系统工程原理与方法

第七讲、系统决策

人、团队

重大事项

彭勤科

系统工程研究所

E-mail: qkpeng@xjtu.edu.cn

Tel: 82667964

2020年6月3日

主要内容

- 决策分析的基本概念
- 决策分析框架
- 决策方法
  - 最大最大决策
  - 最小最大决策
  - 混合决策
  - 最大期望值决策
  - 决策树法
- 多目标决策
- 合作决策模型

决策分析的基本概念

- **决策问题：**从若干个候选方案中选择最佳方案的问题
- **决策模型：**（候选方案，评价指标，选择范围，决策环境）
- **决策环境：**由决策所依据的决策信息、决策范围和决策结果等因素决定。决策环境表现出不同的状态（如天气、市场好坏、美国是否派出地面部队、游行时政府的态度和可能采用的干预手段等•••。）
  - **确定型：**决策的选择范围、决策评价指标、决策造成的结果确定并且是已知的。
  - **风险型：**决策环境可能出现的状态和相应后果发生的概率已知。（例子，工作，天气）
  - **不确定型：**决策环境出现某种状态的的概率难以估计

估计

决策分析的基本概念（续1）

- **效用（函数）**：评价和衡量决策效果（后果）以作为判断最优方案的标准。 效用函数应该满足如下两个基本性质：
  - **可传递性**：根据效用函数判定出方案**a**优于方案**b**，且方案**b**优于方案**c**，那么方案**a**优于方案**c**。
  - **独立性**：利用效用函数判定两个方案的优先次序不受其它方案的影响。

另外，关于效用函数，要注意下面两个方面：

- **注1**：效用函数往往描述决策者的主观价值标准，是综合各种定量定性的结果。
- **注2**：效用函数作为决策方案评价标准，没有统一的客观尺度，因决策者而异，受决策者的经济、环境等因素影响。

