

汽车渡船夜航安全研究



宣讲人：周思杨
作者：周思杨、王当利
单位：武汉理工大学 航运学院





研究内容介绍



研究背景



汽车渡船夜航安全的影响因素分析



汽车渡船夜航安全性综合评价



展望



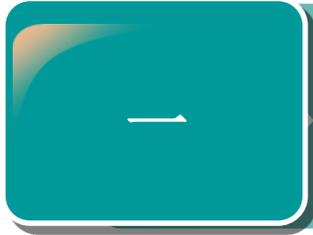


研究背景

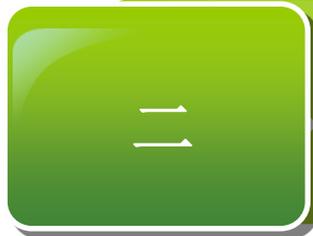




汽车渡船夜航安全的影响因素分析



风险因素识别



风险因素分析





汽车渡船夜航安全的影响因素分析

2.1 主要风险源识别

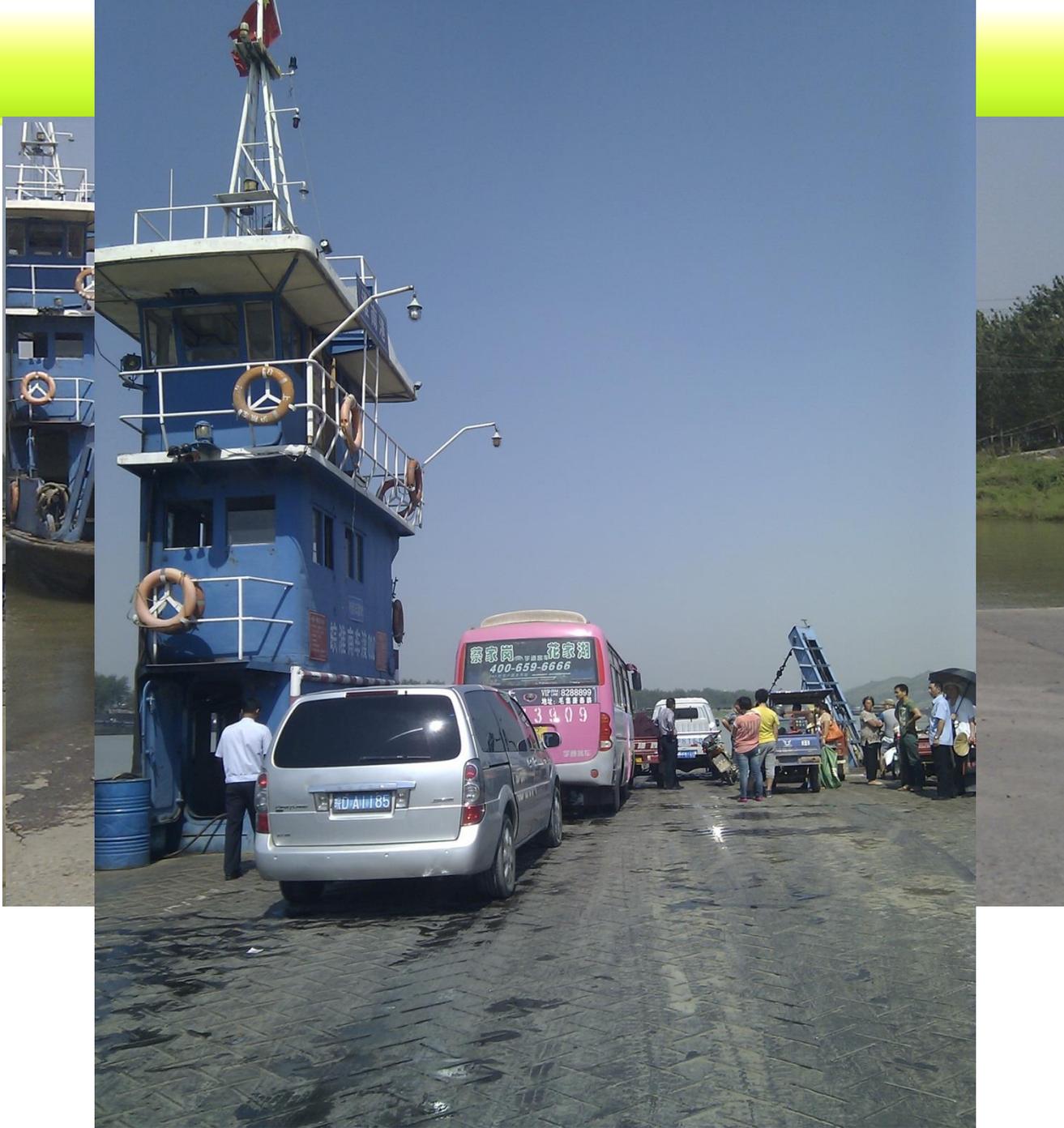
风险识别是指在风险事故发生之前，人们运用各种方法系统的、连续的认识所面临的各种风险以及分析风险事故发生的潜在原因。

