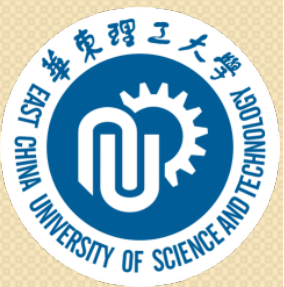


# 第六章 系统设计与评价



# 系统的设计

**系统设计是拟定能满足预定目标的系统的过程。在霍尔三维结构的**时间维**上，从方案探索、方案论证确认到实际系统的全面开发都需要有不同深度的系统设计。在**逻辑维**上，系统的综合步骤中就包含有方案的轮廓设想和系统的概略设计，系统的建模优化与方案的评价有关，但也是系统设计的重要手段；而系统的实施更是以系统的全面设计为前提的。可以说，由于系统工程是一个反复迭代的过程，**系统设计包含于系统工程的全过程。****



# 系统的设计的任务及原则

**系统设计是在系统分析的基础上进行的。**

**系统分析为系统设计提供的成果:(1)新改建系统的可行性分析; (2) 系统目标和约束的确定; (3) 系统的框架结构及评价基础; (4) 以及相应的系统方案等。**

**系统设计的任务是充分利用和发挥系统分析的成果并把这些成果具体化和结构化。**



# 系统的设计的任务及原则

**系统方案的生成分显式和隐式两种。**

**显式：决策人或系统分析人员直接提出各种可能方案；如：战略表格法、头脑风暴等。**

**隐式：由决策者或系统分析人员确定约束条件，然后利用数学工具求解模型得到方案。如概率分析法、工程设计法等等。**



# 头脑风暴

最早是精神病理学上的用语，指精神病患者的精神错乱状态而言的，现在转而为无限制的自由联想和讨论，其目的在于产生新观念或激发创新设想。是由美国创造学家奥斯本于1939年提出的一种激发性思维的方法。

由于会议使用了没有拘束的规则，人们就能够更自由地思考，进入思想的新区域，从而产生很多的新观点和问题解决方法。当参加者有了新观点和想法时，他们就大声说出来，然后在他人提出的观点之上建立新观点。所有的观点被记录下但不进行批评。只有头脑风暴会议结束的时候，才对这些观点和想法进行评估。头脑风暴的特点是让参会者敞开思想使各种设想在相互碰撞中激起脑海的创造性风暴，其可分为直接头脑风暴和质疑头脑风暴法，前者是在专家群体决策基础上尽可能激发创造性，产生尽可能多的设想的方法，后者则是对前者提出的设想，方案逐一质疑，发现其现实可行性的方法，这是一种集体开发创造性思维的方法。



# 系统的设计的任务及原则

## 系统设计的任务：

用系统思想综合应用各学科的知识、技术和经验，通过总体规划和详细设计等环节，落实到具体的工程上，以创造满足设计目标的人造系统。



# 系统的设计的任务及原则

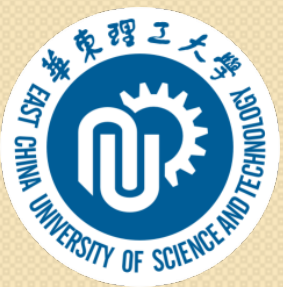
## 系统设计的原则：

- ((1)) 追求整体最优**
- ((2)) 主导事件为重**
- ((3)) 信息分类要适应决策需要**
- ((4)) 综合多种知识和技术**



# 系统的设计的程序与步骤

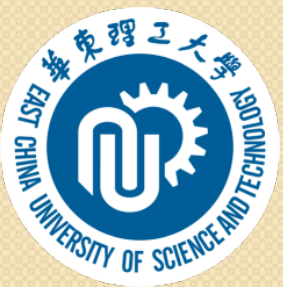
系统设计程序是有效设计的行动步骤，在阐明设计程序之前，要明确一下系统设计与一般传统设计的区别。系统设计比一般的传统设计多加了一个系统工程过程，就是**目标-功能-结构-效益**的多次分析与综合，以产生最优方案的过程。





# 系统的设计的程序与步骤

- ((1)) 设计方针和设计方法的确定**
- ((2)) 分析与综合的探讨**
- ((3)) 设计数据的收集与加工**
- ((4)) 分系统设计与评价**
- ((5)) 总系统设计与评价**
- ((6)) 实现方法的设计与评价**
- ((7)) 系统综合评价**



