

doi:10.16055/j.issn.1672-058X.2020.0003.016

移动通信网络风险评价指标体系的分析与模型建立*

朱 宁, 姚善化, 郑晓亮

(安徽理工大学 电气与信息工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘 要:针对人群密集度高、人员流动度大的大型赛事对移动通信网络的要求,分别从网络风险、业务风险、配套风险与安全风险、质量风险等几个方面分析研究了移动通信网络风险因素,构建了通信网络风险综合评价指标体系;提出了基于层次分析法并综合了熵权法、模糊数学算法的风险评价模型;模型中同时加入了主观权重和客观权重,并采用了新的结合方法包括对中间层指标比重关系的考虑计算出综合权重,减小了因权重分配不均产生的误差;最后通过实例验证风险评价模型输出的结果与实际情况较为接近,表明模型能较好地完成对移动通信网络风险状况的预测和评价。

关键词:大型赛事;移动通信网络;风险评估;层次分析法;熵权法;模糊评价

中图分类号: TN918.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-058X(2020)03-0100-07

0 引 言

对移动通信网络风险评估的研究始于 20 世纪末,且主要针对公网及其运行环境,对于大型活动的通信网络风险评估的分析研究则始于 2008 年北京夏季奥运会。吴东晟^[1]提出了奥运的移动通信网络保障项目风险管理研究;张崢^[2]提出了奥运的固定通信系统项目范围管理的实践与研究;刘欣^[3]提出了奥运场馆通信保障项目的风险管理研究,这 3 人均是采用了层次分析法对通信网络风险进行评估,从文献可知这样的评估模型还是不够完善,得出的风险数据太过主观。现构建大型活动移动通信网络风险的综合评价指标体系,基于优化的层次分析法-熵权法确定通信风险指标的综合权重,并通过构建的评价模型,对移动通信网络风险指标体系进行模糊综合评价。

1 移动通信网络风险因素分析

移动通信网络包含交换网、无线网、传输网、互联网 4 个部分。其中传输网风险隐患主要存在于汇聚及以上层级是否存在同一环网、是否存在物理层同路由;承载在 OTN 系统上的 PTN 和业务是否存在 OTN 层面同路由;PTN 系统上配置的业务是否存在同路由。互联网主要安全隐患在于骨干出口及省网出口是否出现超负荷情况^[4]。无线网目前包括有线下火热的 4G 网络以及即将到来的 5G 网络。因从风险因素的角度考虑来说,更多的类似于原有的 4G 网络或只是改变参数的风险范围^[5]。将 4G、5G 暂且考虑在一个风险指标内。

除了上述网络之外,动力和配套也是通信网络中不可忽视的一部分。各通信网元设备对供电、温湿度等设备要求不同,通信网络中需要实时监控各机房动力环境,为通信网元提供不间断的供电,确

收稿日期:2019-09-28;修回日期:2019-11-06.

* 基金项目:冬奥会公共安全综合风险评估技术项目资助(2018YFF0301000).

作者简介:朱宁,女(1995—),硕士研究生,从事通信网络风险评估研究.

保通信设备运行正常。

通过咨询相关专家后,对风险因素进行如下整理,日常移动通信网络所面临的主要风险类别包括:网络容量、网络质量、配套、传输和网络安全等,如表1所示。

表1 日常通信风险点

Table 1 Daily communication risk points

序号	风险点类别	风险点类型
1	网络容量	2G无线接入:SD 拥塞、TCH 拥塞、寻呼负荷、传输链路负荷 4/5G 无线接入:RRC 拥塞、E-RAB 拥塞、PRB 利用率、LISENCE 利用率传输网、互联网、核心网:链路带宽利用率,此外还有地址池利用率
2	网络质量	各设备硬件及软件故障、隐性故障、外部网络干扰等
3	配套	配电系统容量预警,市电停电保障,高低压配电、空调等设备故障保障。
4	传输	传输网同路由隐患、传输设备硬件故障(板卡、光模块等设备故障)、传输网参数隐患风险。
5	网络安全	伪基站、网络攻击

