进行调整如下。

提前45分钟截载的机场(11个):北京首都、上海虹桥、上海浦东、重庆、深圳、广州、成都、沈阳、乌鲁木齐、哈尔滨、昆明。

提前40分钟截载的机场(17个):贵阳、西安、青岛、天津、郑州、温州、长春、宁波、呼和浩特、武汉、杭州、南京、三亚、长沙、大连、海口、兰州。

航班截载时间的提出是为了让旅客准时登上飞机,保障航班正常起飞。但航班截载时间的合理时限尚没有明确的理论依据。目前的研究主要集中在优化航班离港流程和保障航班正常性两方面<sup>[1-3]</sup>,没有系统地研究航班截载时间之间的相互关联和影响关系,对航班截载时间的规定缺乏科学依据。航班截载时间影响因素众多且较为复杂,因素之间相互影响、相互作用,形成复杂的因素集合。为找出影响航班截载时间的关键因素,得到因素之间的相互影响关系和影响程度,本文选择集成DEMATEL-ISM方法对航班截载时间进行分析。集成DEMATEL-ISM方法可以定性分析和定量化计算复杂系统各影响因素之间的影响程度,并对各影响因素之间的相互关联和重要程度进行分层剖析。

## 1 DEMATEL-ISM方法的数学模型

### 1.1 决策试验与评价实验室(DEMATEL)

决策试验与评价实验室(DEMATEL)<sup>[4-5]</sup>是二十世纪七十年代Bottelle研究所提出的利用图论和矩阵论进行系统因素分析的方法论。该方法能够定性分析和定量计算系统各因素之间的相互影响关系和重要程度,通过判断系统各影响因素之间的影响关系,然后利用矩阵计算得到每个因素相对于其他因素的影响程度和被影响度,最后根据影响度和被影响度计算出每个因素的中心度和原因度。

DEMATEL方法的具体步骤如下。

第一步:确定系统的影响因素 $s_1, s_2, \dots, s_n, s_i \in S (i = 1, 2, \dots, n)$ ,其中 $n$ 是影响因素的数目, $S$ 是影响因素的集合。

第二步:建立直接影响矩阵 $R$ 。设定影响关系评价指标(可根据无影响、弱、稍强、强四个等级分别赋值0, 1, 2, 3),根据Delphi法获得因素之间的直接影响

矩阵 $R = [r_{ij}]_{n \times n}$ , $r_{ij}$ 表示影响因素 $s_i$ 对 $s_j$ 的影响程度,不考虑因素对自身的影响程度,因此当 $i = j$ 时, $r_{ij} = 0$ 。

第三步:将直接影响矩阵 $R$ 规范化,得到规范化影响矩阵 $R^* = [r_{ij}^*]_{n \times n}$ 。

$$R^* = [r_{ij}^*]_{n \times n} = \frac{R}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n r_{ij}} \quad (1)$$

式中 $\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n r_{ij}$ 为行和最大值,通过规范化处理后可使 $r_{ij}$ 处于 $[0, 1]$ 区间内。

第四步:构建综合影响矩阵 $T$ 。综合影响矩阵表示各因素对系统的综合影响程度,用以确定每个因素相对于系统中最高因素的影响大小。

$$T = R^* \frac{I}{I - R^*} = R^* (I - R^*)^{-1} \quad (2)$$

式中 $I$ 为单位矩阵。

第五步:计算各因素的影响度 $f_i$ 和被影响度 $e_i$ 。将综合影响矩阵 $T$ 中各元素按行求和,得影响度 $f_i$ ,表示各行对应因素对所有其他因素的综合影响值。再将综合影响矩阵 $T$ 中各元素按列求和,得被影响度 $e_i$ ,表示各列对应因素受其他因素的综合影响值。

$$f_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$e_i = \sum_{i=1}^n t_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

第六步:计算中心度 $M_i$ 和原因度 $N_i$ 。各影响因素的影响度 $f_i$ 和被影响度 $e_i$ 相加得到其中心度,各影响因素的影响度 $f_i$ 和被影响度 $e_i$ 相减得到其原因度。

$$M_i = f_i + e_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$N_i = f_i - e_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