# 设计的方针和方法的给定

**((1))系统设计要搞多方案;**

**((2))要应用创造性技术;**

**((3))关于方案数, 3-7个左右为好。**



# 寻求方案的策略

## **((1))按次序划分的策略：**

**((1))线性策略； (2) 循环策略。**

## **((2))按行动方向划分的策略：**

**((1))从外向里； (2) 从里向外。**



# 寻求方案的策略

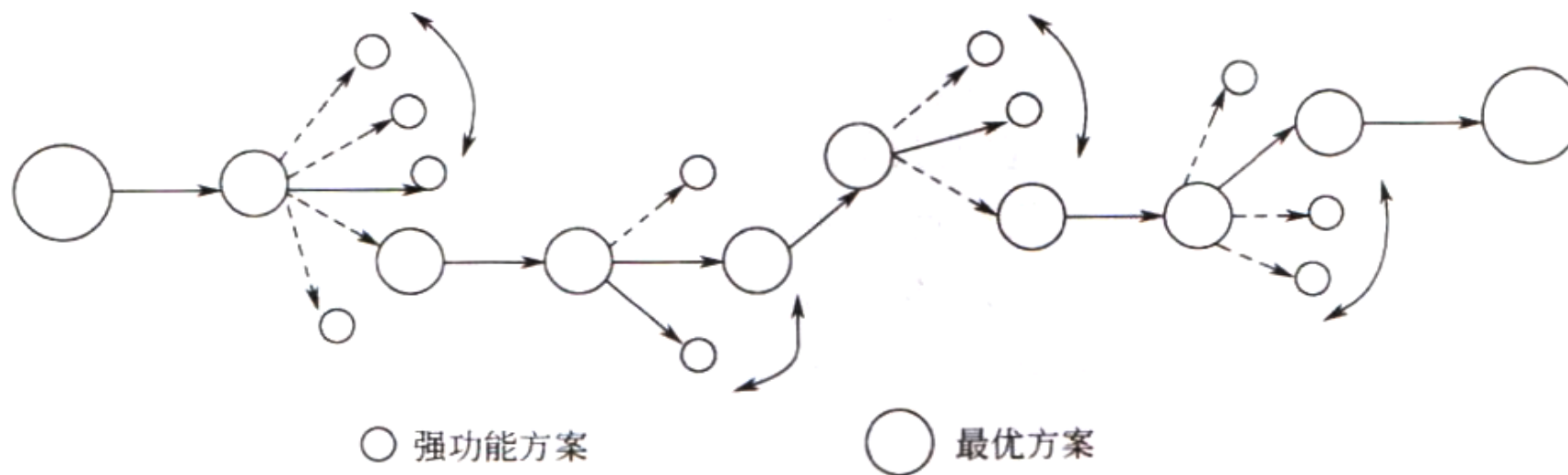


图 7-1 单级完善寻找策略示意图

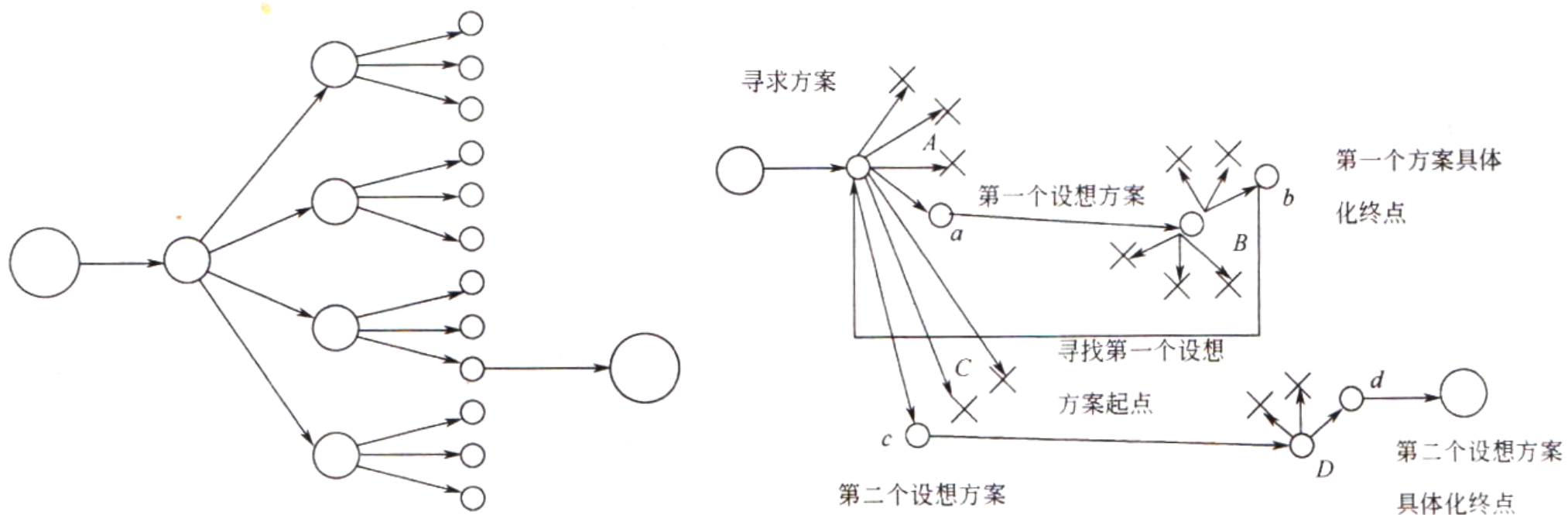


图 7-2 多级完善寻找策略示意图

# 寻求方案的策略

**((1))按次序划分的策略：**

**((1))线性策略； (2) 循环策略。**

**((2))按行动方向划分的策略：**

**((1))从外向里； (2) 从里向外。**



# 综合与分析

**综合是一个创造性的过程。**

**哲学方面，为了构成较为完整的观点或体系，将各部分或各种因素结合在一起，叫做综合。**

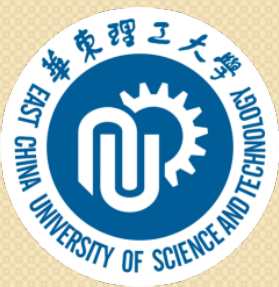
**系统综合是系统工程学科的核心内容，指的是按照规定的系统特性，寻求所需的系统结构及其各子系统的性能，并使系统按照规定的目标进行最优组合。在新建工厂时，系统综合可以用于从众多的可行方案中选择最优流程。**



# 综合与分析

**系统分析指的是：对于系统结构及其各子系统均已给定的现有系统进行分析，即建立各子系统的数学模型，按照给定的系统结构进行整个系统的数学模拟，预测在不同的条件下系统的特性和行为，借以发现其薄弱环节并给以改进。**

**系统综合需要以系统分析为基础，同时在综合过程中又可对系统分析提出新的要求。系统设计是分析和综合交替过程的整体。**



# 综合与分析

在综合过程中，分析可以从几方面入手：

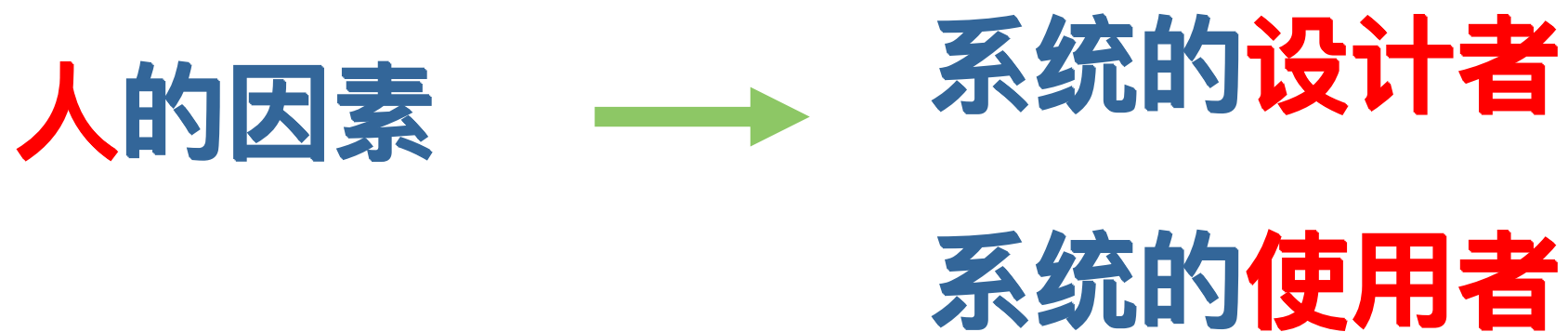
- (1) 方案的整体性；
- (2) 过程分析，重点是方案的完整性；
- (3) 环境分析；
- (4) 安全性和可靠性；