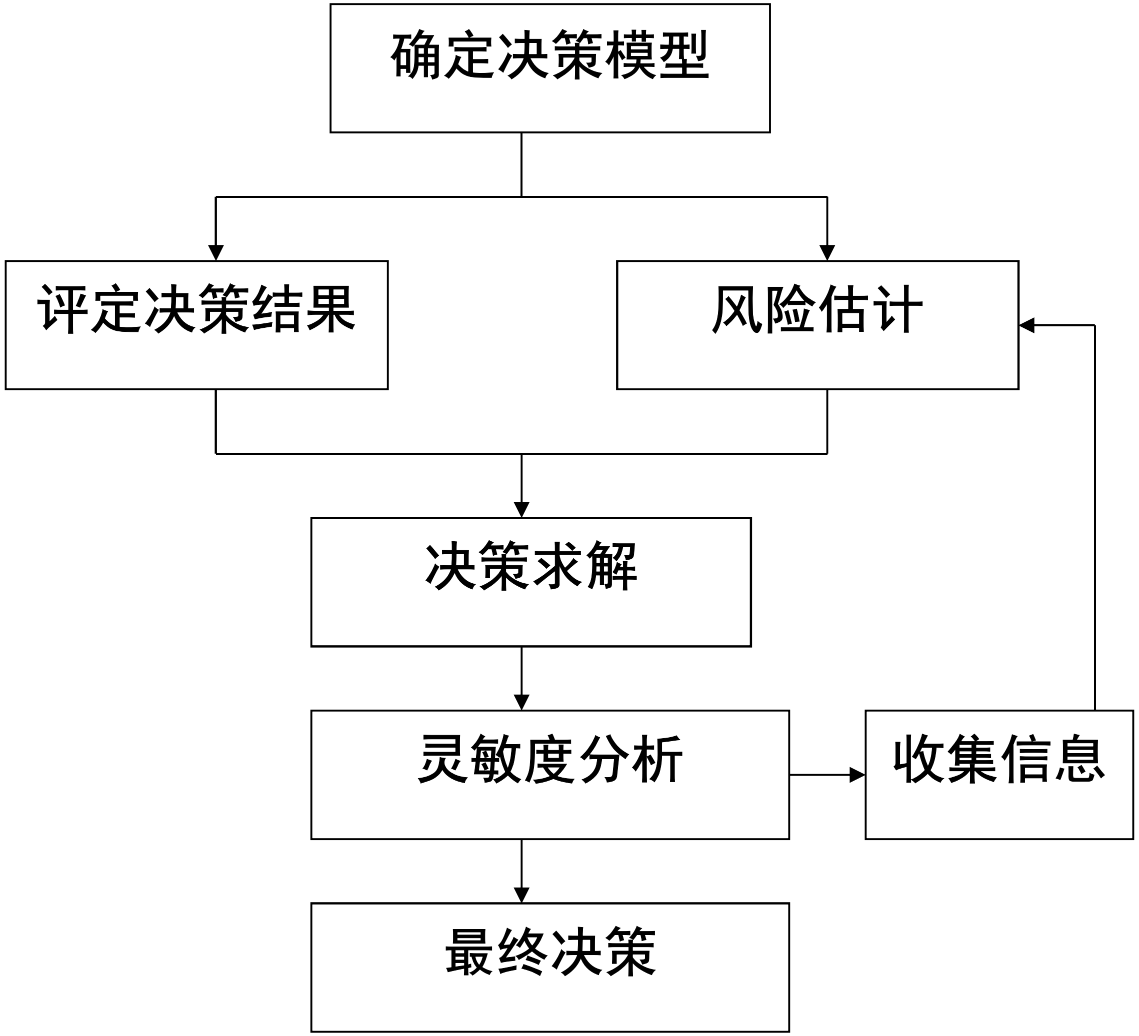
决策分析的基本概念（续2）

- 决策分析：建立决策模型，推导和求解最佳/满意解的过程
- 决策理论与方法：
  - 线性规划
  - 非线性规划
  - 动态规划
  - 对策论
  - 决策论
  - 多目标决策
  - 决策支持系统

决策分析步骤

1. **确定决策模型（结构）**：如（决策）树的形式描述决策过程的阶段、决策结果等信息。
2. **评定结果**：评价和估计每种候选方案在不同环境状态下决策结果的代价和效益。
3. **风险估计**：估计不同决策环境状态发生的概率
4. **决策求解**：采用某种决策方法求解最佳决策
5. **灵敏度分析**：分析决策参数变化对决策结果的影响，分析最优决策的可信度。
6. **收集信息**：根据灵敏度分析结果，收集必要的附加信息已完善决策过程。
7. **选取最佳决策**：给出最终选择的决策方案

决策分析步骤(图示)



不确定问题的决策方法

假设决策问题有 n 个候选决策方案 $x_1, x_2, \cdots, x_n$，

决策环境有 m 个状态 $s_1, s_2, \cdots, s_m$，对应方案 x_i 和决策环境状态 s_j 的收益（效用）值为

$$u_{ij} = u(x_i, s_j) \quad (i = 1,2,\cdots,n;\ j = 1,2,\cdots,m)$$

1) **最大最大决策（乐观决策）** $\max\limits_i \max\limits_j \{u_{ij} = u(x_i, s_j)\}$

2) **最小最大决策（悲观决策）** $\max\limits_i \min\limits_j \{u_{ij} = u(x_i, s_j)\}$

3) **混合决策**（$0 \le \alpha \le 1$）

$$\max_i\{\alpha \max_j\{u_{ij} = u(x_i, s_j)\} + (1-\alpha)\min_j\{u_{ij} = u(x_i, s_j)\}\}$$

三种决策方法的矩阵表示

效益 状态 / 方案	$s_1 \quad s_2 \dots \quad s_j \quad \dots \quad s_m$	乐观决策	悲观决策	混合决策 $(0 \le \alpha \le 1)$
x_1	$u_{11} \quad u_{12} \dots \quad u_{1j} \dots \quad u_{1m}$	$\omega_1 = \max\limits_j u_{1j}$	$\nu_1 = \min\limits_j u_{1j}$	$\alpha\omega_1 + (1-\alpha)\nu_1$
$\dots$	$\dots \quad \dots \dots \dots \dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
x_i	$u_{i1} \quad u_{i2} \dots \quad u_{ij} \quad \dots \quad u_{im}$	$\omega_i = \max\limits_j u_{ij}$	$\nu_i = \min\limits_j u_{ij}$	$\alpha\omega_i + (1-\alpha)\nu_i$
$\dots$	$\dots \quad \dots \dots \dots \quad \dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
x_n	$u_{n1} \quad u_{n2} \dots u_{nj} \dots \quad u_{nm}$	$\omega_n = \max\limits_j u_{nj}$	$\nu_n = \min\limits_j u_{nj}$	$\alpha\omega_n + (1-\alpha)\nu_n$
决策		$\max\limits_i \omega_i$	$\min\limits_i \nu_i$	$\max\limits_i\{\alpha\omega_i + (1-\alpha)\nu_i\}$

最大期望值决策

在前面家假设的基础上，又假设每种决策环境状态 s_j 发生的概率为 $p(s_j)$（$j = 1,2,\cdots,m$），且

$$\sum_{j=1}^{m} p(s_j) = 1$$

最大期望值决策决策方法如下：

- 计算每个后选方案的期望值

$$v(x_i) = \sum_{j=1}^{m} p(s_j)u_{ij} = \sum_{j=1}^{m} p(s_j)u(x_i, s_j)$$

- 选择使期望值最大的后选方案为最优决策

$$\max_i v(x_i)$$

最大期望值决策 – 决策表

收益 / 方案 \ 状态 / 概率	s_1 $p(s_1)$	s_2 $p(s_2)$	$\cdots$	s_j $p(s_j)$	$\cdots$	s_m $p(s_m)$	后选方案的期望值 $v(x_i)$
x_1	u_{11}	u_{12}	$\cdots$	u_{1j}	$\cdots$	u_{1m}	$v(x_1)$
x_2	u_{21}	u_{22}	$\cdots$	u_{2j}	$\cdots$	u_{2m}	$v(x_2)$
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
x_i	u_{i1}	u_{i2}	$\cdots$	u_{ij}	$\cdots$	u_{im}	$v(x_i)$
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
x_n	u_{n1}	u_{n2}	$\cdots$	u_{nj}	$\cdots$	u_{nm}	$v(x_n)$
决策							$\max_i v(x_i)$