### 1.2 集成DEMATEL-ISM方法

集成DEMATEL-ISM方法将DEMATEL和ISM两种方法结合,单纯以DEMATEL方法只能得出某因素在影响因素体系中的影响程度,无法揭示影响因素之间内在的相互影响关系,不利于对因素的管理和控制。两种方法结合可以降低单纯ISM方法中计算可达矩阵的复杂度、减少可达矩阵的计算量<sup>[6-9]</sup>。通过引入阈值 $\lambda$ 使得系统层次划分更加直观,便于分析和决策。具体步骤为在DEMATEL方法的六个步骤基础之上进行。

第七步:计算整体影响矩阵 $H (H = [h_{ij}]_{n \times n})$ 。

$$H = T + I \quad (7)$$

第八步:计算可达矩阵 $K (K = [k_{ij}]_{n \times n})$ 。

$$k_{ij} = \begin{cases} 1, & h_{ij} \geq \lambda \\ 0, & h_{ij} < \lambda \end{cases} (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

式中,  $\lambda$  为阈值,  $\lambda \in [0,1]$ ;  $k_{ij}$  为  $i$  节点到  $j$  节点的关联值,  $k_{ij} = 1$  表示  $i$  节点和  $j$  节点相关联。阈值  $\lambda$  是舍去影响程度较小的因素, 使多级递阶结构更清晰。阈值越大, 对系统结构简化越明显, 但在实际系统分析中, 可根据系统的复杂程度确定阈值大小。

第九步: 建立前向集  $A(s_i)$  和可达集  $R(s_i)$ 。前向集  $A(s_i)$  为将要到达因素  $s_i$  的因素集合, 由可达矩阵中的第  $s_i$  列中所有矩阵元素为 1 的行对应的因素组成。可达集  $R(s_i)$  为因素  $s_i$  可以到达的因素集合, 由可达矩阵中的第  $s_i$  行中所有矩阵元素为 1 的列对应的因素组成。

$$\begin{aligned} A(s_i) &= \{s_j \in S \mid k_{ji} = 1\} \\ R(s_i) &= \{s_j \in S \mid k_{ij} = 1\} \end{aligned} \quad (9)$$

第十步: 求解共同集合  $C(s_i)$ 。共同集合  $C(s_i)$  为所有因素  $s_i$  的可达集  $R(s_i)$  与前向集  $A(s_i)$  的交集为前向集  $A(s_i)$  的因素集合。

$$C(s_i) = \{s_i \in S \mid R(s_i) \cap A(s_i) = A(s_i)\} \quad (10)$$

第十一步: 重复第九步、第十步, 直到全部因素都被消除。

第十二步: 建立解释结构模型。

## 2 实例分析

### 2.1 航班截载时间影响因素分析

航班截载时间影响因素众多, 并且具有层次性和动态性特点。通过机场实际调研分析总结得到航班截载时间影响因素主要包括完成旅客登机  $s_1$ 、配载平衡计算  $s_2$ 、行李装运  $s_3$ 、餐食配送  $s_4$ 、廊桥对接  $s_5$ 、航站楼构型  $s_6$ 、飞机加油  $s_7$ 、货物装运  $s_8$ 、客舱清洁  $s_9$ 、廊桥撤离  $s_{10}$  共计 10 个。以 DEMATEL 方法为基础, 并在此基础之上对 ISM 方法进行优化, 构建航班截载时间影响因素模型。航班截载时间影响因素框架如图 1 所示。