本文是通过**实地调研法**，掌握了具有代表性质的汽车渡船、渡口的基本情况，并通过**专家座谈会及问卷调查**的方式（问卷内容主要涉及影响安全渡运的重要因素、渡船安全航行的必要条件及渡口的综合情况），确定影响汽车渡轮夜航的风险因素。

参与问卷调查人员情况：

问卷调查是通过现场调研和网络发放的形式，共收集了纸质和电子问卷共245份，参与调查的人员来自合肥、淮南、安庆、阜阳、芜湖的各地方海事局及轮渡公司的工作人员，对问卷筛选后，有效问卷数为213份。







汽车渡船夜航安全的影响因素分析



淮上渡口·皖淮南渡61





汽车渡船夜航安全的影响因素分析

2.2 风险因素分析

根据调查问卷表的结果及专家的意见，分析出影响汽车渡船安全航行的主要因素，包括环境、船舶、船员和管理四个方面：

1. 船舶因素

船舶是货物运输的载体，是承担风险的主体，船舶自身因素包括船龄、船型、船舶主要设备的状态和船舶装载对船舶航行都有一定影响。

2. 船员因素

人员因素主要是指船上人员，如船员、舵工、水手等对航行安全有直接影响的人员。管理人员对汽车渡轮有一个管理监管职责，因此本文将此方面的因素划归到管理因素中。那么船员人为因素主要从船员安全意识、船员健康、操作水平、船舶最低配员等方面进行评价。

3. 环境因素

关于通航环境对渡船航行安全的影响，主要从风力、能见度、航道状况、交通流状况、助航设施、背景灯光等方面进行评估。

4. 管理控制因素

长江干线汽车渡轮的安全管理主要有当地政府部门监管、海事管理部门和公司管理三个方面。





汽车渡船夜航安全性综合评价

3.1 评价的方法

本文首先运用层次分析法，建立汽车渡船夜航安全风险评价指标体系，通过构造各层次判断矩阵，计算出各因素的权重，并验证其一致性。进而采取模糊综合评价法，建立模糊综合评价模型，对汽车渡船安全性进行综合评价。

层次分析法（Analytic Hierarchy Process,简称AHP）是对定性问题进行**定量分析**的一种简捷、灵活而又较实用的多准则决策方法。特别适宜于那些难以用定量指标进行分析得复杂问题。运用层次分析法一般有以下**四个步骤**：

- (1) 确定目标和评价因素，建立评价指标体系
- (2) 各因素两两比较，构造判断矩阵
- (3) 计算判断矩阵，得出各因素权重，及组合权重
- (4) 进行一致性检验





