

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号

WO 2020/140318 A1

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 9 日 (09.07.2020)

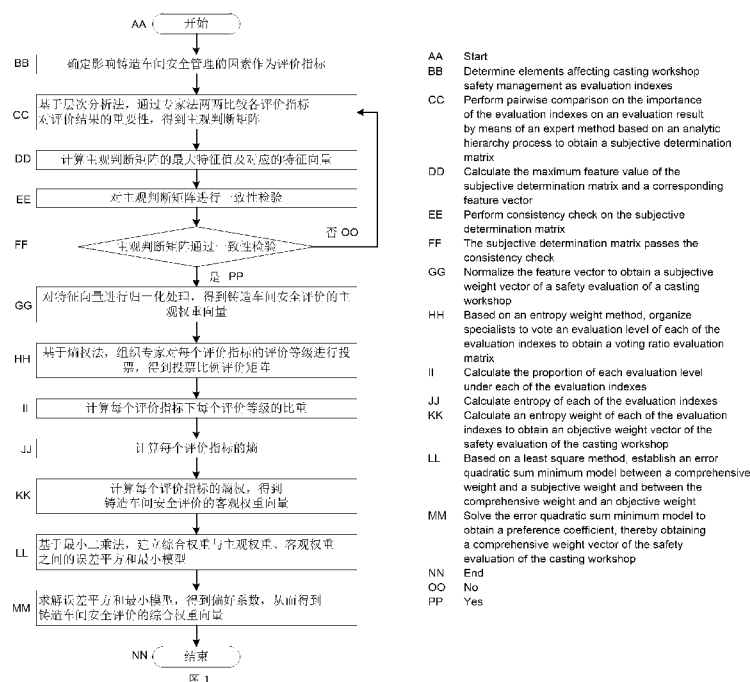
- (51) 国际专利分类号:
G06Q 10/06 (2012.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/076220
- (22) 国际申请日: 2019 年 2 月 27 日 (27.02.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910005171.6 2019 年 1 月 3 日 (03.01.2019) CN
- (71) 申请人: 东北大学 (NORTHEASTERN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。
- (72) 发明人: 徐青伟(XU, Qingwei); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。

许开立(XU, Kaili); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。葛及(GE, Ji); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。陈守坤(CHEN, Shoukun); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。徐晓虎(XU, Xiaohu); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。郑欣(ZHENG, Xin); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。

(74) 代理人: 沈阳东大知识产权代理有限公司 (SHENYANG DONGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。

(54) Title: LEAST SQUARE METHOD-BASED METHOD FOR CALCULATING COMPREHENSIVE WEIGHT OF SAFETY EVALUATION OF CASTING WORKSHOP

(54) 发明名称: 基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法



(57) Abstract: A least square method-based method for calculating a comprehensive weight of a safety evaluation of a casting workshop. The method comprises: firstly, determining evaluation indexes affecting casting workshop safety management, then obtaining a subjective determination matrix by means of an expert method based on an analytic hierarchy process, calculating the maximum feature value of the matrix and a feature vector and performing consistency check on the matrix, and if the check is passed, normalizing the feature vector to obtain a subjective weight vector; next, based on an entropy weight method, organizing specialists to vote an evaluation

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则4.17(ii))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

level of each of the evaluation indexes to obtain a voting ratio evaluation matrix, and calculating entropy and an entropy weight to obtain an objective weight vector; lastly, based on a least square method, establishing an error quadratic sum minimum model between a comprehensive weight and a subjective weight and between the comprehensive weight and an objective weight, solving the model to obtain a preference coefficient, and finally, obtaining a comprehensive weight vector of a safety evaluation of a casting workshop. The method can improve the accuracy and reliability of a safety evaluation result of a casting workshop.