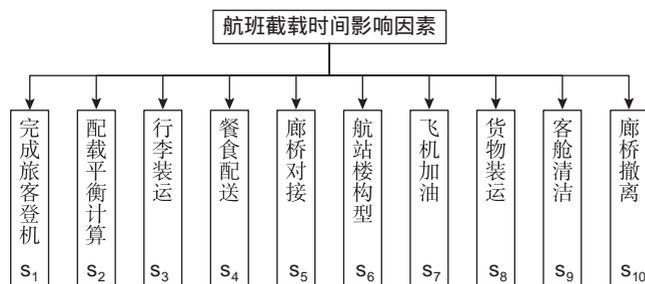


图1 航班截载时间影响因素

### 2.2 集成 DEMATEL-ISM 方法应用

利用 Delphi 法获得因素之间的影响关系, 将结果进行整理得到直接影响矩阵  $R$ 。

$$R = [r_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

将直接影响矩阵  $R$  进行规范化处理得到规范化影响矩阵  $R^*$ 。

$$R^* = \begin{bmatrix} 0 & 0.2222 & 0.3333 & 0.1111 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3333 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1111 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.3333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2222 & 0.1111 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

由规范化影响矩阵  $R^*$  利用公式计算得到综合影响矩阵  $T$ 。

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 0.3301 & 0.3375 & 0.1111 & 0 & 0 & 0 & 0.0375 & 0 & 0.3333 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.0125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1125 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2222 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.3333 & 0.1101 & 0.1125 & 0.0370 & 0 & 0 & 0 & 0.0125 & 0 & 0.1111 \\ 0.2222 & 0.0734 & 0.075 & 0.0247 & 0 & 0 & 0 & 0.0083 & 0 & 0.0741 \\ 0 & 0.3333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.1125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0125 & 0 & 0 \\ 0.2222 & 0.0734 & 0.075 & 0.0246 & 0 & 0 & 0 & 0.0084 & 0 & 0.0741 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

DEMATEL 方法主要是通过影响度、被影响度、原因度、中心度 4 个指标来对复杂系统进行分析, 根据影响度和被影响度判断每一个因素对航班截载时间的影响程度, 再根据中心度判断每一个因素对航班截载时间的重要程度, 还可以根据原因度进一步分析各个因素之间的相互影响关系。原因度有正负之分, 原因度为正表示该因素对其他因素影响较大, 为原因因素; 原因度为负表示其他因素对该因素影响较大, 为结果因素<sup>[10]</sup>。各因素的影响度、被影响度、原因度、中心度的计算结果如表 1 所示。

表1 航班截载时间影响因素的影响度、被影响度、原因度、中心度

因素	影响度	被影响度	中心度	原因度
$S_1$	1.149 7	0.777 8	1.927 5	0.371 9
$S_2$	0	1.642 7	1.642 7	-1.642 7
$S_3$	0.375	0.725	1.1	-0.35
$S_4$	0.222 2	0.197 5	0.419 7	0.024 7
$S_5$	0.716 6	0	0.716 6	0.716 6
$S_6$	0.477 7	0	0.477 7	0.477 7
$S_7$	0.333 3	0	0.333 3	0.333 3
$S_8$	0.375	0.191 7	0.566 7	0.183 3
$S_9$	0.477 7	0	0.477 7	0.477 7
$S_{10}$	0	0.592 6	0.592 6	-0.592 6

以上是 DEMATEL 方法的分析过程, 通过分析可以得出中心度最高的是完成旅客登机  $S_1$ , 其影响度和被影响度值在所有因素中都是比较大的, 从而可以得出该因素是制约航班截载时间的关键因素。但 DEMATEL 方法只能反映不同因素之间的影响程度和重要程度, 没有考虑因素自身对系统的影响。因此, 需要结合 ISM 方法构建整体影响矩阵  $H$ , 然后引入阈值  $\lambda$  计算得到可达矩阵  $K$ 。经过多次计算, 取阈值  $\lambda = 0.2$ , 计算得到可达矩阵  $K$ :