汽车渡船夜航安全性综合评价

3.2 建立评价指标体系

根据上一节对汽车渡船夜航的风险源项分析，为了能使选取的指标尽可能地可以科学的评价汽车渡船的风险，通过专家咨询及对问卷调查的结果分析归纳，筛选出以下几点主要影响因素。

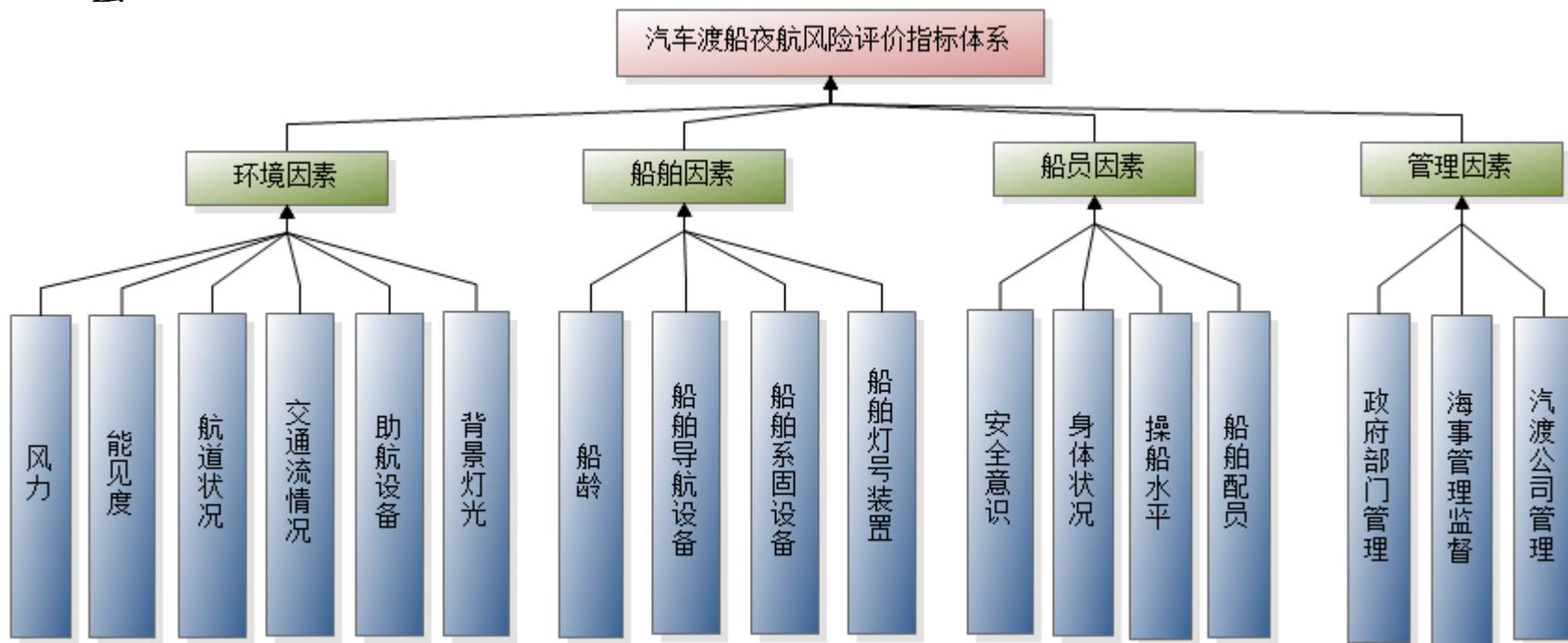


图1 汽车渡船夜航风险评价指标体系图





汽车渡船夜航安全性综合评价

模糊综合评价方法，是一种运用模糊变换原理分析和评价模糊系统的方法，根据实测值和给出的评价标准，把多个描述被评价对象不同方面且量纲不同的定性或定量指标，转化为相对评价值，应用模糊关系合成的特性，不仅考虑了所有因素的影响，而且保留了各级评价的全部信息，在处理难以用精确数学方法描述的复杂系统问题方面，具有特别的优越性。