(57) 摘要: 一种基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法, 首先确定影响铸造车间安全管理的评价指标, 然后基于层次分析法, 通过专家法得到主观判断矩阵, 计算该矩阵的最大特征值及特征向量并对其进行一致性检验, 若通过检验, 则归一化特征向量, 得到主观权重向量; 然后基于熵权法, 组织专家对每个评价指标的评价等级进行投票, 得到投票比例评价矩阵, 计算熵与熵权, 得到客观权重向量; 最后基于最小二乘法, 建立综合权重与主观权重、客观权重间的误差平方和最小模型, 求解该模型, 得到偏好系数, 最终得到铸造车间安全评价的综合权重向量。本方法能够提高铸造车间安全评价结果的准确性及可靠性。

基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法

技术领域

本发明涉及铸造车间安全评价技术领域，特别是涉及一种基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法。

背景技术

安全评价是以实现安全为目的，应用安全系统工程的原理和方法，辨识与分析系统、工程、生产管理活动中的危险有害因素，预测发生事故或造成职业危害的可能性及其严重程度，并提出科学、合理、可行的安全对策措施建议，从而做出评价结论的活动。安全评价作为现代安全管理的重要组成部分，是预防事故的重要手段。安全评价不仅广泛应用于生产经营单位的安全生产，还应用于应急管理、事故调查等不同的安全领域。其中，在铸造领域，铸造车间的安全评价对铸造厂的安全生产具有重要意义。

在实施安全评价的过程中，评价指标权重的计算是非常重要的一环。现有的评价指标权重的计算方法主要有三种：主观权重法、客观权重法与综合权重法。其中，主观权重法是依靠专家的主观判断而不是实际数据，主要包括层次分析法、德尔菲法，其能够充分利用已经掌握的知识，但是不同的专家可能得到不同的评价结果。客观权重法是依据实际数据而不是专家的主观判断，主要包括主成分分析法、熵权法、变异系数法，其能够充分利用实际数据，但评价结果可能与实际情况不符合。综合权重法结合了主观权重法和客观权重法，将专家的主观判断和实际数据的客观性都考虑在内，能较为全面地反映被评价对象的实际情况；然而，关于综合权重的偏好系数，大多数的计算方法中物理意义不明确，而且没有统一的计算方法，导致评价结果的准确性和可靠性都比较低。

发明内容

针对现有技术存在的问题，本发明提供一种基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法，能够提高安全评价结果的准确性及可靠性。

本发明的技术方案为：

一种基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法，其特征在于，包括下述步骤：

步骤 1：分析铸造车间的安全管理状况，找出影响铸造车间安全管理的 n 个因素 $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$ ，这 n 个因素即为进行铸造车间安全评价的评价指标；

步骤 2：基于层次分析法，确定铸造车间安全评价的主观权重向量：

步骤 2.1: 采用专家法两两比较各评价指标对评价结果的重要性, 得到评价指标 R_i 与评价指标 R_j 对评价结果的相对重要性 s_{ij} , 构成主观判断矩阵 $S = (s_{ij})_{n \times n}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$;

步骤 2.2: 计算主观判断矩阵的最大特征值为 $\lambda_{\max}$ 及对应的特征向量为 $W = [W_1, W_2, \dots, W_j, \dots, W_n]$;

步骤 2.3: 对主观判断矩阵进行一致性检验: 计算主观判断矩阵的一致性指标为 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, 得到主观判断矩阵的一致性指标比率为 $CR = \frac{CI}{RI}$, 其中, RI 为主观判断矩阵的随机一致性指标, RI 与主观判断矩阵的阶数 n 有关; 若 $CR < 0.1$, 则主观判断矩阵的一致性可以接受, 从而主观判断矩阵通过一致性检验, 进入步骤 2.4; 若 $CR \geq 0.1$, 则主观判断矩阵未通过一致性检验, 返回步骤 2.1, 对主观判断矩阵的值进行调整, 直到 $CR < 0.1$;

步骤 2.4: 对特征向量 W 进行归一化处理, 得到铸造车间安全评价的主观权重向量为 $W^S = [W_1^S, W_2^S, \dots, W_j^S, \dots, W_n^S]$, 其中, W_j^S 为第 j 个评价指标 R_j 的主观权重, $W_j^S = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$;

步骤 3: 基于熵权法, 确定铸造车间安全评价的客观权重向量:

步骤 3.1: 设定 m 个评价等级为{安全, 较安全, 一般, 危险, 极度危险}, 组织专家对每个评价指标进行评价, 通过专家对每个评价指标的评价等级进行投票, 计算每个评价指标下每个评价等级获得的票数占总票数的比例, 得到投票比例评价矩阵 $O = (o_{kj})_{m \times n}$, $k = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$;

步骤 3.2: 计算第 j 个评价指标 R_j 下第 k 个评价等级的比重为 $p_{kj} = \frac{o_{kj}}{\sum_{k=1}^m o_{kj}}$;