等等



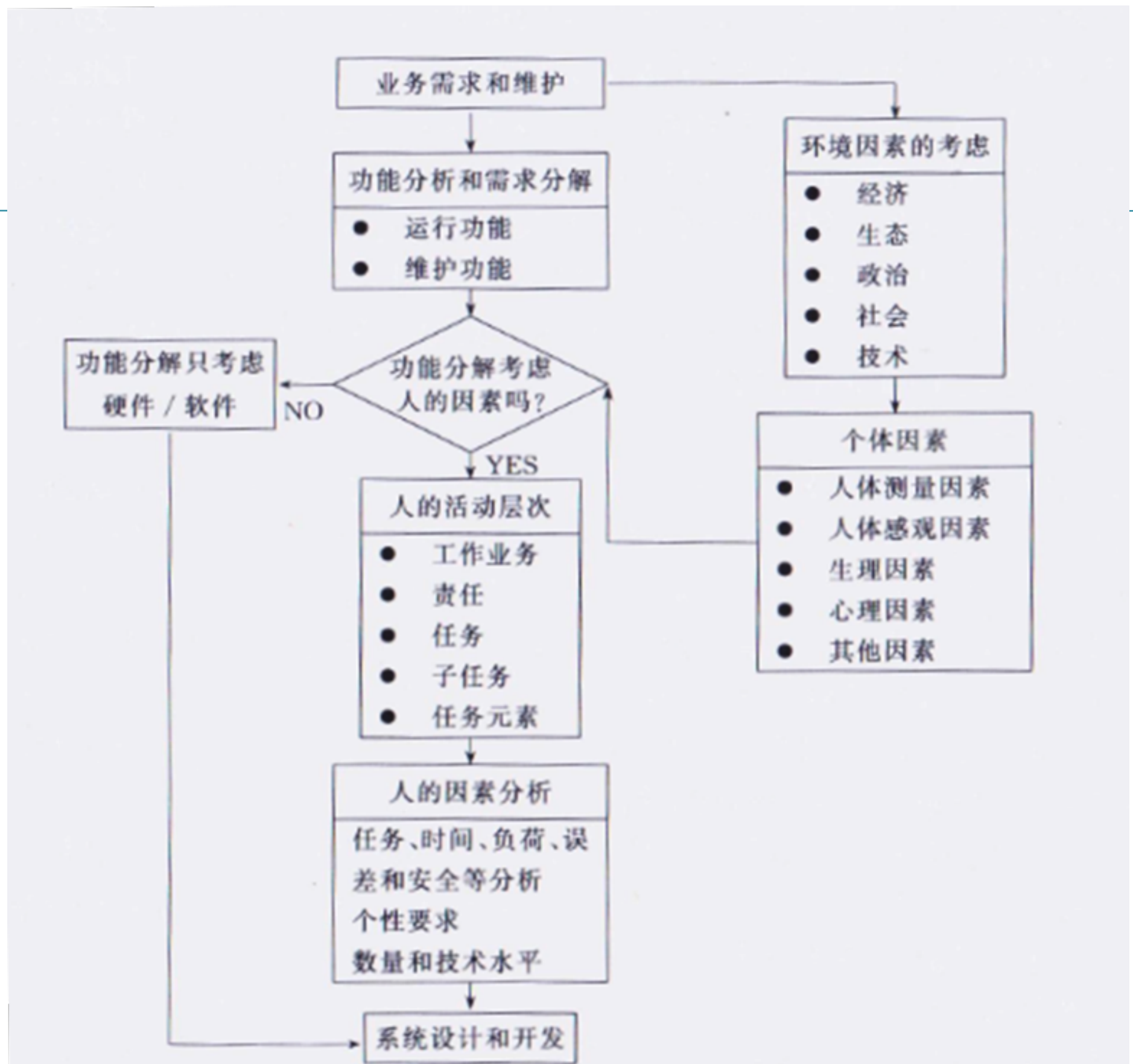


# 系统设计中人的因素

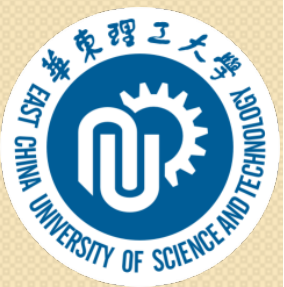


通过设计达到系统中的人与硬件、软件、设备、数据和其它元素之间的合理统一。





# 系 统 评 价



# 系统的评价与决策

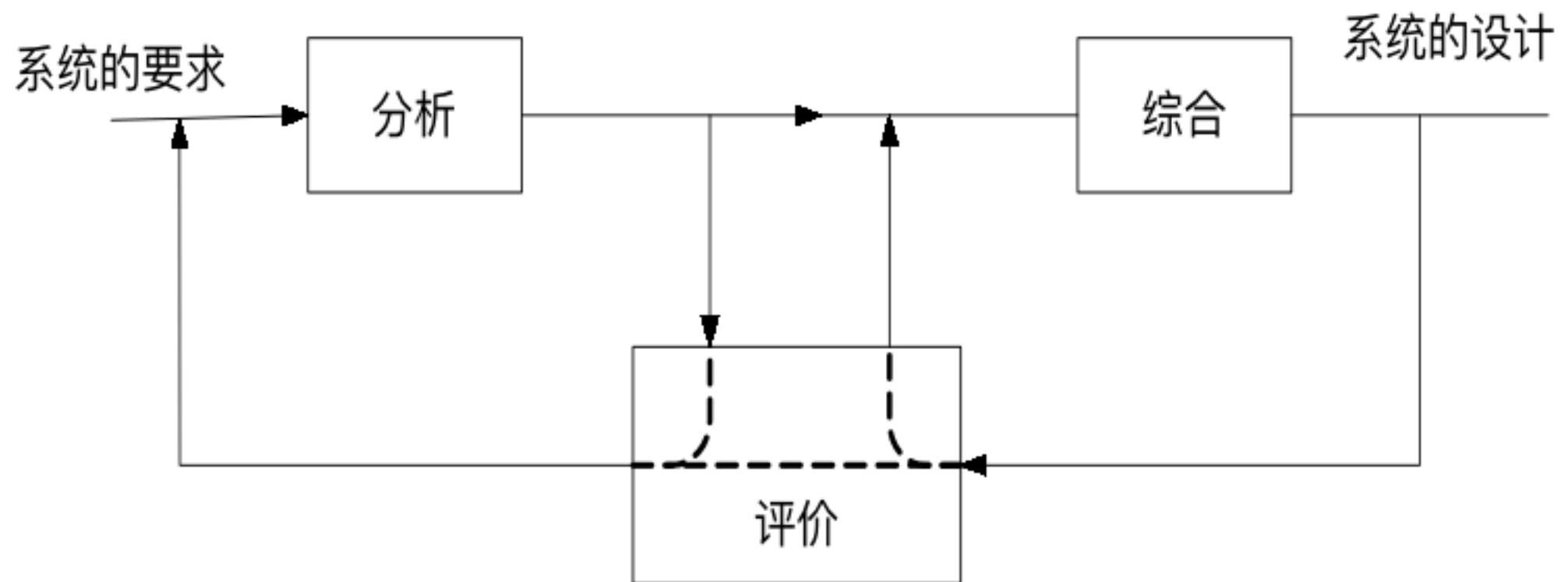
**系统评价**——对系统开发提供的各种可行方案，从社会、政治、经济、技术的观点予以综合考察，全面权衡利弊得失，从而为系统决策选择最优方案提供科学的依据。

**具体地说：**就是根据预定的系统目的，利用系统模型和资料，根据技术、经济、环境等方面的客观要求，从系统整体出发，分析对比各种方案，全面权衡利弊得失，最后选出技术上先进、经济上合理的最优方案的过程。

**系统评价——评定系统可行方案的价值**



# 系统的评价与决策



评价、分析和综合的关系

# 系统评价——评价的复杂性

系统的价值是一个综合的概念，指的是系统的效果或目标能达到的程度。一般有如下两方面的特点：

**一是相对性。**这是由于系统总是存在于一定的环境条件下，**而价值概念也只有在一一定的条件下才有意义，也就是说价值都是相对的。**评价主体（人或集体）在评价时的立场、观点、环境、目的等均有所不同，对价值的认识和估计也就会持一定的态度和观点，并且会随着时间的推移而发生变化。

**二是可分性。**系统价值包括许多组成要素（或称价值要素），它们共同决定着系统的总价值。因此，在系统评价时，往往需要对系统的价值进行多个方面的衡量与评价，对系统的价值作出合理有效地划分。



# 系统评价——评价的复杂性

对于复杂的大系统，其评价往往更加复杂。一般情况下，指标和方案越多，评价问题就越复杂。

另外，由于对系统的评价以及指标的选择都是由人来的完成的，因此人的价值观在系统评价中具有重要的影响。由于评价主体有不同的观点、立场和标准，因此对同一个问题，不同的评价者可得出不同的结论。





# 系统评价—评价的复杂性

**总的说来，系统评价工作主要存在以下几方面的困难：**

- 1) 由于系统的结构各不同，目的不同，因此评价的因素与方法也不可能相同，这给系统的评价带来了很大的困难。**
- 2) 要评价一个系统或某一方案的优劣，要从很多利弊的评价因素综合考虑，评价因素怎样选择又直接关系到系统评价的结果。**
- 3) 一旦确定了系统的评价因素之后，由于许多评价因素是无法进行定量分析的，怎样把一些定性的因素与定量的因素统一到同一个评价的尺度上，这是系统评价成功的关键。**
- 4) 不同的方案可能各有所长，难以取舍，且指标越多，问题就越复杂，方案也就越难定夺。**