模糊综合评价的一般步骤为：

- (1) 确定因素集和评语集
- (2) 确定隶属度和模糊算子
- (3) 确定确定模糊矩阵 R 与权重系数矩阵 W
- (4) 求出隶属度向量 $B=W \cdot R$
- (5) 反模糊化

其流程图如下图所示：





汽车渡船夜航安全性综合评价

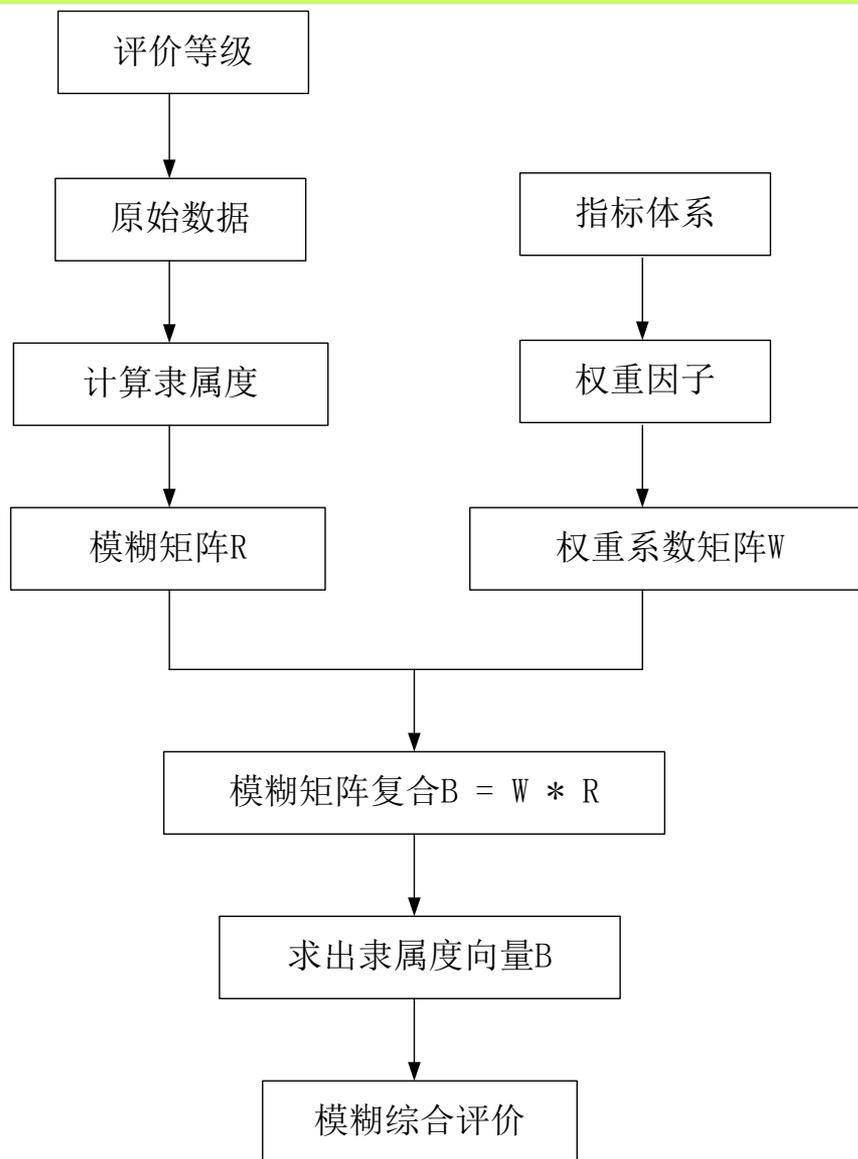


图4 模糊综合评价流程图





表4 影响因子风险程度评价标准

风险度 影响因子	低风险	较低风险	中等风险	较高风险	高风险
水文条件	1-3级	4级	5级	6级	7级及以上
能见度 (m)	≥1000	500~1000	300~500	100~300	≤100
航道状况	几乎没有碍航物	碍航物较少	碍航物多	碍航物较多	碍航物很多
交通流状况	只有轮渡	交通流很小	复杂	比较复杂	十分复杂
航标布设	很好	较好	中等	较差	很差
背景灯光	几乎没有背景灯光干扰	背景灯光干扰较弱	背景灯光复杂	背景灯光比较复杂	背景灯光十分复杂
船龄 (年)	满足船检要求	基本满足船检要求	部分满足船检要求	大部分不满足船检要求	不满足船检要求
夜航设备	满足船检要求	基本满足船检要求	部分满足船检要求	大部分不满足船检要求	不满足船检要求
船舶装载	未超载且配载合理	未超载且配载较合理	稍微超载或配载不当	严重超载或配载不当	严重超载且配载不当
安全意识	很强	较强	中等	较弱	很弱
健康状况	很好	较好	中等	较差	很差
操船水平	很好	较好	中等	较差	很差
船舶配员	合理	较合理	一般	较不合理	很不合理
当地政府管理	按照法律法规对各个方面进行有效监督	按照法律法规对部分方面进行监督	按照法律仅对渡口方面进行监督	仅进行审批类的行政管理, 无实质性的监督	完全没有监管
海事管理机构	几乎天天进行检查	高于规定频率进行检查	按照规定频率进行检查	低于规定频率进行检查	完全没有管理
汽渡公司管理	几乎天天进行检查	高于规定频率进行检查	按照规定频率进行检查	低于规定频率进行检查	完全没有管理





汽车渡船夜航安全性综合评价

对于某具体一艘汽渡船舶的夜航，可以根据上表对该汽车渡船夜航风险各影响因子进行定性评价，运用隶属度函数确定个影响因子的风险隶属度，得到的隶属度矩阵记为 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 。