$$K = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

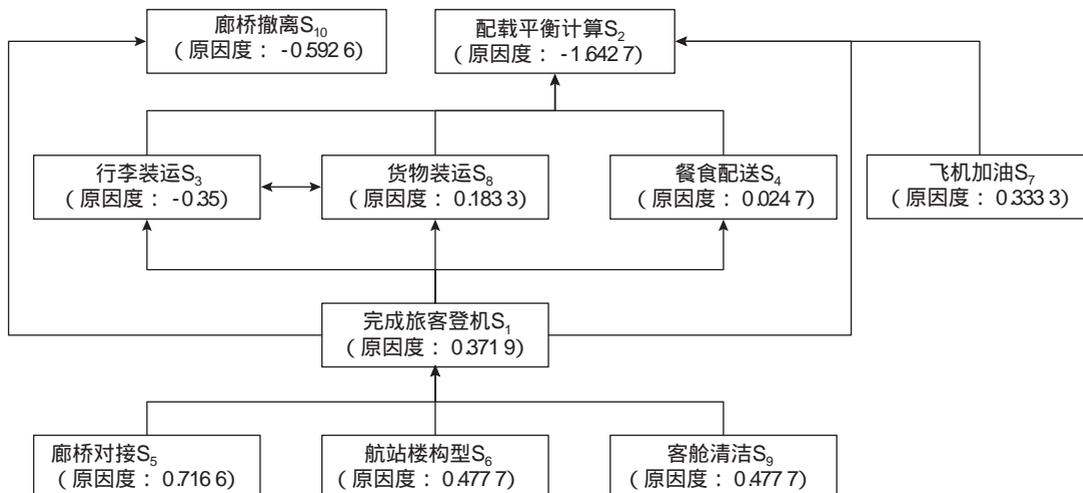


图2 航班截载时间影响因素解释结构模型

根据可达矩阵  $K$ , 通过上述第九步、第十步计算步骤, 分析计算得到航班截载时间影响因素多阶梯结构可分为4个层次。各级影响因素为:  $L_1 = \{s_5, s_6, s_9\}$ ;  $L_2 = \{s_1, s_7\}$ ;  $L_3 = \{s_3, s_4, s_8\}$ ;  $L_4 = \{s_2, s_{10}\}$ 。具体分层步骤见表2。

表2 层级分析步骤

层级	$S_i$	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$R(s_i) \cap A(s_i)$
1	1	1, 2, 3, 10	1, 5, 6, 9	1
	②	2	1, 2, 3, 4, 7, 8	2
	3	2, 3	1, 3	3
	4	2, 4	4	4
	5	1, 5	5	5
	6	1, 6	6	6
	7	2, 7	7	7
	8	2, 8	8	8
	9	1, 9	9	9
	⑩	10	1, 10	10
2	1	1, 3	1, 5, 6, 9	1
	③	3	1, 3	3
	④	4	4	4
	5	1, 5	5	5
	6	1, 6	6	6
	⑦	7	7	7
	⑧	8	8	8
	9	1, 9	9	9
3	①	1	1, 5, 6, 9	1
	5	1, 5	5	5
	6	1, 6	6	6
	9	1, 9	9	9
4	5	5	5	5
	6	6	6	6
	9	9	9	9

根据航班截载时间影响因素多阶梯结构层次, 建立航班截载时间影响因素的解释结构模型, 如图2所示。

### 3 结论

利用集成 DEMATEL-ISM 方法对航班截载时间影响因素进行 (下转第26页)

量积累有助于提升指标量值的客观性,同时必须依托于可靠的专家队伍。

民航发展的当前阶段,无论是数据积累的手段,还是专家队伍和系统都还有很大发展空间。在本文中,获取到准确且全面的数据还存在较高难度,文中的实例运用提供了对模型应用的展示与检验,其结果确保了基本与实际相符。因此,在数据获取手段方面,持续关注、跟踪行业内外安全科技发展趋势,行业内负责项目需求和技术支持的单位要共同开展科技兴安项目研究,紧扣实际问题,引入、试验与推广新技术,同时着力提升全体人员管理能力,培养国内国际安全专家,并推荐进入我国民航、ACI、ICAO 专家组势在必行。未来民航专家的队伍和系统都会走向成熟,届时物元可拓的分析法在民航领域的安全风险评估工作中实现更广泛的推广和应用。