# 系统评价——评价的复杂性

**解决方案——系统的评价需要紧紧抓住以下两个方面**

## 1) 正确、合理地选择评价因素

衡量一个系统或者一个可行方案的优劣要有一组评价标准，而评价标准要以评价指标作为基准。常用的指标有：投资费用、效益成本、投资收益率、返本期、公害等等。系统的评价指标虽然很多，但基本上是按照**性能、费用、时间**三大类来考虑。

在选择评价指标时，不一定要把所有的指标因素都考虑进去，而应该把一些**主要的、最能反映一个系统或一个方案优劣的指标**选择进去，把一些与系统或方案的优劣关系不大的，或无关紧要的指标因素剔除出去。

**系统评价的主要指标与次要指标是根据系统的目的而定。**



# 系统评价——评价的复杂性

## 2) 系统评价指标的“价值”化

系统评价指标确定后，对各评价指标要统一在同一的评价尺度上，这就是系统评价指标的“价值”化。

- ▶ 在众多的评价指标中，有些指标只能定性地描述
- ▶ 有些评价指标可以用数量来定量化描述，但由于单位不一致，也不能准确地评定一个系统或一个方案的优劣。

对一个系统或一个方案进行评价时，要把各评价指标统一到同一标准尺度上，然后才能进行互相比较，特别是一些定性分析的评价指标，这一点尤为重要。

**解决方法**——这就要利用“价值”的概念，也就是把各评价指标对整个系统的“价值”——评定出来



# 系统评价—评价的分类

## 1. 按评价项目分为：

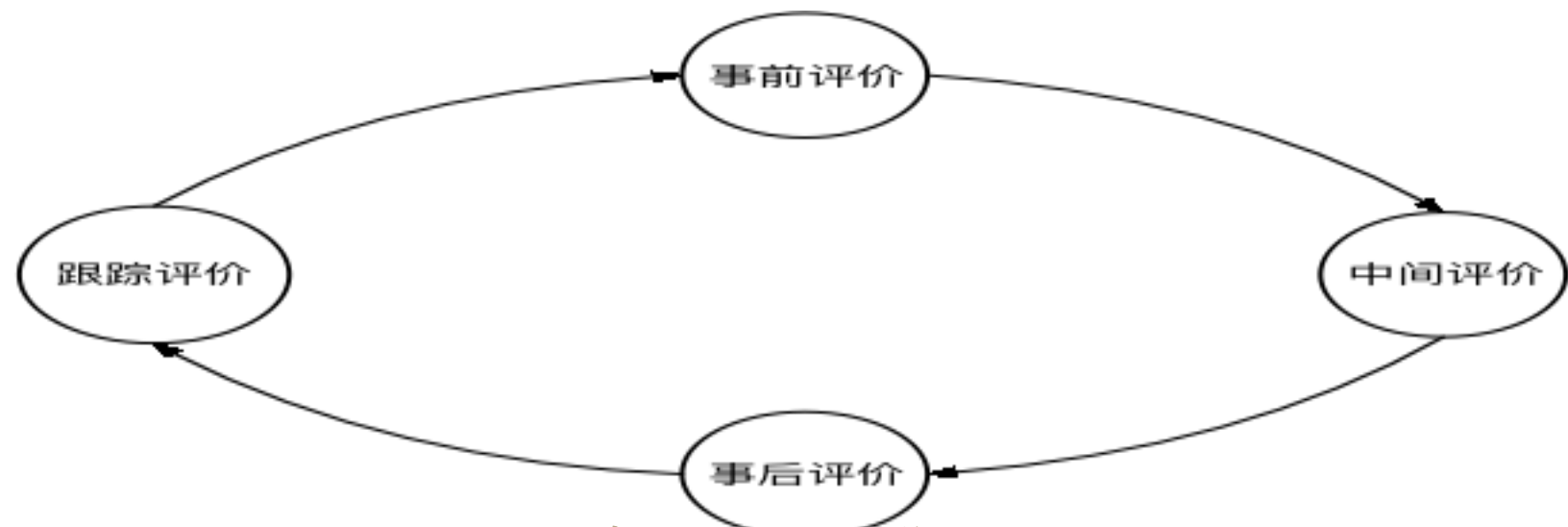
- ✓ **目标评价**。确定系统的目标后，要进行目标评价确定目标是否合理。
- ✓ **方案评价**。制定决策方案之后，要进行方案评价最优方案。
- ✓ **设计评价**。
- ✓ **计划评价**。
- ✓ **规划评价**。



# 系统评价—评价的分类

## 2. 按评价的时间顺序：

- ✓ **事前评价**，系统开发之前进行的评价
- ✓ **中间评价**，开发过程中进行的评价
- ✓ **事后评价**，开发完成之后进行的评价
- ✓ **跟踪评价**，开发过程及效果的实时评价



# 系统评价—评价的分类

## 3. 按内容分为

- ✓ **技术评价**，能否实现所需的功能及实现程度。
- ✓ **经济评价**，是以成本为代表的经济可行性分析。
- ✓ **社会评价**，是针对系统给社会带来的利益或影响而进行的评价。
- ✓ **综合评价**。是在上述三个方面评价的基础上对系统方案价值的大小所做的综合评定。

开发的系统规模越大，越复杂，就越要把评价的重点集中到减少系统的风险性上来。



# 计划评价

**计划评价**可以说是一种**事前评价**，通过这种评价选定理想的代替方案，制订出切实可行的计划，将对以后系统的最终运行起着重要作用。

另外，也可以通过对系统研制的事前评价考虑各种可能导致系统失败的因素，即设想的缺陷，并探讨系统的评价及采取的对策。



# 系统规划评价

**系统规划是系统工程管理过程中一个要素，是决定系统大局的必要阶段。对它的评价必须慎重，只有评价很好才能充分发挥系统工程学的作用。**

**系统设计是系统工程管理的核心问题，主要是评价系统的特性（有效性的评价），考察系统设计适合目标的情况。**





# 系统评价—系统评价与决策

## 系统评价与系统决策至少有两点区别：

**第一，系统评价是一项技术工作，是由分析者即系统工程人员承担的；而系统决策则是领导工作，是领导者在系统工程人员的辅助下完成的；**

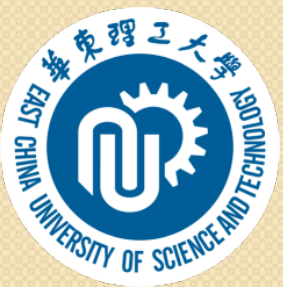
**第二，系统评价是系统决策的主要依据，但是重大问题的决策往往还有其它因素（如政治）在起作用，这些因素往往难以纳入系统工程人员的评价工作之中。**





# 系统评价的步骤

1. 对各个评价方案做出简要说明，使方案的特点清晰明了，便于评价人员掌握；
2. 确定由所有单项和大类指标组成的评价指标体系；
3. 确定各大类及单项评价指标的权重，并从整体上调整；
4. 进行单项评价，查明各项评价指标的实现程度；
5. 进行综合评价，综合各大类指标的价值和系统整体价值。



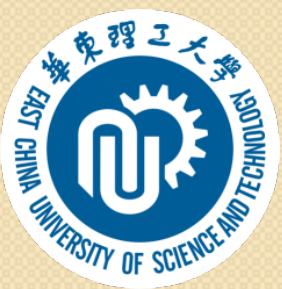
# 系统评价—评价指标体系的设计

系统评价的指标体系是由若干个单项评价指标所组成的整体，它反映了系统所要解决问题的各项目标要求。指标体系要实际、完整、合理、科学，并基本上能为有关人员和部门所接受。指标体系通常可考虑如下方面：