最大期望值决策法举例

例子：某商店要制定七八月份可乐饮料的进货方案，进货成本每箱 30 元，售价每箱 50 元，当天销售完每箱获利 20 元。如果剩一箱，由于要冷藏及其它原因要亏损 10 元。已知前两年同期 120 天的销售资料为：

历史销售情况统计

日销售量（箱）	完成销售的天数	概率值
100	24	24/120=0.2
110	48	48/120=0.4
120	36	36/120=0.3
130	12	12/120=0.1
合计	120	1.0

问今年平均进多少箱？

最大期望值决策法举例(续)

解：构造决策表如下

采购可乐决策表

状态 概率 利润 方案	100箱	110箱	120箱	130箱	后选方案期望利润 $v(x_i)$(元)
	0.2	0.4	0.3	0.1	
100箱	2000	2000	2000	2000	2000
110箱	1900	2200	2200	2200	2140
120箱	1800	2100	2400	2400	2160
130箱	1700	2000	2300	2600	2090
决策	$\max\limits_i v(x_i)=120$ 箱				

可以看出，此决策问题的最大期望对应的决策方案为 120 箱，因此问题最优决策为平均进 120 箱。

决策树法

(1) 例子（抗洪救灾决策）:

某地汛期水文统计数据

状态	概率
平水水情	0．7
高水水情	0．2
洪水水情	0．1

对江边某大型设备处置的候选决策方案

候选决策方案		费用
A	运走	运费 18 万
B	修建堤坝保护	修堤坝费用 5 万
C	不做任何防范	0

决策树法(续1)

- 方案风险分析

候选决策方案		损失
A	运走	无损失，付运费 18 万
B	修建堤坝保护	洪水冲垮堤坝损失 600 万设备+修堤坝费用 5 万=605 万
C	不做任何防范	发生高水位损失部分设备 100 万；发生洪水损失 600 万设备。