#### 参考文献

- [1] Choi, H H Cho, H N Seo, et al. Risk assessment methodology for underground construction projects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, 130(2): 258-263.
- [2] Wang, J Wang, P F & Y H Tan. Study on risk management of subway tunnel engineering during construction process

(上接第8页)

分析,得到航班截载时间影响因素之间的相互影响关系和影响程度,并进一步建立层次简明、科学合理的解释结构模型。通过解释结构模型可以看出影响因素廊桥对接 $s_5$ 、航站楼构型 $s_6$ 和客舱清洁 $s_9$ 为底层因素,也是影响航班截载时间的基础因素。影响因素完成旅客登机 $s_1$ 单独占一层,其受廊桥对接 $s_5$ 、航站楼构型 $s_6$ 和客舱清洁 $s_9$ 的影响,并且影响配载平衡计算 $s_2$ 、行李装运 $s_3$ 、餐食配送 $s_4$ 、货物装运 $s_8$ 、廊桥撤离 $s_{10}$ 。结合对中心度原因度的计算得出,完成旅客登机对航班截载时间起决定性作用。研究航班截载时间影响因素,对机场、航空公司和民航局在规定航班截载时间、保障航空旅客安全快捷出行、明确航班起飞前保障时间提供理论支撑和科学依据。

#### 参考文献

- [1] 郭圆圆. 基于混沌时间序列的航站楼离港旅客流量预测 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [2] 刘浩. 基于 Anylogic 的航站楼旅客离港业务流程仿真研究 [D]. 广汉: 中国民用航空飞行学院, 2016.

[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2009(2): 21-24.

- [3] Lomnitz, C. An earthquake risk map of Chile [Z]. Santiago de Chile; Proceedings of the fourth World Conference on Earthquake Engineering, 1969: 161-171.
- [4] Snow, R W Craig, M H Deichmann, et al. A preliminary continental risk map for malaria mortality among African children [J]. Parasitology Today, 1999, 15(3): 99-104.
- [5] Hoek, W Konradsen, F Amerasinghe, et al. Towards a risk map of malaria for Sri Lanka: the importance of house location relative to vector breeding sites [J]. International Epidemiological Association, 2003, 32(2): 280-285.
- [6] Rosenstiel, P Sina, C Franke, et al. Towards a molecular risk map-Recent advances on the etiology of inflammatory bowel disease [J]. Seminars in Immunology, 2009, 21(6): 334-345.
- [7] Ogawa, G Kise, K Torii, et al. Onboard Evolutionary Risk Recognition System for Automobiles—Toward the Risk Map System [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2007, 54(2): 878-886.
- [8] Cecchetti, S G Fender, I & P Mcguire. Toward a Global Risk Map [J]. Ssrn Electronic Journal, 2010, 68(3): 1-18.

(责任编辑 薛佳)

[3] 华闪闪. 首都国际机场离港不正常航班特征分析与预测 [D]. 天津: 中国民航大学, 2017.

[4] 陆梦. 基于 DEMATEL 与 ISM 集成方法的水上交通系统脆性影响因素研究 [J]. 上海海事大学学报, 2014, 35(1): 18-22.

[5] 谢晖, 李松月, 孙永河, 等. 基于云模型求解属性权重的 DEMATEL 方法研究 [J]. 计算机工程与应用, 2018, 54(7): 257-263.

[6] 李明捷, 石荣. 基于集成 DEMATEL-ISM 的机坪容量影响因素分析 [J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(21): 155-164.

[7] 陈雯, 顾宏清. 基于 ISM 与 AHP 的呼吸机失效影响因素的分析 [J]. 中国医疗设备, 2018, 33(1): 57-60.

[8] 廖辉. 基于 ISM 模型的铁路手机购票体验要素分析 [J]. 科技创新与应用, 2018(11): 1-2, 5.

[9] 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.

[10] 袁琳, 江昱洁, 余晓钟. 基于 ISM 和 DEMATEL 的石油企业合作竞争战略影响因素分析 [J]. 石油科技论坛, 2012, 31(1): 29-32, 35, 69-70.

(责任编辑 赵叶琼)