步骤 3.3: 计算第 j 个评价指标 R_j 的熵为 $e_j = -\frac{\sum_{k=1}^m (p_{kj} \cdot \ln p_{kj})}{\ln m}$;

步骤 3.4: 计算第 j 个评价指标 R_j 的熵权为 $W_j^O = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{j=1}^n e_j}$, W_j^O 即为第 j 个评价指标 R_j

的客观权重, 构成铸造车间安全评价的客观权重向量为 $W^O = [W_1^O, W_2^O, \dots, W_j^O, \dots, W_n^O]$;

步骤 4: 基于最小二乘法, 确定铸造车间安全评价的综合权重向量:

步骤 4.1: 确定第 j 个评价指标 R_j 的综合权重为 $W_j^I = \delta W_j^S + (1-\delta)W_j^O$, $j=1,2,\dots,n$;

其中, δ 为偏好系数, $\delta \in [0,1]$;

步骤 4.2: 计算综合权重与主观权重、客观权重之间的误差平方和为

$$\sum_{j=1}^n (W_j^I - W_j^S)^2 + \sum_{j=1}^n (W_j^I - W_j^O)^2 = \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - W_j^S + W_j^O - \delta W_j^O)^2 + \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - \delta W_j^O)^2;$$

步骤 4.3: 建立误差平方和最小模型为

$$\min \left(\sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - W_j^S + W_j^O - \delta W_j^O)^2 + \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - \delta W_j^O)^2 \right), \delta \in [0,1];$$

步骤 4.4: 求解误差平方和最小模型: 对步骤 4.2 中的公式求关于偏好系数 δ 的导数, 并

令导数为 0, 得到 $(2\delta - 1) \sum_{j=1}^n (W_j^S - W_j^O)^2 = 0$, 求解该等式, 得到 $\delta = 0.5$, 从而第 j 个评价指标

R_j 的综合权重为 $W_j^I = \frac{W_j^S + W_j^O}{2}$, 构成铸造车间安全评价的综合权重向量为

$$W^I = [W_1^I, W_2^I, \dots, W_j^I, \dots, W_n^I]^\top.$$

所述步骤 1 中, $n=5$, 影响铸造车间安全管理的 n 个因素 $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$ 分别为安全教育培训、安全投入、危险源管理、隐患排查治理、安全管理制度; 步骤 2.3 中, $RI=1.12$ 。

本发明的有益效果为:

本发明基于最小二乘法对铸造车间安全评价的综合权重进行计算, 使得综合权重有了明确的物理意义, 即综合权重与主观权重、客观权重之间的误差平方和最小, 采用综合权重对铸造车间进行安全评价, 能够提高铸造车间安全评价结果的准确性及可靠性。

附图说明

图 1 为本发明的基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法的流程图。

具体实施方式

下面将结合附图和具体实施方式, 对本发明作进一步描述。

本发明的目的是提供一种基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法, 能够提高安全评价结果的准确性及可靠性。

如图 1 所示, 为本发明的基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法的流程图。本发明的基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法, 包括下述步骤:

步骤 1: 分析铸造车间的安全管理状况, 找出影响铸造车间安全管理的 n 个因素

$\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$, 这 n 个因素即为进行铸造车间安全评价的评价指标。

本实施例中, $n=5$, 影响铸造车间安全管理的 n 个因素 $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$ 分别为安全教育培训、安全投入、危险源管理、隐患排查治理、安全管理制度。

步骤 2: 基于层次分析法, 确定铸造车间安全评价的主观权重向量:

步骤 2.1: 采用专家法两两比较各评价指标对评价结果的重要性, 得到评价指标 R_i 与评价指标 R_j 对评价结果的相对重要性 s_{ij} , 构成主观判断矩阵 $S = (s_{ij})_{n \times n}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$;

步骤 2.2: 计算主观判断矩阵的最大特征值为 $\lambda_{\max}$ 及对应的特征向量为 $W = [W_1, W_2, \dots, W_j, \dots, W_n]$;

步骤 2.3: 对主观判断矩阵进行一致性检验: 计算主观判断矩阵的一致性指标为 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, 得到主观判断矩阵的一致性指标比率为 $CR = \frac{CI}{RI}$, 其中, RI 为主观判断矩阵的随机一致性指标, RI 与主观判断矩阵的阶数 n 有关, 具体关系如表 1 所示; 若 $CR < 0.1$, 则主观判断矩阵的一致性可以接受, 从而主观判断矩阵通过一致性检验, 进入步骤 2.4; 若 $CR \geq 0.1$, 则主观判断矩阵未通过一致性检验, 返回步骤 2.1, 对主观判断矩阵的值进行调整, 直到 $CR < 0.1$;