2 大型活动赛事移动通信风险评价综合指标体系的建立

针对大型赛事的移动通信网络保障区域、传输线路、人员密集、业务特点和需求,建立相应的移动通信网络风险评价综合指标体系,如图1所示。

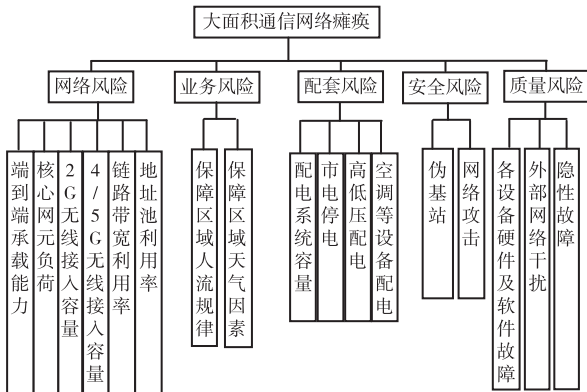


图1 大型活动通信网络风险指标体系

Fig. 1 Communication network risk indicator system for large-scale events

3 基于 AHP 的移动通信网络风险建立评估模型

通过对能力空间向量的分解,建立对大型赛事移动通信网络风险的评价指标模型,并采用定性与定量相结合的方法,提高量化评价指标的准确性和可靠性^[6]。考虑到通信网络风险问题具有一定的模糊性,采用了层次分析法(AHP)与其他多种方法相结合的方法。AHP方法的步骤流程如图2所示:

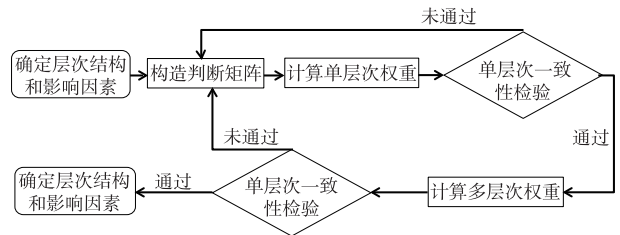


图2 AHP 步骤流程

Fig. 2 AHP step flow

3.1 新层次分析法-模糊数学-熵权法结合方法

(1) 指标体系的建立如图1所示。

(2) 评价集的确定。在评价风险因素发生风险的可能性大小时,可以将其分为一定的等级。在此,将风险等级从大到小分为“9分”、“7分”、“5分”、“3分”、“1分”5个等级,因此可得到评价集为 $C = \{9分, 7分, 5分, 3分, 1分\}$

(3) 各风险指标 u_i 隶属于 C 中评分的隶属度 r_i 的确定。假设专家的人数为 n ,那么某一风险指标隶属于 C 中某一风险等级的隶属度可用 r_{ij} 表示:

$$r_{ij} = \frac{m}{n}$$

其中 m 为对某一因子 u_i 在所有专家中评其为 C 中第 j 等级的人数。把每个类别中的因素作为一个整体来构造评价矩阵。可得到 $n \times 5$ 矩阵,同样可得 R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 。

(4) 权重的确定。指标的主观权重和客观权重分别由层次分析法和熵权法来确定,并通过科学的方法组合起来得到各指标的综合权重值。

① 主观权重的确定。在主观权重上采用层次分析法在确定各因素间的权重时可使结果准确性更高。AHP采用了相对尺度的方法,即比较每个风险因素之间的重要程度,并通过1-9标度法^[7]定义,得到判断矩阵为 $A = (a_{ij})_{m \times n}$ 。其中 a_{ij} 表示风险因素 i 与风险因素 j 的重要性之比^[8],判断矩阵标度定义见表2。

表 2 1~9 标度法
Table 2 1~9 scale method

判断刻度	a_{ij} 含义
1	i 因素与 j 因素同样重要
3	i 因素比 j 因素有点重要
5	i 因素比 j 因素比较重要
7	i 因素比 j 因素十分重要
9	i 因素比 j 因素绝对重要
2,4,6,8	i 因素与 j 因素比较结果介于以上结果之间
1/2,1/3……1/9	i 因素与 j 因素比较结果是 j 与 i 比较的结果的倒数

判断矩阵建立后,需计算一致性比例 CR 来检验判断矩阵的一致性。只有 $CR < 0.10$ 时,才满足一致性检验^[9]。其中一致性比例的计算公式为 $CR = \frac{CI}{RI}$,式中 RI 为平均一致性指标; CI 为一一致性指标,且 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$; λ_{\max} 为判断矩阵 $A = (a_{ij})_{m \times n}$ 的最大特征值^[10],具体指标值见表 3。

表 3 RI 取值
Table 3 RI values

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.45	1.49	1.52

根据特征向量法,可知 $AW = \lambda_{\max} W$,其中 W 为权重向量。^[11]假设评估指标体系有中间层指标 m 个,有最底层指标 n 个,各中间层指标分别包含 n_1, n_2, \dots, n_m 。则各中间层风险指标权重 $w_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 与各最底层风险指标对应的权重 $t_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 可通过计算并将其归一化后得到。