根据上面确定的各评价指标隶属度和权重，我们可以从评价体系的最底层向上逐级进行综合评价。由之前所构建的评价指标体系可知，评价目标包含一级指标和二级指标，故本文为二级模糊综合评价。

1. 模糊算子

确定了评价指标的隶属度和权重后，就要根据指标体系的特点确定模糊算子，即各级下层指标复合成上层指标评价向量或评价值的计算方法。本文采用加权平均型模糊算子。

2. 一级模糊综合评价

根据上文给出的评价指标体系，以环境概况为例介绍一级模糊综合评价。利用本文构建的风力、能见度、航道状况、交通流状况、航标布设、背景灯关的隶属度子集表，可以获得环境因素的隶属度矩阵。环境因素各子因素的权重为： $W_1 = (w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{14}, w_{15}, w_{16})$ ，则 $B_1 = W_1 \circ R_1$ ，对于环境因素，其模糊综合评价为：

$$V_1 = \frac{\sum_{j=1}^n B_1 \times V_j}{\sum_{i=1}^n B_1}$$





汽车渡船夜航安全性综合评价

3. 二级模糊综合评价

多层次模糊综合评价模型的每一层次评价结果均是由上一层评价的输入，由二级综合评价结果可得出总评价矩阵B。

$$B = W \circ (B_1, B_2, B_3, B_4)^T$$

式中：W 为第一次指标的权重，二级综合评价结果所得向量 B_i 。

4. 反模糊

由于上面求出的二级综合评价结果只是一个模糊向量，即评估对象隶属于各个等级的隶属度向量，不够直观，需要进行反模糊化确定最终的评估结果。

本文采用加权平均法（重心法）对评价结果进行反模糊化，因为该方法能考虑到各个指标因素的影响力。将计算结果V与本文中3.3中建立的评价集相对应，即可得出某一汽车轮渡夜航情况的评价结果V。

$$V = \frac{\sum_{j=i}^n B_i \times V_j}{\sum_{i=1}^n B_i}$$





展望

根据第二节的分析，汽车渡船夜航的风险状态是各个因素的不同状态决定的，因此风险因子的权重分配对评价结果的科学性和准确性有着决定性的影响。那么，客观合理的权重计算方式，是利用模糊层次分析法的重要步骤。