**1. 政策性指标。**包括政府的方针、政策、法令、法律及发展规划等方面的要求，它对国防或国计民生方面的重大项目或大型系统尤为重要。

**2. 技术性指标。**包括产品的性能、寿命、可靠性、安全性等，工程项目的地质条件、设备、设施、建筑物、运输等技术指标要求。

**3. 经济性指标。**包括方案成本、利润和税金、投资额、流动资金占有量、回收期、建设周期等。



# 系统评价—评价指标体系的设计

**4. 社会性指标。**包括社会福利、社会节约、综合发展、就业机会、污染、生态环境等。

**5. 资源性指标。**包括人、财、物等资源的保证程度。如工程项目中的物质、人力、能源、水源、土地条件等。

**6. 时间性指标。**如工程进度、时间节约、试制周期等。

以上6个方面是一般所要考虑的大类指标，每一个指标又可包含许多小类指标，在具体条件下，可以有所**选择和增减**甚至不予考虑。

**评价指标体系的组成是随具体问题而异的**，不同的系统，其组成的指标因素是大不一样的。



# 系统评价—评价指标体系的设计

设计指标体系时，需要注意的几个问题：

- (1) 指标大类和数量问题；
- (2) 指标间的关系；
- (3) 指标体系的提出和确定问题；
- (4) 评价体系的可操作性。

一旦建立了系统的评价体系，就转入评价方法的选择，即根据一些与决策者行为相关的标准，采用相应的评价技术和方法进行评价。



# 系统评价—确定评价的原则

**(1) 科学性原则：**应能真实而科学地反映被评价对象的综合情况，全面特点，并注意评价标准的规范化；同时所采集的信息要可靠、准确，评价所用的方法要科学化、程序化；信息的管理要集中化、系统化。

**(2) 客观性原则：**应尽量避免由于评价实施者的个人倾向或偏见造成评价结果的主观随意性。一方面系统性能的测定和判断应有比较客观的标准，注意评价标准的可测性，尽量采用量化的标准；另一方面，评价过程的组织要公正公开，注意评价实施者的客观代表性。



# 系统评价—确定评价体系的原则

**(3) 可比性原则：**应在类似的条件或基础上进行比较。

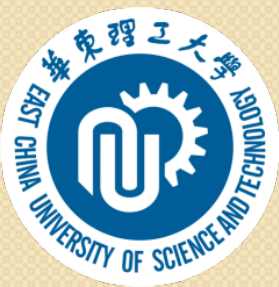
**(4) 有效性原则：**对于复杂的系统评价，十分费力，在评价时要力争用最少费用取得尽可能好的结果。

**(5) 动态性原则：**一是评价的对象属性是动态的，不能用静止的观点来考察它，也要评价其发展潜力和趋势；二是评价的指标是动态的。



# 系统评价—指标设定

- (1) 指标之间应尽可能避免显见的包含关系，对隐含的相关关系要在模型中以适当的方法消除。
- (2) 指标的选择要保持同趋势化，以保证可比性。
- (3) 指标设计要有重点。重要方面指标可放置密些、细些；次要方面指标可放置的稀些、粗些，以简化工作。
- (4) 指标要有层次性。为衡量方案的效果和确定指标的权重提供方便。





# 评价指标的数量化方法

常用的系统评价指标数量化方法主要有：**排队打分法、体操计分法、专家评分法、两两比较法、连环比率法等。**

**排队打分法** 如果指标（例如汽车的时速、油耗，工厂的产值、利润、能耗等等）已有明确的数量表示，就可以采用排队打分法。

设有 $m$ 种方案，则可采取 $m$ 级记分制：最优者记 $m$ 分，最劣者记1分，中间各方案可以等步长记分（步长为1分），也可以不等步长记分，灵活掌握；或者各项指标均采用10分制，最优者满分为10分。





# 评价指标的数量化方法

**体操评分法** 体育比赛中许多计分方法也可以用到系统评价工作中来。**例如，体操计分法**是请6位裁判员各自独立地对表演者按10分制评分，然后舍去最高分和最低分，将中间的4个分数取平均，就得到表演者最后的得分数。

**专家评分法** 这是以具有各种专业知识的专家学者的主管判断为基础的评价方法，通常以分数、指数、序数等作为评价的标值。首先专家分别对各个具体的指标评分或排序，然后再通过其他技术方法处理，并作出总的评价。专家评价法可分为基数法和序数法两种。

**基数法：**根据指标体系为各对象赋值时，这些数的大小不仅表示方案的优劣，还表示优劣的程度。**序数法：**实质是排序，根据指标体系为各对象定值打分时，也只用这些值的大小来反映优劣次序，而不反映优劣程度。



# 评价指标的数量化方法

**两两比较法** 这也是一种感觉（经验）评分法。它是将方案两两比较而打分，然后对每一方案的得分求和，并进行百分化等处理。打分时可以采用0~1打分法，0~4打分法或多比例打分法等等。

## 1. 0~1打分法

设有 $n$ 种方案，我们排成一个方阵，

当方案 $i$ 比 $j$ 优时；  $a_{ij}=1$ ，

当方案 $i$ 比 $j$ 劣时；  $a_{ij}=0$ ，

若第 $i$ 方案与第 $j$ 方案相当，分不出优劣时，则令 $a_{ij}=a_{ji}=0.5$ 。

当方案 $i=j$ 时空白

$a_{ij}$ 总是表示第 $i$ 方案得到的分数。



# 评价指标的数量化方法

## 2. 0~4打分法 这种打分法比0~1打分法来得细一些。

当两个方案*i*与*j*同等优越时，令 $a_{ij} = a_{ji} = 2$ ；

当方案*i*比*j*稍微优越时，令 $a_{ij} = 3$ ， $a_{ji} = 1$ ；

当方案*i*比*j*显著优越时，令 $a_{ij} = 4$ ， $a_{ji} = 0$ 。

## 3. 多比例打分法 0~4打分法可以看成是一种比例打分法，两个方案的得分分别是如下比例：4：0，3：1，2：2，两者得分之和为4。

在多比例打分法中，两者得分之和为1，其比例可为：1：0，0.9：0.1，0.8：0.2，0.7：0.3，0.6：0.4，0.5：0.5，这样的分档就更细了。



# 评价指标的数量化方法

**连环比率法** 连环比率法是一种确定得分系数或加权系数的方法，用表来说明。

方案	暂定分数	修正分数 $f_i$	得分系数 $f_j$
$A_1$	2.0	4.5	0.33
$A_2$	0.5	2.25	0.16
$A_3$	3.0	4.50	0.33
$A_4$	1.5	1.50	0.11
$A_5$	1.0	1.00	0.07
$\Sigma$		13.75	1.00

此方法可分成以下三个步骤进行：

**1) 填写暂定分数列（由上而下）**——对比 $A_1$ 与 $A_2$ ，设 $A_1$ 的优越性是 $A_2$ 的两倍，则对应于 $A_1$ 填写2.0；对比 $A_2$ 与 $A_3$ ，设 $A_2$ 的优越性仅为 $A_3$ 的一半，则对应于 $A_2$ 填写0.5；类似地，对应于 $A_3$ 与 $A_4$ 填写3.0与1.5；最后 $A_5$ 填写1.0。



# 评价指标的数量化方法

## 2) 填写修正分数列 (由下而上)

取 $A_5$ 为基础值，其修正分数为1.00；用1.00乘以 $A_4$ 的暂定分数1.5，得到 $A_4$ 的修正分数为1.50；用1.50乘以 $A_3$ 的暂定分数3.0，得到 $A_3$ 的修正分数为4.50；类似地得到 $A_2$ 与 $A_1$ 的修正分数为2.25与4.50。