② 客观权重的确定—熵权法。设由 m 个评价指标、 n 个评价对象构成的原始数据矩阵为

$$X = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

矩阵 $P = (p_{ij})_{m \times n}$ 由矩阵标准化处理后得到,其

中 $p_{ij} (0 \leq p_{ij} \leq 1)$ 为第 j 个评价对象在第 i 个指标上的标准值^[12]。

对于正向指标而言

$$p_{ij} = \frac{x_{ij} - \min \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}}{\max \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\} - \min \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}}$$

而对于逆向指标而言

$$p_{ij} = \frac{\max \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\} - x_{ij}}{\max \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\} - \min \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}\}}$$

将第 i 个指标的熵定义为 $e_i = -k \sum_{j=1}^n z_{ij} \ln z_{ij}^0, (1 \leq$

$i \leq m)$ 。其中 $z_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij}}, k = \frac{1}{\ln n}$,且当 $z_{ij} = 0$ 时,令 $z_{ij} \ln z_{ij} = 0$ 。

在定义第 i 个指标熵值的基础上,将其熵权定

义为 $v_i = \frac{1 - e_i}{m - \sum_{i=1}^m e_i}$,其中 $0 \leq v_i \leq 1, \sum_{i=1}^m v_i = 1$ 。

③ 综合权重。层次分析法通过专家打分法得到的权重更加倾向于专家的主观决策,熵权法是通过经验数据得到的权重更加的客观,将主观权重与客观权重综合起来可使权值更加具有科学性。通常采用方法如下所示:

$$d_i = t_i v_i / (\sum_{i=1}^n t_i v_i)$$

这种方法计算的是 AHP 中最底层权重与熵权法求得权重的综合权重,忽略了中间准则层的重要性比较与在特殊场景下主观权重与客观权重的侧重性不同,导致得出的综合权重可能会与实际误差较大,针对此特点,采取了一种新的改进的方法,具体步骤如下:

针对最底层准则层权重 t_i 与客观权重 v_i 求得综合权重 β_i :

$$\beta_i = t_i v_i ((1 - \alpha)t_i + \alpha v_i) / (\sum_{i=1}^n t_i v_i ((1 - \alpha)t_i + \alpha v_i))$$

其中 $\alpha \in (0, 1)$ 取值方法如表 4 所示,因为通信网络风险评估针对大型活动,具有一定的特殊性,所以对于不同指标主观和客观的比重不同。

表 4 α 取值

Table 4 α values

α 值	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.2、0.4、0.6、0.8
含义	客观权重比主观权重明显重要	客观权重比主观权重稍微重要	客观权重与主观权重同等重要	主观权重比客观权重稍微重要	主观权重比客观权重明显重要	比较结果介于以上结果之间

将最底层准则层指标的综合权重与各中间准则层一一对应起来,并分别对各中间准则层下的指标的综合权重进行归一化,得到 d''_{ij} 。

$$d''_{ij} = \beta_{ij} / \left(\sum_{j=1}^k \beta_{ij} \right)$$

其中 $k=n_1, n_2, \dots, n_m; i=1, 2, \dots, m_0$ 。

再将中间准则层的权重与上一步求得的权重 d''_{ij} 对应相乘结合,可得进一步的综合权重 d''_{ij} 。

$$d'_{ij} = w_i d''_{ij}$$

式中 $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, k; k \in \{n_1, n_2, \dots, n_m\}$ 。

最后,对前面求得综合权重 d'_{ij} 进行归一化即可得最终的综合权重 d_i 。

$$d_i = d'_{ij} / \left(\sum_{i=1}^n d'_{ij} \right)$$

其中 $i=1, 2, \dots, n$ 。

(5) 通信网络风险的综合评价:

$$B = DOR = (d_1, d_2, \dots, d_n) O \begin{bmatrix} D_1 OR_1 \\ \vdots \\ D_m OR_m \end{bmatrix} = (d_1, d_2, \dots, d_n) O \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & \dots & b_{m5} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_5)$$

其中“O”取算子 $M(\cdot, \oplus)$: \cdot 定义为 $a \cdot b =$

$a \times b = ab; \oplus$ 定义为 $a \oplus b = (a+b) \Delta 1^0$, 对 B 进行归一化处理得:

$$B = \left[\frac{b_1}{\sum_{i=1}^5 b_i}, \frac{b_2}{\sum_{i=1}^5 b_i}, \dots, \frac{b_5}{\sum_{i=1}^5 b_i} \right] \Delta = (C_1\%, C_2\%, \dots, C_5\%)$$