步骤 2.4: 对特征向量 W 进行归一化处理, 得到铸造车间安全评价的主观权重向量为 $W^S = [W_1^S, W_2^S, \dots, W_j^S, \dots, W_n^S]$, 其中, W_j^S 为第 j 个评价指标 R_j 的主观权重, $W_j^S = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$ 。

表 1

矩阵阶数	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RI	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58

本实施例中, $\frac{1}{9} \leq s_{ij} \leq 9$, 这里采用 1-9 标度法, 来比较第 i 个评价指标与第 j 个评价指标对评价结果的重要性: 当 $s_{ij}=1$ 时, 表示第 i 个评价指标与第 j 个评价指标对评价结果同等重要; 当 $s_{ij}=3$ 时, 表示第 i 个评价指标比第 j 个评价指标对评价结果稍重要; 当 $s_{ij}=5$ 时, 表示第 i 个评价指标比第 j 个评价指标对评价结果明显重要; 当 $s_{ij}=7$ 时, 表示第 i 个评价指标比第 j 个评价指标对评价结果强烈重要; 当 $s_{ij}=9$ 时, 表示第 i 个评价指标比第 j 个评价指标对评价结果极端重要; 当 s_{ij} 为大于 1 的其他值时, 表示第 i 个评价指标与第 j 个评价指标对评价结

果的重要性的比较结果介于与 s_{ij} 相邻的两个整数对应的比较结果之间;当 s_{ij} 为小于 1 的值时,表示第 i 个评价指标与第 j 个评价指标对评价结果的重要性的反比较。

本实施例中,通过专家法对各评价指标对评价结果的重要性的两两比较,得到主观判断矩阵为

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 1/2 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1/2 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix};$$

计算主观判断矩阵的最大特征值为 $\lambda_{\max} = 5.1947$, 对应的特征向量为 $W = [0.2933, 0.5107, 0.387, 0.6738, 0.2223]$; 计算一致性指标为 $CI = 0.0487$, 由表 1 可知, $n=5$ 时, $RI = 1.12$, 从而得到一致性指标比率为 $CR = 0.0435 < 0.1$, 从而主观判断矩阵通过一致性检验; 对特征向量 W 进行归一化处理, 得到铸造车间安全评价的主观权重向量为 $W^S = [0.141, 0.245, 0.185, 0.323, 0.106]$ 。

步骤 3: 基于熵权法, 确定铸造车间安全评价的客观权重向量:

步骤 3.1: 设定 m 个评价等级为{安全, 较安全, 一般, 危险, 极度危险}, 组织专家对每个评价指标进行评价, 通过专家对每个评价指标的评价等级进行投票, 计算每个评价指标下每个评价等级获得的票数占总票数的比例, 得到投票比例评价矩阵 $O = (o_{kj})_{m \times n}$, $k = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$;

步骤 3.2: 计算第 j 个评价指标 R_j 下第 k 个评价等级的比重为 $p_{kj} = \frac{o_{kj}}{\sum_{k=1}^m o_{kj}}$;

步骤 3.3: 计算第 j 个评价指标 R_j 的熵为 $e_j = -\frac{\sum_{k=1}^m (p_{kj} \cdot \ln p_{kj})}{\ln m}$;

步骤 3.4: 计算第 j 个评价指标 R_j 的熵权为 $W_j^O = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{j=1}^n e_j}$, W_j^O 即为第 j 个评价指标 R_j

的客观权重, 构成铸造车间安全评价的客观权重向量为 $W^O = [W_1^O, W_2^O, \dots, W_j^O, \dots, W_n^O]$ 。

本实施例中, 通过专家对每个评价指标的评价等级进行投票, 得到投票比例评价矩阵为

$$O = \begin{bmatrix} 0.12 & 0.09 & 0.112 & 0.133 & 0.101 \\ 0.201 & 0.204 & 0.347 & 0.32 & 0.217 \\ 0.354 & 0.403 & 0.302 & 0.317 & 0.364 \\ 0.207 & 0.2 & 0.209 & 0.195 & 0.211 \\ 0.118 & 0.103 & 0.03 & 0.035 & 0.107 \end{bmatrix}, \text{ 计算得到铸造车间安全评价的客观权重向量为}$$

$$W^O = [0.12, 0.202, 0.281, 0.244, 0.153]。$$

步骤 4：基于最小二乘法，确定铸造车间安全评价的综合权重向量：

步骤 4.1：确定第 j 个评价指标 R_j 的综合权重为 $W_j^I = \delta W_j^S + (1-\delta)W_j^O$ ， $j=1, 2, \dots, n$ ；