决策树方法 – 假设与基本符号

(2) 方法假设

- 把每个行动方案看成是离散随机变量，其取值对应于各个决策环境状态的效益值。
- 通过比较各方案的期望值的大小评定方案的优劣，损失最小者为最优决策。

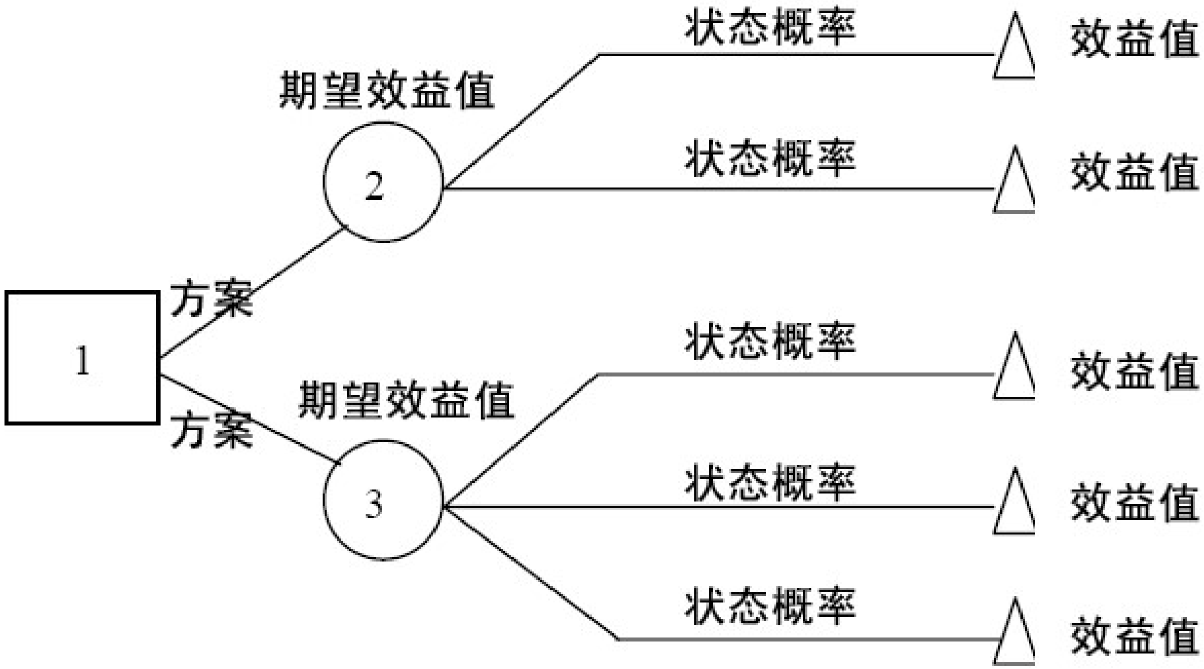
(3) 决策树建立

- 模型符号
  - □—表示决策节点，从它引出的分枝称为方案分枝，分枝的数目就是决策方案的个数。
  - O—表示方案节点，从它引出的分枝称为决策状态分枝，从它引出的线上的数据表示状态出现的概率，它旁边数据代表该决策方案的期望效益值。
  - △—表示结果节点，旁边数据代表该决策方案在对应的决策环境状态下的效益值。