把 9 分, 7 分, 5 分, 3 分, 1 分作为 5 个档次, 可知对于比赛中的通信网络风险, 专家中有 $C_1\%$ 的人认为风险程度可得 9 分, 有 $C_2\%$ 的人认为可得 7 分, 有 $C_3\%$ 的人认为可得 5 分, 有 $C_4\%$ 的人认为可得 3 分, 有 $C_5\%$ 的人认为可得 1 分^[15]。

进一步的, 令 $Y = (9, 7, 5, 3, 1)^T$, 所以通信网络风险的综合评价得分为

$$Z = BOY, \text{“O”取算子 } M(\cdot, +)^0 \text{ 得到:}$$

$$Z = 9C_1\% + 7C_2\% + 5C_3\% + 3C_4\% + 1C_5\%$$

3.2 实证分析

基于某大型赛事数据为例, 根据构建的综合评价指标体系和相关专家的评价信息, 依据层次分析法-熵权法确定各指标综合权重, 运用模糊综合评价模型最终确定大型赛事移动通信网络风险等级。

根据上述权重确定方法, 可得表 5, 由 4 种计算方法得到的权重比较结果如图 3、图 4 所示:

表 5 各指标权重

Table 5 The weight of each index

指 标	主观权重	客观权重	未改进综合权重	改进后综合权重
端到端承载能力	0.052 9	0.108 0	0.082 0	0.026 3
核心网元负荷	0.211 7	0.175 6	0.533 9	0.377 8
2 G 无线接入容量	0.013 2	0.056 4	0.010 7	0.001 6
4/5 G 无线接入容量	0.067 7	0.019 6	0.019 1	0.002 8
链路带宽利用率	0.047 7	0.013 5	0.009 2	0.000 9
地址池利用率	0.019 2	0.008 7	0.002 4	0.000 1
保障区域天气因素	0.005 7	0.007 9	0.000 6	0.000 1
保障区域人流规律	0.051 6	0.055 0	0.040 8	0.057 2
配电系统容量	0.087 5	0.075 1	0.094 4	0.091 0
市电停电	0.071 0	0.018 4	0.018 8	0.011 1
高低压配电	0.026 6	0.036 2	0.013 8	0.006 7
空调等设备配电	0.009 5	0.261 6	0.035 7	0.085 8
伪基站	0.036 8	0.091 9	0.048 6	0.113 9
网络攻击	0.220 7	0.018 4	0.058 3	0.143 5
各设备硬件及软件故障	0.053 5	0.035 3	0.027 1	0.076 4
外部网络干扰	0.006 4	0.005 1	0.000 5	0.000 2
隐性故障	0.021 4	0.013 5	0.004 1	0.004 7

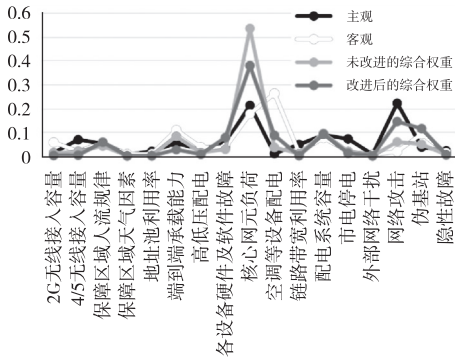


图 3 最底层准则指标权重

Fig. 3 The index weight of the bottom criterion

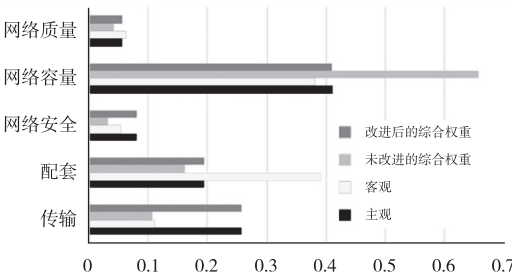


图 4 中间层准则指标权重

Fig. 4 The index weight of intermediate layer criterion

从未改进结合方法得出的结果来看,综合权重占据前两位的是网络风险和配套风险,但是在针对于大

型活动的通信网络来看这是不合理的,在指标体系中配套风险的比重为 19%,安全风险的比重是 26%,但是在综合之后安全风险的总权值比配套风险的总权值还要更大,这显然是十分不合理的;而在改进后的综合权值中,安全风险的总权值为 25%,这更加接近于针对特殊场景的评价目标。