其中， δ 为偏好系数， $\delta \in [0, 1]$ ；

步骤 4.2：计算综合权重与主观权重、客观权重之间的误差平方和为

$$\sum_{j=1}^n (W_j^I - W_j^S)^2 + \sum_{j=1}^n (W_j^I - W_j^O)^2 = \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - W_j^S + W_j^O - \delta W_j^O)^2 + \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - \delta W_j^O)^2；$$

步骤 4.3：建立误差平方和最小模型为

$$\min \left(\sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - W_j^S + W_j^O - \delta W_j^O)^2 + \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - \delta W_j^O)^2 \right), \delta \in [0, 1]；$$

步骤 4.4：求解误差平方和最小模型：对步骤 4.2 中的公式求关于偏好系数 δ 的导数，并

令导数为 0，得到 $(2\delta - 1) \sum_{j=1}^n (W_j^S - W_j^O)^2 = 0$ ，求解该等式，得到 $\delta = 0.5$ ，从而第 j 个评价指标

R_j 的综合权重为 $W_j^I = \frac{W_j^S + W_j^O}{2}$ ，构成铸造车间安全评价的综合权重向量为

$$W^I = [W_1^I, W_2^I, \dots, W_j^I, \dots, W_n^I]。$$

本实施例中，通过计算，得到铸造车间安全评价的综合权重向量为

$$W^I = [0.133, 0.2315, 0.231, 0.2745, 0.13]。$$

显然，上述实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。上述实施例仅用于解释本发明，并不构成对本发明保护范围的限定。基于上述实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，也即凡在本申请的精神和原理之内所作的所有修改、等同替换和改进等，均落在本发明要求的保护范围内。

权 利 要 求 书

1.一种基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法，其特征在于，包括下述步骤：

步骤 1：分析铸造车间的安全管理状况，找出影响铸造车间安全管理的 n 个因素 $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$ ，这 n 个因素即为进行铸造车间安全评价的评价指标；

步骤 2：基于层次分析法，确定铸造车间安全评价的主观权重向量：

步骤 2.1：采用专家法两两比较各评价指标对评价结果的重要性，得到评价指标 R_i 与评价指标 R_j 对评价结果的相对重要性 s_{ij} ，构成主观判断矩阵 $S = (s_{ij})_{n \times n}$ ， $i, j = 1, 2, \dots, n$ ；

步骤 2.2：计算主观判断矩阵的最大特征值为 $\lambda_{\max}$ 及对应的特征向量为 $W = [W_1, W_2, \dots, W_j, \dots, W_n]$ ；

步骤 2.3：对主观判断矩阵进行一致性检验：计算主观判断矩阵的一致性指标为 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ，得到主观判断矩阵的一致性指标比率为 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，其中， RI 为主观判断矩阵的随机一致性指标， RI 与主观判断矩阵的阶数 n 有关；若 $CR < 0.1$ ，则主观判断矩阵的一致性可以接受，从而主观判断矩阵通过一致性检验，进入步骤 2.4；若 $CR \geq 0.1$ ，则主观判断矩阵未通过一致性检验，返回步骤 2.1，对主观判断矩阵的值进行调整，直到 $CR < 0.1$ ；

步骤 2.4：对特征向量 W 进行归一化处理，得到铸造车间安全评价的主观权重向量为 $W^S = [W_1^S, W_2^S, \dots, W_j^S, \dots, W_n^S]$ ，其中， W_j^S 为第 j 个评价指标 R_j 的主观权重， $W_j^S = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}$ ；

步骤 3：基于熵权法，确定铸造车间安全评价的客观权重向量：

步骤 3.1：设定 m 个评价等级为{安全，较安全，一般，危险，极度危险}，组织专家对每个评价指标进行评价，通过专家对每个评价指标的评价等级进行投票，计算每个评价指标下每个评价等级获得的票数占总票数的比例，得到投票比例评价矩阵 $O = (o_{kj})_{m \times n}$ ， $k = 1, 2, \dots, m$ ， $j = 1, 2, \dots, n$ ；