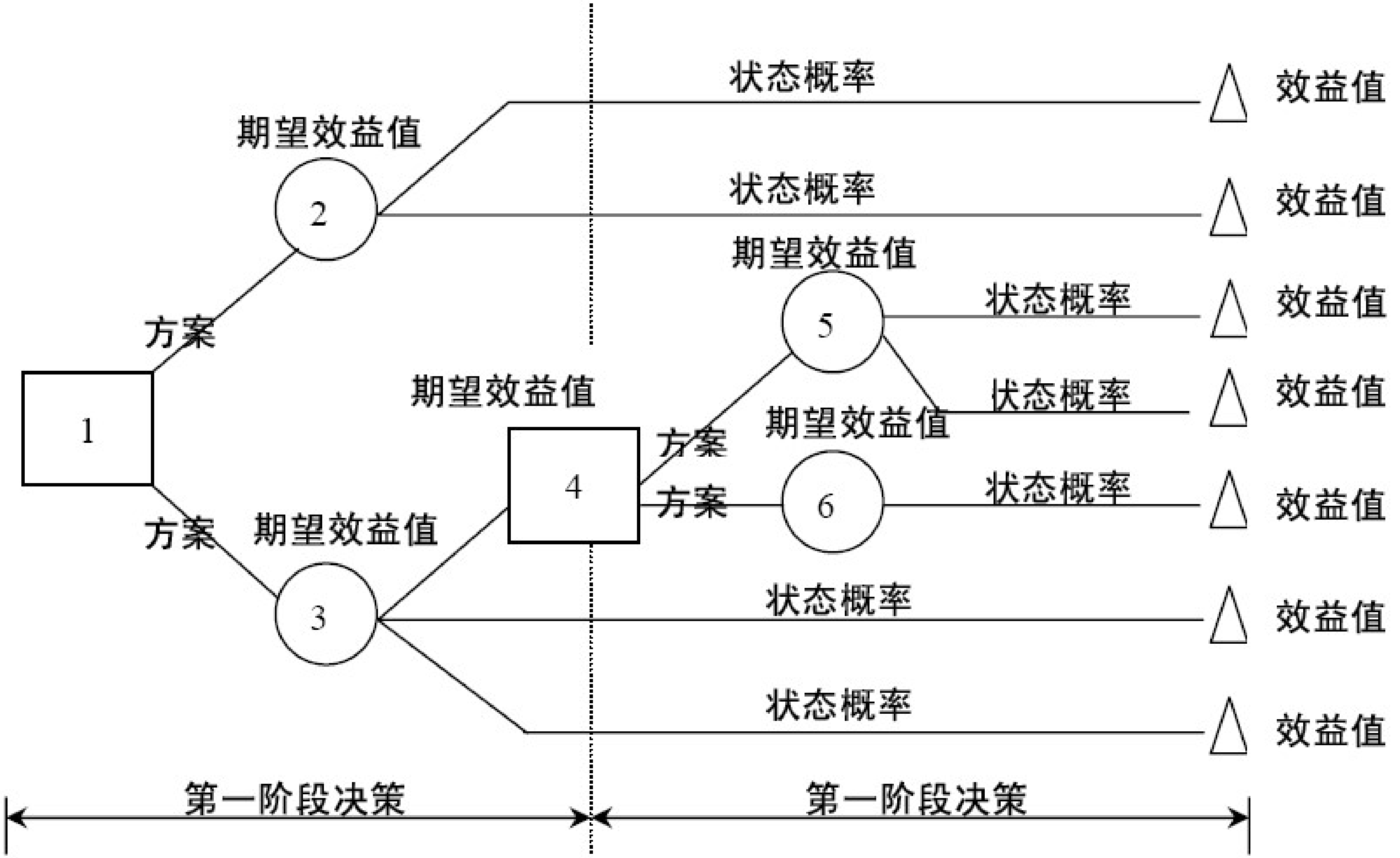
决策数的绘制方法和计算方法

- 从左到右展开图形
- 从右到左逐步期望效益值

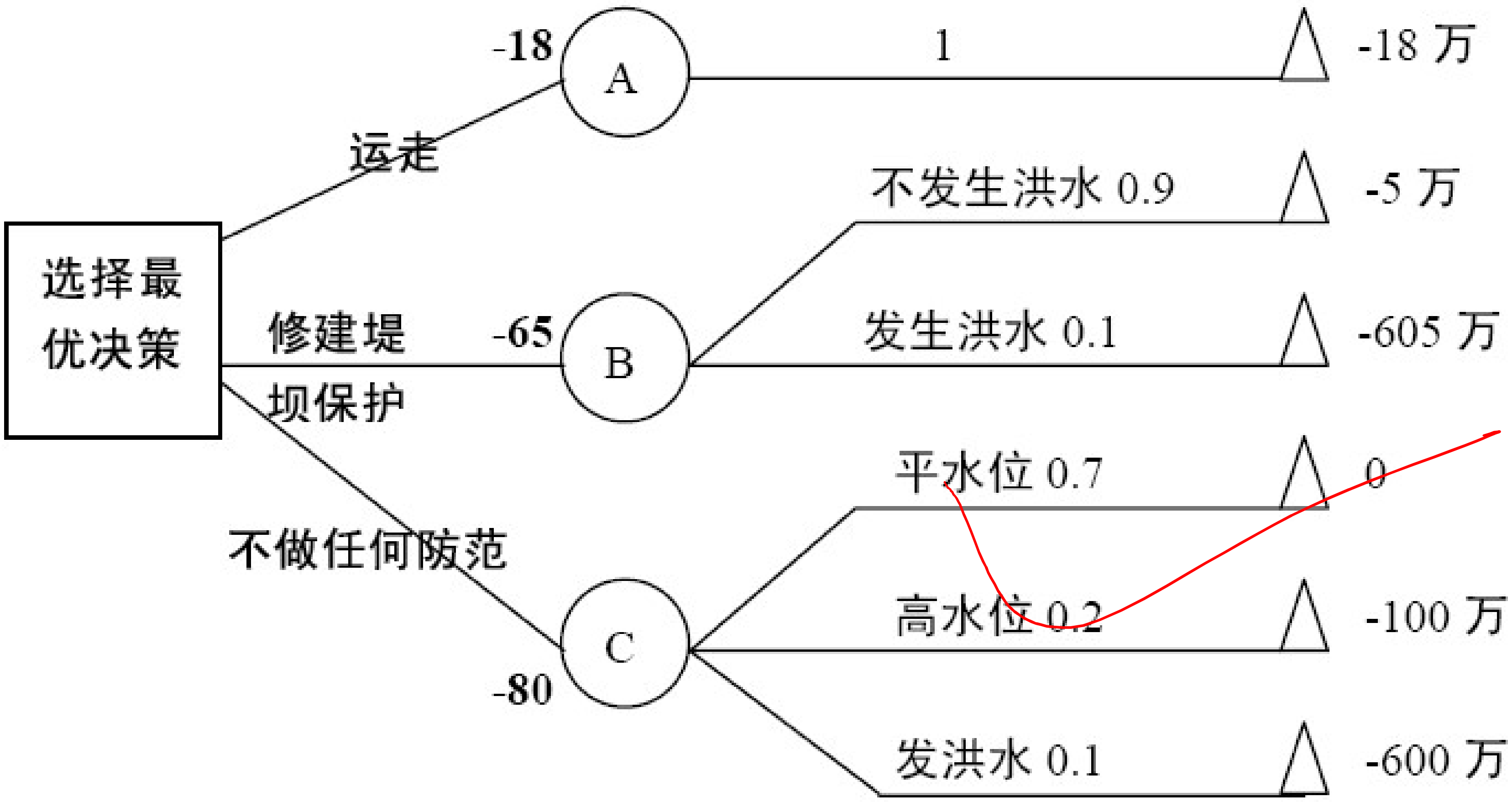
单段决策树



多段决策树


状态概率
效益值
期望效益值
2
状态概率
效益值
期望效益值
5
状态概率
效益值
方案
1
期望效益值
状态概率
效益值
期望效益值
方案
4
方案
6
状态概率
效益值
方案
期望效益值
3
状态概率
效益值
状态概率
效益值
第一阶段决策
第一阶段决策

决策树 - 本节的例子



选择最优决策
运走
-18
A
1
-18 万
修建堤坝保护
-65
B
不发生洪水 0.9
-5 万
发生洪水 0.1
-605 万
不做任何防范
-80
C
平水位 0.7
0
高水位 0.2
-100 万
发洪水 0.1
-600 万