方案	暂定分数	修正分数 $f_i$	得分系数 $f_j$
$A_1$	2.0	4.5	0.33
$A_2$	0.5	2.25	0.16
$A_3$	3.0	4.50	0.33
$A_4$	1.5	1.50	0.11
$A_5$	1.0	1.00	0.07
$\Sigma$		13.75	1.00

## 3) 计算得分系数 $f_i$

$$f_i = \frac{A_i \text{的修正分数}}{\sum_i (A_i \text{的修正分数})}$$

用连环比率法确定权系数时，只需要把“优越性”的比较换为“重要性”的比较即可。



# 评价指标综合—加权平均法

将各评价指标数量化，得到各个可行方案的所有评价指标的无量纲的统一得分以后，采用下述各种方法进行指标的综合，就可以得到每一方案的综合评价值，再根据综合评价值的高低就能排出方案的优劣顺序。

## 加权平均法

加权平均法是指标综合的基本方法。它具有两种形式，分别称为**加法规则与乘法规则**。

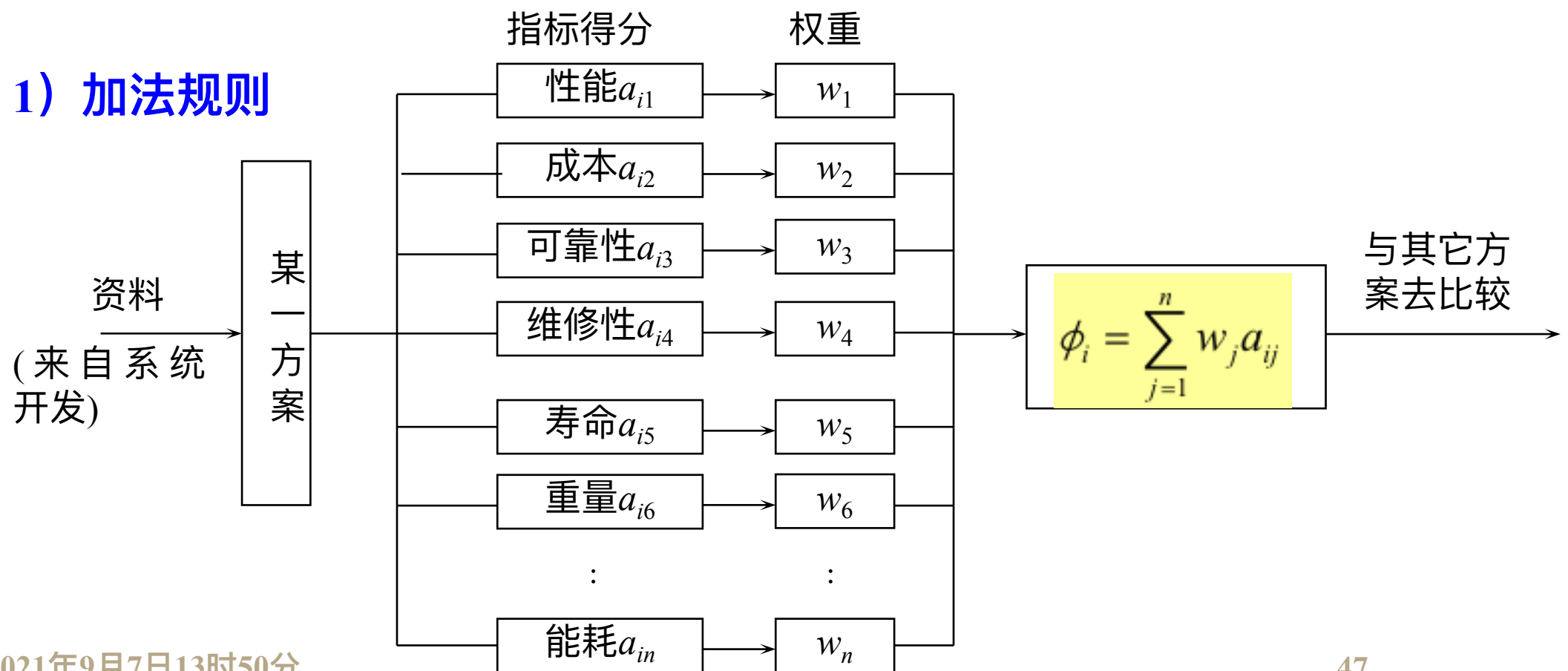
设方案 $A_i$ 的指标因素 $F_j$ 的得分（或得分系数 $f_j$ ）为 $a_{ij}$ ，将 $a_{ij}$ 排列成评价矩阵，如表所示。



# 评价指标综合—加权平均法

指标因素		$F_1$ $F_2$ ... $F_n$	综合评价值 $\phi_i$
权重 $w_j$		$w_1$ $w_2$ ... $w_n$	
方 案 $A_i$	$A_1$	$a_{11}$ $a_{12}$ ... $a_{1n}$	
	$A_j$	$a_{21}$ $a_{22}$ ... $a_{2n}$	
	$\vdots$	$\vdots$ $\vdots$ ... $\vdots$	
	$A_m$	$a_{m1}$ $a_{m2}$ ... $a_{mn}$	

## 1) 加法规则





# 评价指标综合—加权平均法

乘法规则采用下列公式计算各个方案的综合评价值 $\phi_i$ :

$$\phi_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{w_j}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\lg \phi_i = \sum_{j=1}^n w_j \lg a_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

其中 $a_{ij}$ 为方案 $i$ 的第 $j$ 项指标的得分， $w_j$ 为第 $j$ 项指标的权

乘法规则与加法规则的区别：

乘法规则使用的场合要求各项指标尽可能取得较好的水平，才能使总的评价值相同。它不允许哪一项指标处于最低水平上。

在加法规则式中，各项指标的得分可以线性地互相补偿。一项指标的得分比较低，其它指标的得分都比较高，总的评价值仍然比较高。

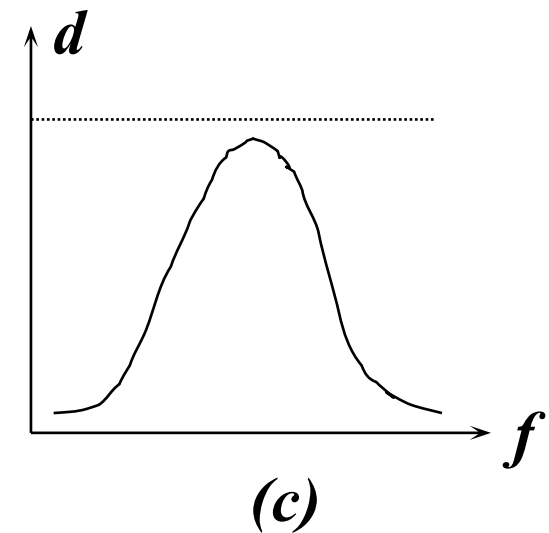
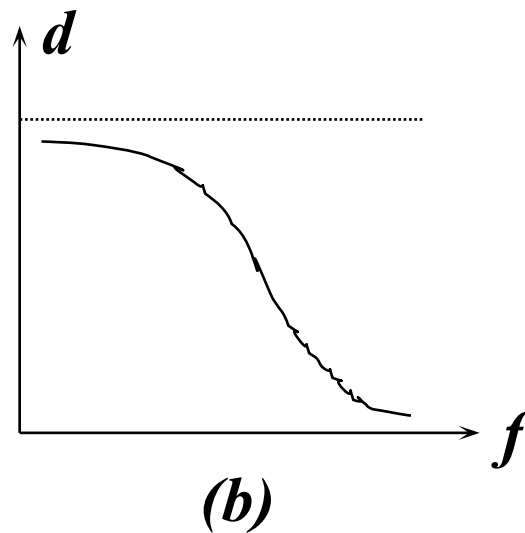
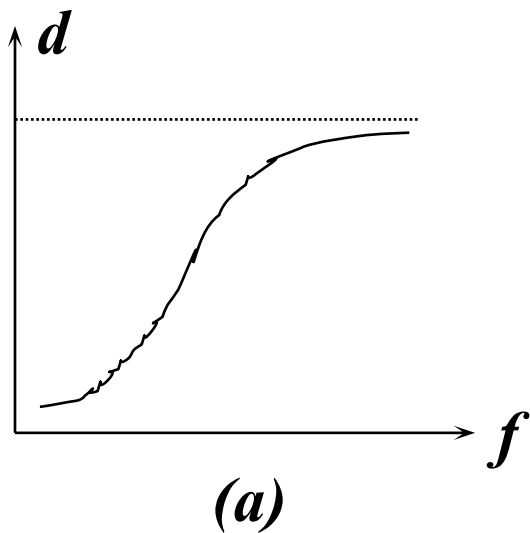