步骤 3.2：计算第 j 个评价指标 R_j 下第 k 个评价等级的比重为 $p_{kj} = \frac{o_{kj}}{\sum_{k=1}^m o_{kj}}$ ；

步骤 3.3：计算第 j 个评价指标 R_j 的熵为 $e_j = -\frac{\sum_{k=1}^m (p_{kj} \cdot \ln p_{kj})}{\ln m}$ ；

步骤 3.4: 计算第 j 个评价指标 R_j 的熵权为 $W_j^O = \frac{1-e_j}{n-\sum_{j=1}^n e_j}$, W_j^O 即为第 j 个评价指标 R_j

的客观权重, 构成铸造车间安全评价的客观权重向量为 $W^O = [W_1^O, W_2^O, \dots, W_j^O, \dots, W_n^O]$;

步骤 4: 基于最小二乘法, 确定铸造车间安全评价的综合权重向量:

步骤 4.1: 确定第 j 个评价指标 R_j 的综合权重为 $W_j^I = \delta W_j^S + (1-\delta)W_j^O$, $j=1,2,\dots,n$;

其中, δ 为偏好系数, $\delta \in [0,1]$;

步骤 4.2: 计算综合权重与主观权重、客观权重之间的误差平方和为

$$\sum_{j=1}^n (W_j^I - W_j^S)^2 + \sum_{j=1}^n (W_j^I - W_j^O)^2 = \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - W_j^S + W_j^O - \delta W_j^O)^2 + \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - \delta W_j^O)^2;$$

步骤 4.3: 建立误差平方和最小模型为

$$\min \left(\sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - W_j^S + W_j^O - \delta W_j^O)^2 + \sum_{j=1}^n (\delta W_j^S - \delta W_j^O)^2 \right), \delta \in [0,1];$$

步骤 4.4: 求解误差平方和最小模型: 对步骤 4.2 中的公式求关于偏好系数 δ 的导数, 并令导数为 0, 得到 $(2\delta-1)\sum_{j=1}^n (W_j^S - W_j^O)^2 = 0$, 求解该等式, 得到 $\delta=0.5$, 从而第 j 个评价指标

R_j 的综合权重为 $W_j^I = \frac{W_j^S + W_j^O}{2}$, 构成铸造车间安全评价的综合权重向量为 $W^I = [W_1^I, W_2^I, \dots, W_j^I, \dots, W_n^I]$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的基于最小二乘法的铸造车间安全评价综合权重计算方法, 其特征在于, 所述步骤 1 中, $n=5$, 影响铸造车间安全管理的 n 个因素 $\{R_1, R_2, R_3, \dots, R_n\}$ 分别为安全教育培训、安全投入、危险源管理、隐患排查治理、安全管理制度; 步骤 2.3 中, $RI=1.12$ 。