决策树 - 期望值求解

- 从右向左计算
- 遇到方案节点，就计算期望值，并把结果标在节点傍边。
- 比较各方案期望值，确定最优方案

$$E(A) = 0.7\times(-18) + 0.2\times(-18) + 0.1\times(-18) = -18$$

$$E(B) = 0.9\times(-5) + 0.1\times(-605) = -65$$

$$E(C) = 0.7\times 0 + 0.2\times(-100) + 0.1\times(-600) = -80$$

- 选择最优决策

期望值最小$=-18$，最优决策为 A（运走）

系统工程

决策树 - 灵敏度分析

问题： 对出现高水位和平水位的概率进行灵敏度分析

假设： 假设不发生洪水，平水概率为 α，则高水概率为 $1-\alpha$。

定义：（**临界概率**）各候选方案具有相同效益值的决策环境状态出现的概率称为临界概率。

计算采用方案 2 和方案 3 期望效益相同的临界概率。

$$-5 = 0 \times \alpha + (1-\alpha) \times (-100)$$

$$\alpha = 0.95$$

模型参考

可证明：

（1）当出现平水位的概率大于临界概率 0.95 时，方案 3 为最佳方案；

（2）当出现平水位的概率小于临界概率 0.95 时，方案 2 为最佳方案；

（3）当出现平水位的概率接近临界概率 0.95 时，方案选择带来最大的不稳定因素。

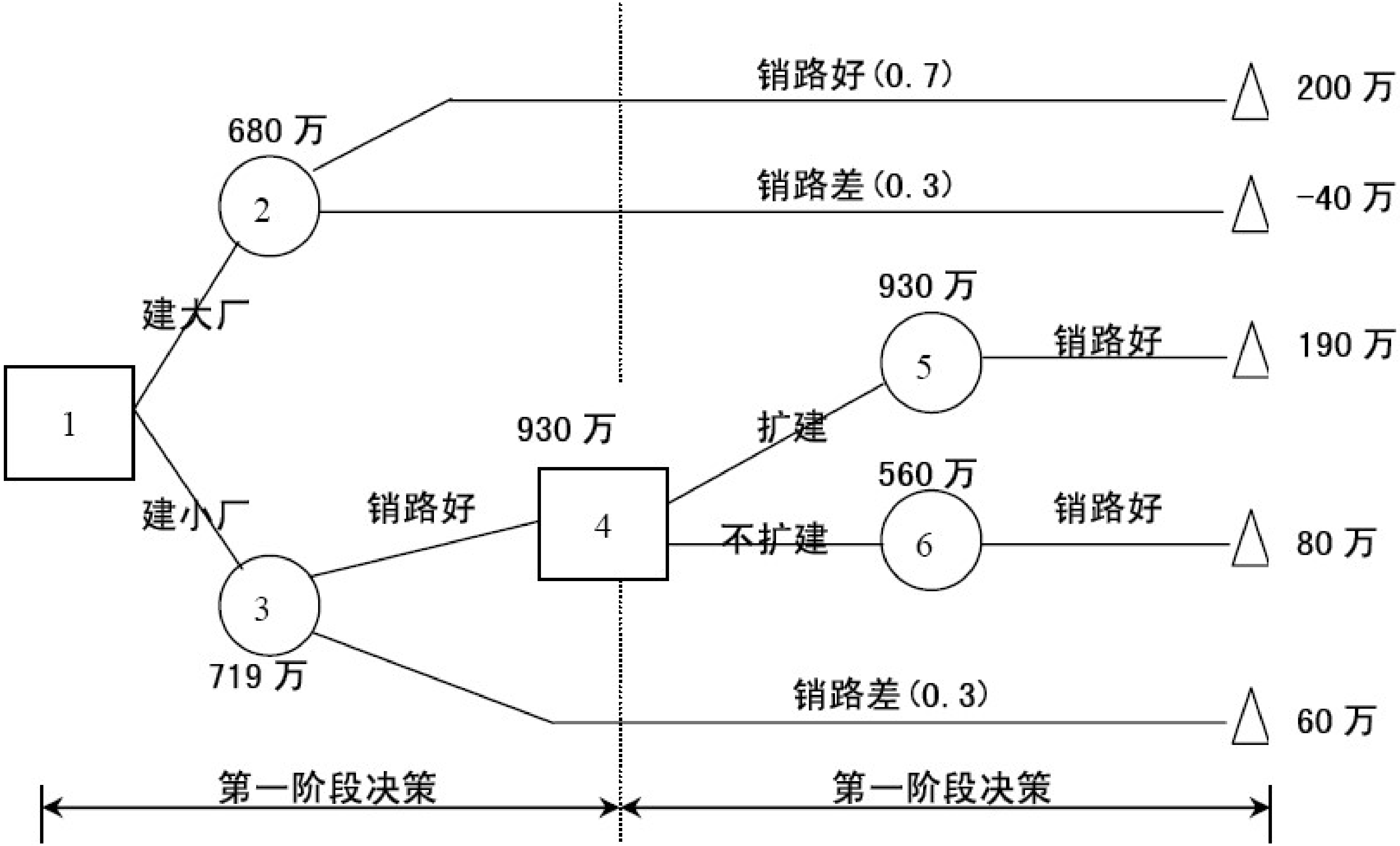
两阶段决策的例子

例子：某电视机厂计划扩大电视机生产，扩产方案有三种：1）建大厂，使用期 10 年，需投资 600 万；2）建小厂，使用期 10 年，需投资 280 万，并且知道：