根据权重表,核心网元负荷>网络攻击>市电停电>配电系统容量>端到端承载能力>4/5 G 无线接入容量>各设备硬件及软件故障>保障区域人流规律>链路带宽利用率>伪基站>高低压配电>2 G 无线接入容量>隐性故障>地址池利用率>空调等设备配电>外部网络干扰>保障区域天气因素,其中比重较大的是核心网元负荷和网络攻击这两个风险因素,应在活动准备期间将这两个风险因素着重检查测试,并采取一定的保障措施,可以有效避免一定的风险。接着根据上述的综合评价方法可得表 6。

表 6 风险评价明细

Table 6 The details of risk assessment

风险类别	网络风险 (b1)	业务风险 (b2)	配套风险 (b3)	安全风险 (b4)	质量风险 (b5)
得分	7.692 9	7.000 0	3.170 0	6.142 9	3.314 5

最终可得某大型活动的移动通信网络风险 $Z = 6.004 1$, 结果为“偏高”。

所以通过风险评价明细可知,网络风险是最高的,业务风险和安全风险是偏高的,配套风险和数量风险偏低。在比赛进行期间,网络风险因素和业务风险因素是造成通信网络瘫痪的主要原因。要使移动通信网络风险降到更低、更安全的水平,应相应的采取针对性的改进措施。

4 结 论

通过分析移动通信网络的网络结构、安全影响因素及配套设备。采用层次分析法与熵权法、模糊

数学法相结合的方法,建立了大型活动通信网络风险综合评价指标体系和模型,并确定了风险指标体系的权重,对大型活动移动通信网络风险状况进行模糊综合评价。在主、客观权重结合上运用的灵活方式通过实证分析可以不仅针对不同应用场景(例如重大活动场景,在业务风险上具有特殊性,所以在业务风险上主观权重的重要性应远远大于客观权重),并且在计算综合权重时增加了中间指标层的比重关系,减少了误差,使结果更具有合理性。

通过实例分析可表明,新的层次分析法-模糊数学-熵权法结合方法在大型赛事移动通信网络风险评价中具有一定的科学性和实用性。

参考文献(References):

- [1] 吴东晟. 奥运的移动通信网络保障项目风险管理研究[D]. 北京:北京邮电大学,2009
WU D S. Research on Risk Management of Mobile Communication Network Security Project in Olympic Games[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2009 (in Chinese)
- [2] 张峥. 奥运的固定通信系统项目范围管理的实践与研究[D]. 北京:北京邮电大学,2009
ZHANG Z. Practice and Research on Project Scope Management of Fixed Communication System for Olympic Games [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2009(in Chinese)
- [3] 刘欣. 奥运场馆通信保障项目的风险管理研究[D]. 北京:北京邮电大学,2009
LIU X. Study on Risk Management of Communication Guarantee Project for Olympic Venues [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2009(in Chinese)
- [4] EZHILARASAN E, DINAKARAN M. A Review on Mobile Technologies: 3G, 4G and 5G[J]. 2017 Second International Conference on Recent Trends and Challenges in Computational Models (ICRTCCM),2017:369—373
- [5] PANWAR N, SHARMA S, SINGH A K. A Survey on 5G:The Next Generation of Mobile Communication[J]. Phys Commun,2016(18):64—84
- [6] 王珊珊. 基于 AHP-模糊综合评价法的水泵优化选型研究[J]. 水利规划与设计,2019(5):110—114
WANG S S. Research on Optimal Selection of Water Pump Based on Ahp-fuzzy Comprehensive Evaluation Method [J]. Water Conservancy Planning and Design, 2019(5):110-114(in Chinese)
- [7] 丁少倩,林涛,徐遐龄,等. 基于改进的 AHP-熵权法的电网综合脆弱性评估方法研究[J]. 电测与仪表, 2017,54(4):28—33
DING S Q, LIN T, XU X L, et al. Research on The Integrated Vulnerability Assessment Method of Power Grid Based on Improved Ahp-entropy Weight Method [J]. Electrical Measurement and Instrumentation, 2017, 54(4):28—33(in Chinese)
- [8] LIU D, SHI X, ZHANG S, et al. An Improved Evaluation Model for Non-coal Mine Emergency Rescue Capability Based on The Set Pair Analysis Theory [J]. Journal of Safety and Environment,2014,14(2):85—89
- [9] 章穗,张梅,迟国泰. 基于熵权法的科学技术评价模型及其实证研究[J]. 管理学报,2010,7(1):34—42
ZHANG S, ZHANG M, CHI G T. Scientific and Technological Evaluation Model Based on Entropy Weight Method and Its Empirical Research [J]. Journal of Management,2010,7(1):34—42(in Chinese)
- [10] 王华昕,邹龙,赵永熹,等. 基于 AHP—变熵权法的配电网应急能力综合评估方法研究[J]. 电网与清洁能源,2018, 34(1):32—38,44
WANG H X, ZOU L, ZHAO Y X, et al. Comprehensive Evaluation Method of Emergency Response Capability of Distribution Network Based on AHP-Variable Entropy Weight Method[J]. Power Grid and Clean Energy,2018, 34(1):32—38,44(in Chinese)
- [11] 邓雪,李家铭,曾浩健,等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识,2012,42(7):93—100
DENG X, LI J M, ZENG H J, et al. Analysis and Application of Weight Calculation Method of Analytic Hierarchy Process [J]. Practice and Understanding of Mathematics,2012,42(7):93—100(in Chinese)
- [12] 卢紫毅,范建华. 基于层次分析法的战术通信网络效能评估[J]. 现代电子技术,2011,34(1):57—60
LU Z Y, FAN J H. Effectiveness Evaluation of Tactical Communication Network Based on Analytic Hierarchy Process [J]. Modern Electronic Technology, 2011, 34(1):57—60(in Chinese)
- [13] 侯芳,颜骏,孙润涛,等. 重大活动网络与信息安全保障技术体系研究安全、IT 服务、智慧城市和信息化[J]. 电信技术,2013,1(5):40—44
HOU F, YAN J, SUN R T, et al. Research on Security, IT Services, Smart City and Informatization of Network and Information Security Technology System for Major Events [J]. Telecommunications Technology, 2013, 1(5):40—44(in Chinese)
- [14] 李远远,刘光前. 基于 AHP-熵权法的煤矿生产物流安全评价[J]. 安全与环境学报,2015,15(3):29—32
LI Y Y, LIU G Q. Safety Evaluation of Coal Production