# 评价指标综合—功率系数法

设系统具有 $n$ 项评价指标 $f_1(x)$ ,  $f_2(x)$ , ...,  $f_n(x)$ , 其中 $k_1$ 项越大越好,  $k_2$ 项越小越好, 其余  $(n - k_1 - k_2)$  项要求适中。

现在分别为这些指标赋以一定的功效系数 $d_i$ ,  $0 \leq d_i \leq 1$ , 其中 $d_i=0$ 表示最不满意,  $d_i=1$ 表示最满意; 一般地,  $d_i=\varphi_i(x)$ , 对于不同的要求, 函数 $\varphi_i(x)$ 有着不同的形式, 如图所示。



# 评价指标综合-功率系数法

把 $f_i(x)$  转化为 $d_i$ 后, 用一个总的功效系数

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdots d_n}$$

作为单一评价指标, 希望 $D$ 越大越好 ( $0 \leq D \leq 1$ ),  $D$ 的综合性很强, 例如当某项指标 $d_k$ 很不满意时,  $d_k=0$ , 则 $D=0$ 。如果各项指标都令人满意,  $d_i \approx 1$ , 则 $D \approx 1$ 。

加权平均法中乘法法则的特例:  $w_1 = w_2 = \dots = w_n = 1/n$ ——功率系数法



# 评价指标综合-主次兼顾法

设系统具有 $n$ 项指标 $f_1(x)$ ,  $f_2(x)$ , ...,  $f_n(x)$ ,  $x \in R$ , 如果其中某一项最为重要, 设为 $f_1(x)$ , 希望它取最小值, 则可以让其它指标在一定约束范围内变化, 来求 $f_1(x)$ 的极小值, 也就是说, 将问题化为单指标的数学规划:

$$\min f_1(x), x \in R$$

$$R = \{x \mid f_{i,\min} \leq f_i(x) \leq f_{i,\max}, i=2, 3, \dots, n, x \in R\}$$

**例如**一个化工厂, 要求产品成本低, 质量好, 同时还要求污染少。如果降低成本是当务之急, 则可以让质量指标和污染指标满足一定的约束条件而求成本的极小值; 如果控制污染、保护环境是当务之急, 则可以让成本指标和质量指标满足一定的约束条件而求污染的极小值等等。



# 评价指标综合-效益成本法

在系统评价中，所有的评价指标总可以划分为两类：一类是效益，一类是成本。前者是我们实现方案后能够获得的结果，后者是为了实现方案必须支付的投资。将每个方案的效益与成本分别计算后，再比较其他效益/成本，就可以评价方案的优劣，显然，效益/成本愈大，方案愈好。

**例** 某厂为了扩大生产，准备新建厂房，为此提出三个方案，已知建成后发挥效益的时间是10年，对三个方案进行评价。

对三个方案进行比较后发现他们各有优缺点。为了便于进一步判断，应把目标适当集中。由于在系统评价中最关心的是成本和效益两大类，因此应该首先集中注意此两类指标。已知建成后发挥效益的时间是10年，则可计算出三个方案的10年总利润及全部投资额。



# 评价指标综合-效益成本法

建厂方案指标比较

序号	指 标	单位	第一方案	第二方案	第三方案
1	造价	万元	100	86	75
2	建成年限	年	5	4	3
3	建成后需流动资金	万元	45.8	33.3	38.5
4	建成后发挥效益时间	年	10	10	10
5	年产值	万元	260	196	220
6	产值利润率	%	12	15	12.5
7	环境污染程度		稍重	最轻	轻

各方案投资利润率比较

指 标	单位	第一方案	第二方案	第三方案
总利润率	万元	312	294	275
全部投资额	万元	145.8	119.3	113.5
利润高于投资的余额	万元	166.2	174.7	161.5
投资利润率	%	214	246	242



# 评价指标综合-分层系列法

**分层系列法-又称指标分层法。**其基本思想是把多指标评价问题化为一串单指标评价问题来处理。

**其主要作法是**，把指标按其重要程度排好顺序，重要的排在前面，然后依顺序求其最优。如设指标已排成 $f_1(x)$ ,  $f_2(x)$ , ...,  $f_m(x)$ ，然后对第一个指标求最优，找出所有最优解的集合，用 $R_1$ 表示；再在 $R_1$ 内求第二个指标的最优解，把这时最优解集合用 $R_2$ 表示，...，如此继续一直这样做下去，直到求出第 $m$ 个指标的最优解为止。最后得到的结果对所有指标都是最优的。



# 模糊综合评价方法





# 模糊综合评价方法

现实世界中有很多事物之间的关系是模糊的，如胖和瘦、高和矮、年老和年青、大和小等，它们都没有绝对明确的界限，具有模糊性。

对客观事物的评价，也往往不能以一种指标决定，而要进行多指标综合评价。

对于一些只能用模糊语言进行描述的评价，如“大、中、小”；“高、中、低”；“优、良、可、劣”；“好、较好、一般、较差”等，可以利用模糊集理论对这些考核系统的各指标进行运算与综合，从而得出定量的综合评价结果，为正确决策提供依据。



# 模糊综合评价方法-数学模型

对某一事物进行评价，若评价的**指标因素（着眼点）**为 $n$ 个，分别记为 $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ ，则这 $n$ 个评价因素便构成一个评价因素的有限集合  $U = \{ u_1, u_2, u_3, \dots, u_n \}$

若根据实际需要将**评语**划分为 $m$ 个等级，分别记为 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_m$ ，则又构成一个评语的有限集合  $V = \{ v_1, v_2, v_3, \dots, v_m \}$

**例如**，对某本教材进行评价，假如可从科学性（ $u_1$ ）、实践性（ $u_2$ ）、适应性（ $u_3$ ）、先进性（ $u_4$ ）、专业性（ $u_5$ ）等方面着眼，则其评价因素集合便为  $U = \{ u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 \}$

若评价结果划分为“很好”（ $v_1$ ）、“好”（ $v_2$ ）、“一般”（ $v_3$ ）、“差”（ $v_4$ ）4个等级，则其**评语集合**便为  $V = \{ v_1, v_2, v_3, v_4 \}$