收益 \ 状态 方案 \ 概率	销路好	销路差
	0.7	0.3
建大厂	200 万/年	-40 万/年
建小厂	80 万/年	60 万/年

3）先建小厂，若销路好，3 年后扩建，扩建费 400 万，扩建后可使用 7 年并年获利 190 万。

两阶段决策的例子(续)



销路好(0. 7)
200 万
680 万
销路差(0. 3)
-40 万
2
930 万
建大厂
5
销路好
190 万
1
930 万
扩建
560 万
建小厂
销路好
4
不扩建
6
销路好
80 万
3
719 万
销路差(0. 3)
60 万
第一阶段决策
第一阶段决策

多目标决策

1)问题的描述

设决策变量 $x \in E^n$，约束集合 $S \subset E^n$，目标函数 $f_1(x), f_2(x), \cdots, f_m(x)$ 为定义在集合 S 上的连续函数，则多目标决策问题为：

满意解

$$\max \begin{bmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ \cdots \\ f_m(x) \end{bmatrix} \quad (1)$$
$$s.t \quad x \in S$$

① 不确定性

一般情况下，约束集合 S 有如下形式：

$$S = \{x \mid g_i(x) \geq 0, h_j(x) = 0, i = 1,2,\cdots,p, j = 1,2,\cdots,q\}$$

② 与决策者有关

2)基本概念

定义1（严格序） 如果集合 A 上的关系 $\succ$ 满足如下性质：

偏好

a)传递性：对 $\forall a,b,c \in A$，若 $a \succ b$ 且 $b \succ c$，则 $a \succ c$；

b)非对称性：若 $a,b \in A$ 且 $a \succ b$，则不可能有 $b \succ a$；

则称关系 $\succ$ 为集合 A 上的严格序（关系）。

多目标决策(续)

对 $a,b\in A$，若 $a\succ b$，则称 a 优于 b。

定义2（无差异~） 如果集合 A 上的关系~满足如下性质：

a) 传递性：对 $\forall a,b,c\in A$，若 $a\sim b$ 且 $b\sim c$，则 $a\sim c$；

b) 对称性：若 $a,b\in A$ 且 $a\sim b$，则有 $b\sim a$；

c) 自反性：对 $\forall a\in A$，有 $a\sim a$；

则称关系~为集合 A 上的无差异（关系）。

对 $a,b\in A$，若 $a\sim b$，则称 a 与 b 无差异 。

定义3（弱序≥） 如果集合 A 上的关系 $\geq$ 满足如下性质：

a) 传递性：对 $\forall a,b,c\in A$，若 $a\geq b$ 且 $b\geq c$，则 $a\geq c$；

b) 全序性（连通性、可比性）：对 $\forall a,b\in A$，必有 $a\geq b$ 或 $b\geq a$，或者两者都成立；

c) 与无差异~的一致性：$a\sim b$ 当且仅当 $a\geq b$ 且 $b\geq a$。

则称关系 $\geq$ 为弱序（关系）或全序（关系）。

多目标决策(续2)

定义4（半序$\gtrsim$关系）如果集合A上的关系$\gtrsim$满足传递性，即对$\forall a,b,c\in A$，若$a\gtrsim b$且$b\gtrsim c$，则$a\gtrsim c$，则称关系$\gtrsim$为半序（关系）。

例子1：实数上定义的大于关系是一种严格序关系。
例子2：实数上定义的等于关系是一种无差异关系。
例子3：实数上定义的大于等于关系是全（弱）序关系。

对单目标优化问题：

$$\begin{aligned} \max \quad & f(x) \\ s.t. \quad & x\in S\subset E^n \end{aligned}$$

定义集合S上的序关系$\geq$：$x\geq y$当且仅当$f(x)\geq f(y)$，可以验证关系$\geq$是一全序关系。

定义向量目标函数$F(x)=(f_1(x),f_2(x),\cdots,f_m(x))^T$，多目标优化问题（1）可以表示成为：

$$\begin{aligned} \max \quad & F(x) \\ s.t \quad & x\in S \end{aligned} \qquad (2)$$

定义集合S上的序关系$\geq$：$x\geq y$当且仅当$F(x)\geq F(y)$，即$f_i(x)\geq f_i(y), i=1,2,\cdots,m$，则可以验证关系$\geq$是一半序关系。