Logistics Based on Ahp-entropy Weight Method [J].

Journal of Safety and Environment, 2015, 15(3):29—32
(in Chinese)

- [15] 张健钊, 陈星莺, 徐石明, 等. 基于 AHP-熵权法的工业大用户用电能效评估[J]. 电网与清洁能源, 2017, 33(1):57—62

ZHANG J Z, CHEN X Y, XU S M, et al. Energy Efficiency Evaluation for Large Industrial Users Based on Ahp-entropy Weight Method[J]. Grid and Clean Energy,

2017, 33(1):57—62(in Chinese)

- [16] 张延风, 刘建书, 张士峰. 基于层次分析法和熵值法的目标多属性威胁评估[J]. 弹箭与制导学报, 2019(2):1—5

ZHANG Y F, LIU J S, ZHANG S F. Multi-attribute Threat Assessment of Targets Based on Analytic Hierarchy Process and Entropy Method [J]. Journal of Projectile and Arrow Guidance, 2019(2):1—5(in Chinese)

Analysis and Model Establishment for Mobile Communication Network Risk Evaluation Index System

ZHU Ning, YAO Shan-hua, ZHENG Xiao-liang

(School of Electrical and Information Engineering, Anhui University of Science and Technology, Anhui Huainan 232001, China)

Abstract: According to the requirement for large-scale competitions with high crowd density and high personal mobility, the risk factors of mobile communication network are analyzed and studied from the perspective of network risk, business risk, supporting risk, safety risk, quality risk and so on, comprehensive evaluation index system for communication network risk is constructed, and the risk assessment model based on analytic hierarchy process (AHP), entropy weight method and fuzzy mathematical algorithm is proposed. Both subjective weight and objective weight are added into the model, and a new combination method is adopted, including the calculation of the comprehensive weight by considering the proportion relation of the index in the middle layer so as to reduce the error caused by the uneven weight distribution. Finally, an example is given to verify that the output of the model is close to the actual situation, indicating that the model can better predict and evaluate the risk status of the mobile communication network.

Key words: large-scale competition; mobile communication network; risk assessment; AHP; entropy weight method; fuzzy evaluation

责任编辑: 田 静

引用本文/Cite this paper:

朱宁, 姚善化, 郑晓亮. 移动通信网络风险评价指标体系的分析与模型建立[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2020, 37(3):100—106

ZHU N, YAO S H, ZHENG X L. Analysis and Model Establishment for Mobile Communication Network Risk Evaluation Index System[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2020, 37(3):100—106