# 模糊综合评价方法

## 1) 若我们只着眼于科学性 ( $u_1$ ) 一个因素来评定该教材

采用“民意测验”的办法，结果是16%的人说它“很好”，42%的人说它“好”，39%的人说它“一般”，3%的人说它“差”，则这个结果可用模糊集 $B_1$ 来描述。

$$B_1 = 0.16/\text{很好} + 0.42/\text{好} + 0.39/\text{一般} + 0.03\text{差}$$

$B_1$ 也可简记为向量的形式

$$B_1 = [0.16 \quad 0.42 \quad 0.39 \quad 0.03]$$

评价结果 $B_1$ 是评语集合 $V$ 这一论域上的模糊子集。 $B_1$ 就是对被评对象所做的单因素评价。



# 模糊综合评价方法

一般往往需要从几个不同方面来综合地评价某一事物，从而得到一个综合的评价结果，该结果仍是评语集合 $V$ 这一论域上的一个模糊子集 $B$ ，这便是综合评价问题。

通常， $V$ 为一有限集合，则 $B$ 也为相应的有限模糊集合

$$B = b_1 / v_1 + b_2 / v_2 + \dots + b_m / v_m$$

简记为一 $m$ 维模糊向量形式  $B = [b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_m]$

其论域为 $V$ ， $b_j$ 为 $B$ 中相应元素的隶属程度（也称隶属度），且

$$b_j \in [0,1], j=1,2, \dots, m$$



# 模糊综合评价方法

2) 在实际评价工作中，各个评价因素的重要程度往往是不相同的，考虑到这个客观存在的事实，**评价因素集合**实际上是因素集合U这一论域上的一个模糊集合A，亦为一有限集，即因素集合也为一相应的有限模糊集合

$$A = a_1 / u_1 + a_2 / u_2 + \dots + a_n / u_n$$

同样也可用一个n维模糊向量来表示  $A = [a_1 \quad a_2 \quad \dots \quad a_n]$

其论域为U， **$a_i$ 是A中相应元素的隶属程度**，且  $a_i \in [0,1]$

3) 一个**模糊综合评价问题**，就是将评价因素集合U这一论域上的一个模糊集合A经过模糊关系R变换为评语集合V这一论域上的模糊集合B，即  $B = A \cdot R$  此式即为模糊综合评价的数学模型。



# 模糊综合评价方法

$$B = A \cdot R$$

**B——为模糊综合评价的结果，为 $m$ 维的模糊行向量；**

**A——为模糊评价因素权重集合，为 $n$ 维模糊行向量；**

**R——为从U到V的一个模糊关系，它是一个  $(n \times m)$  的矩阵。**

元素 $r_{ij}$  ( $i=1,2, \dots, n; j=1,2, \dots, m$ )表示从第 $i$ 个因素着眼，作出第 $j$ 种评语的可能程度。

对综合评价结果向量B，一般可以取最大隶属度原则确定最终的评价结果，即：

$$\hat{b} = \max (b_1, b_2, \dots, b_m)$$



# 模糊综合评价方法-应用

教师讲课是一种复杂的智力活动，它不仅涉及所授课程的知识，而且旁及教育学、心理学、语言学等，讲课的优劣对教学质量的提高有决定性的影响。对教师讲课进行定量化的综合评价，有助于教师讲课质量的提高，也有助于优秀教师总结教学经验。

**具体说明教学评价模糊模型的建立和求解过程。**

设 $U$ 是因素集，即评价讲课质量的因素的集合； $V$ 是评价集，即评语等级的集合。

$U = [ \text{清楚易懂, 教材熟练, 生动有趣, 板书整洁} ]$

$V = [ \text{很好, 较好, 一般, 不好} ]$

设 $R$ 是从 $U$ 到 $V$ 的模糊关系（也可看作是模糊变换）， $r_{ij}$  ( $i, j=1, 2, 3, 4$ )表示从第 $i$ 个因素着眼，对被评教师所作出第 $j$ 种评语的可能程度。





# 模糊综合评价方法

**例**对某校某班主任陈老师的课进行综合评价，就“清楚易懂”这个因素考虑，全班有40%的人说“很好”，50%的人说“较好”，10%的人说“一般”，该教师讲课若从“清楚易懂”这个因素考虑，应得的评价向量为  $(0.4, 0.5, 0.1, 0)$

用上述办法，同样可得“教材熟练”、“生动有趣”、“板书整洁”这三个因素的评价向量分别为

$(0.6, 0.3, 0.1, 0)$

$(0.1, 0.2, 0.6, 0.1)$

$(0.1, 0.2, 0.5, 0.2)$

于是，可以写出对陈老师的模糊评价矩阵



# 模糊综合评价方法

	很好	较好	一般	不好
清楚易懂	0.4	0.5	0.1	0
$R_{\text{甲}} =$ 熟悉教材	0.6	0.3	0.1	0
能力培养	0.1	0.2	0.6	0.1
板书整洁	0.1	0.2	0.5	0.2

$$R = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.6 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 \end{bmatrix}$$

# 模糊综合评价方法

模糊权重分配是否合适是模糊综合评价模型中的一个关键，所以应当尽量符合实际。可以用德尔菲法或统计试验的方法确定，允许有一定弹性。

假设确定的权重分配为  $A = (0.5, 0.2, 0.2, 0.1)$

则可得该班同学对陈老师讲课的综合评价模糊模型为  $B_{\text{陈}} = A \cdot R_{\text{陈}}$

按隶属原则来识别陈老师讲课效果是“较好”（取其最大值所对应的评语等级）

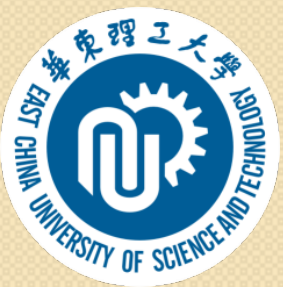
```
R =  
  
    0.4000    0.5000    0.1000         0  
    0.6000    0.3000    0.1000         0  
    0.1000    0.2000    0.6000    0.1000  
    0.1000    0.2000    0.5000    0.2000  
  
>> A  
  
A =  
  
    0.5000    0.2000    0.2000    0.1000  
  
>> B=A*R  
  
B =  
  
    0.3500    0.3700    0.2400    0.0400
```



# 模糊综合评价方法

## 模糊运算取大取小法则

$$\begin{aligned} B = A \cdot R &= (0.5 \quad 0.2 \quad 0.2 \quad 0.1) \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.6 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (0.5 \wedge 0.4) \vee (0.2 \wedge 0.6) \vee (0.2 \wedge 0.1) \vee (0.1 \wedge 0.1) \\ (0.5 \wedge 0.5) \vee (0.2 \wedge 0.3) \vee (0.2 \wedge 0.2) \vee (0.1 \wedge 0.2) \\ (0.5 \wedge 0.1) \vee (0.2 \wedge 0.1) \vee (0.2 \wedge 0.6) \vee (0.1 \wedge 0.5) \\ (0.5 \wedge 0) \vee (0.2 \wedge 0) \vee (0.2 \wedge 0.1) \vee (0.1 \wedge 0.1) \end{bmatrix}^T \\ &= [0.4 \quad 0.5 \quad 0.2 \quad 0.1] \end{aligned}$$



# 模糊综合评价方法

归一化后：

$$0.4 + 0.5 + 0.2 + 0.1 = 1.2$$

$$B_{\text{陈}} = (0.4/1.2 \quad 0.5/1.2 \quad 0.2/1.2 \quad 0.1/1.2)$$

$$= (0.33, 0.42, 0.17, 0.08)$$

上式说明，按隶属原则来识别陈老师讲课效果是“较好”  
(取其最大值所对应的评语等级)