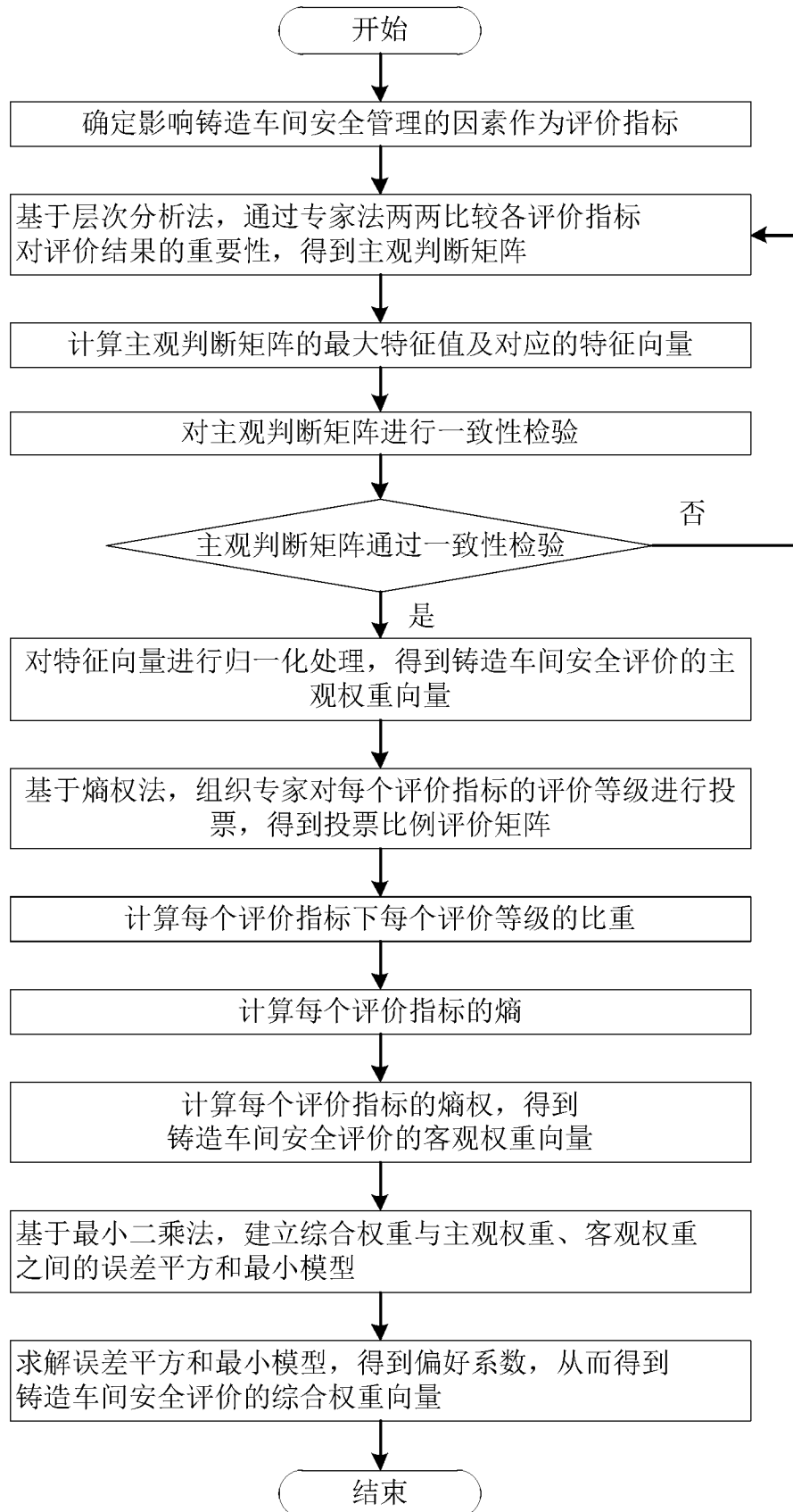


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/076220

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q 10/06(2012.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06Q G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 铸造, 车间, 安全, 评价, 权重, 指标, 主观, 客观, 因素, casting, workshop, safety, evaluation, weight, index, subjective, objective, factor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108763161 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 06 November 2018 (2018-11-06) description, paragraphs [0065] and [0124]-[0125]	1-2
A	CN 104156878 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 19 November 2014 (2014-11-19) entire document	1-2
A	KR 20180060766 A (KOREA ELECTRICAL SAFETY CORP.) 07 June 2018 (2018-06-07) entire document	1-2



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 September 2019

Date of mailing of the international search report

29 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/076220

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	108763161	A	06 November 2018	None	
CN	104156878	A	19 November 2014	None	
KR	20180060766	A	07 June 2018	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/076220

A. 主题的分类

G06Q 10/06 (2012.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06Q G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI, EP0DOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 铸造, 车间, 安全, 评价, 权重, 指标, 主观, 客观, 因素, casting, workshop, safety, evaluation, weight, index, subjective, objective, factor

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 108763161 A (哈尔滨工业大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第[0065]、[0124]-[0125]段	1-2
A	CN 104156878 A (国家电网公司 等) 2014年 11月 19日 (2014 - 11 - 19) 全文	1-2
A	KR 20180060766 A (KOREA ELECTRICAL SAFETY CORP.) 2018年 6月 7日 (2018 - 06 - 07) 全文	1-2

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 9月 17日

国际检索报告邮寄日期

2019年 9月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

鞠博

电话号码 86-(10)-53961534

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/076220

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	108763161	A	2018年 11月 6日	无	
CN	104156878	A	2014年 11月 19日	无	
KR	20180060766	A	2018年 6月 7日	无	