本文选择的是层次分析法，因为该方法已经非常成熟，并具有专业的计算软件为支撑，目前可应用于各个领域来计算一个有众多因素的综合系统的指标权重。但该方法的缺点是决策结果具有较大的主观随意性。根据我最近的学习，在权重计算方法上，国内很多学者使用**熵权法**来计算权重，该方法是一种**客观赋权法**，它根据各指标的变异程度，利用信息熵计算出各指标权重，再通过熵权对各指标的权重进行修正，从而得到较为客观的指标权重。但熵权法摒弃了对权重主观性的影响，确定的权重有时会与实际相悖，不能反映出评价者的意愿。





展望

二、熵权法计算客观权重

熵权法是一种客观的赋权方法，可运用多个指标对多个被评价对象进行评价。其计算权重的步骤一共有四步：

(1) 形成原始数据矩阵

设现有被评价对象 $M = (M_1, M_2, \dots, M_m)$ ，评价指标 $D = (D_1, D_2, \dots, D_n)$ ，被评价对象 M_i 对指标 D_j 的值记为 X_{ij} ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$)，则形成原始数据矩阵为：

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{pmatrix}$$

其中， X_{ij} 为第 j 个指标下的第 i 各被评价对象的值。

(2) 对原始矩阵进行归一化处理（无量纲化处理）

越大越优型指标：
$$V_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$





展望

- (3) 计算第j项指标下，第i个评价对象的**特征比重**
记第j项指标下，第i个评价对象的特征比重为 p_{ij} ，则：

$$p_{ij} = V_{ij} / \sum_{i=1}^m V_{ij}$$

由于 $0 \leq V_{ij} \leq 1$ ，因此 $0 \leq p_{ij} \leq 1$ 。

- (4) 计算指标熵值和差异系数

$$e_j = -1 / \ln(m) \sum_{i=1}^m p_{ij} \cdot \ln p_{ij}$$

从**熵值**的计算公式可以看出，对于某一项指标 D_j ，其 V_{ij} 的差异越大， e_{ij} 越小，即各被评价对象第j项指标的差异越大，表明该项指标反映的信息量越大，其熵值就越小。而当**熵值 e_j 偏大**时，则表明该项指标提供的**信息量很小**。因此 $d_j = 1 - e_j$ 来度量指标 D_j 的权， d_j 称为第j项指标的**差异系数**。 D_j 越大，该指标提供的信息量越大，越应给予较大的指标权重。

- (5) 确定个指标的**熵权**（权重）

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j$$





展望

为了能够合理客观的反映各指标的风险值，可以利用层次分析法和熵权法各自的优势，在充分尊重专家经验的基础上，最大限度的削弱权重确定的主观性，使综合权重能体现出风险因素信息变化对汽车渡船夜航风险的影响。计算综合权重的确定步骤如下：

(1) 建立评估对象的评价指标体系，并邀请专家对各个指标进行打分评价，得到各因素的隶属矩阵 R_i ；

$$R_i = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

(2) 利用层次分析法，采用现行成熟的层次分析法软件Yaahp来计算权重。通过构建层次模型及判断矩阵，计算得出各判断矩阵各个指标的权重、排序及最大特征值，并通过计算检验了其一致性。算出主观权重 γ 。

(3) 利用MATLAB或者Excel计算各个指标的熵权，客观权重 β 。

(4) 计算综合权重 $\omega = \alpha\beta + (1 - \alpha)\gamma$ 。 α 为经验因子，当 α 越接近1，表示评估者越重视客观权重； α 越接近0，表示评估者越相信专家的意见。





汇报完毕
汇报完毕

感谢各位老师！