多目标决策--非劣解

定义**5**（非劣解）在多目标优化问题（**2**）中，对$x^* \in S$若不存在 $x \in S$，使 $f_i(x) \geq f_i(x^*), i=1,2,\cdots,m$，并且至少存在一个$i$成立严格不等式，即 $f_i(x) > f_i(x^*)$，则称 x^*为多目标优化问题（**2**）的非劣解。

非劣解也称为非控制解、有效解和**Pareto**最优解。

类似单目标优化，多目标优化问题的非劣解也满足相应的**Kuhn-Tucker**条件。

3）计算非劣解

a)加权法

利用加权的方法，把多目标优化问题（**2**）转化为单目标优化问题：

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{j=1}^{m} w_j f_j(x) \\ s.t. \quad & x \in S \end{aligned}$$

其中 $\sum_{j=1}^{m} w_j = 1, w_j \geq 0, j=1,2,\cdots,m$ 。

多目标决策--非劣解求解

b) ε 约束方法

求解如下单目标优化问题：

$$\begin{aligned} \max \quad & f_k(x) \\ s.t. \quad & x \in S \\ & f_j(x) \ge \varepsilon_j,\ j = 1,2,\cdots,m,\ j \ne k \end{aligned}$$

4）多目标决策方法

a)偏好函数方法:假设决策者对多目标优化问题（2）的多个目标函数之间的偏好函数（价值函数、效用函数）$v(f_1(x), f_2(x), \cdots, f_m(x))$已知，则多目标优化问题（2）变成为如下单目标求解优化问题：

$$\begin{aligned} \max \quad & v(f_1(x), f_2(x), \cdots, f_m(x)) \\ s.t. \quad & x \in S \end{aligned}$$

b)目的规划法：假设多目标优化问题（2）每个目标函数希望达到的目标值已知，则多目标优化问题（2）变成为求解如下单目标优化问题：

$$\begin{aligned} \min \quad & d_p(f(x) - \bar{f}) = \left(\sum_{i=1}^{m} | f_i(x) - \bar{f}_i |^p\right)^{1/p} \\ s.t. \quad & x \in S \end{aligned}$$

c)逐步法：此方法是一种人机交互的方法，决策者逐步修改自己的偏好函数。

合作决策模型

1) 问题描述（多人合作的收益分配决策问题）

设有 $n(>1)$ 个决策人开展某种合作，他们要在合作的基础上分配各自收益，问如何合理分配收益，使得这些决策人从此合作中获得的收益总和大于每个决策人单干时的收入之和？

2) 假设与定义

设 $I=\{1,2,\cdots,n\}$ 表示 n 个决策人组成的集合。

合作决策模型(续1)

定义 4.1（特征函数）对任一子集 $S \subseteq I$，定义实值函数 $V(S)$，其取值表示集合 S 中成员进行合作时获得的总收益，$V(S)$ 满足如下条件：

(1) 对空集 ϕ，$V(\phi)=0$

(2) 对集合 I 的任意子集 S_1 和 S_2，若 $S_1 \cap S_2 = \phi$，有

$$V(S_1 \cup S_2) \geq V(S_1) + V(S_2)$$

则称 $V(S)$ 为集合 I 的特征函数（或收益函数）。

注：性质(2)表示两个组的合作获得的收益不能小于两个组单个时取得的收益之和。

合作决策模型(续2)

定义 4.2 对集合 I，用 $\varphi_i(V)$ 表示第 i 个人在合作中获得的收益，则向量

$$\varphi(V) = (\varphi_1(V), \varphi_2(V), \cdots, \varphi_n(V))$$

称为合作对策。

注：合作对策表示合作的利益分配方案。

1) 利益分配原则

合理利益分配应该满足以下原则：

(1) 利益分配与人员的编号无关；

(2) 若全体人员集合 I 的总收入为 V（I），则

$$\sum_{i=1}^{n} \varphi_1(V) = V(I);$$

合作决策模型(续2)

(3)　若对包含 i 的任一子集 S，有 $V(S-\{i\})=V(S)$，则

$$\varphi_i(V)=0\text{；}$$

注：含义为有没有人 i 都是一样的，即该人 i 加入到任何组织都不能增加该组织的收益时，该人是无价值的，不能分得收益（故 $\varphi_i(V)=0$）。

若 n 个人同时进行两项互不影响的合作时，则此两项合作的分配也不受影响，每个人分配额等于分别从两项合作得到的分配额的和。

合作决策模型 – 求解方法

定理 4.1 满足利益分配原则(1)-(4) 的合作对策 $\varphi(V)$ 是唯一存在的，而且合作对策 $\varphi(V)$ 由下面公式给出：

$$\varphi_i(V) = \sum_{S \subseteq S(i)} W(|S|)[V(S) - V(S - \{i\})] \qquad i = 1, 2, \cdots, n$$

其中 $S(i)$ 表示 I 中所有包含 i 的集合，$|S|$ 表示集合 S 中元素（人员）的个数，且

$$W(S) = \frac{(|S|-1)!(n-|S|)!}{n!}$$

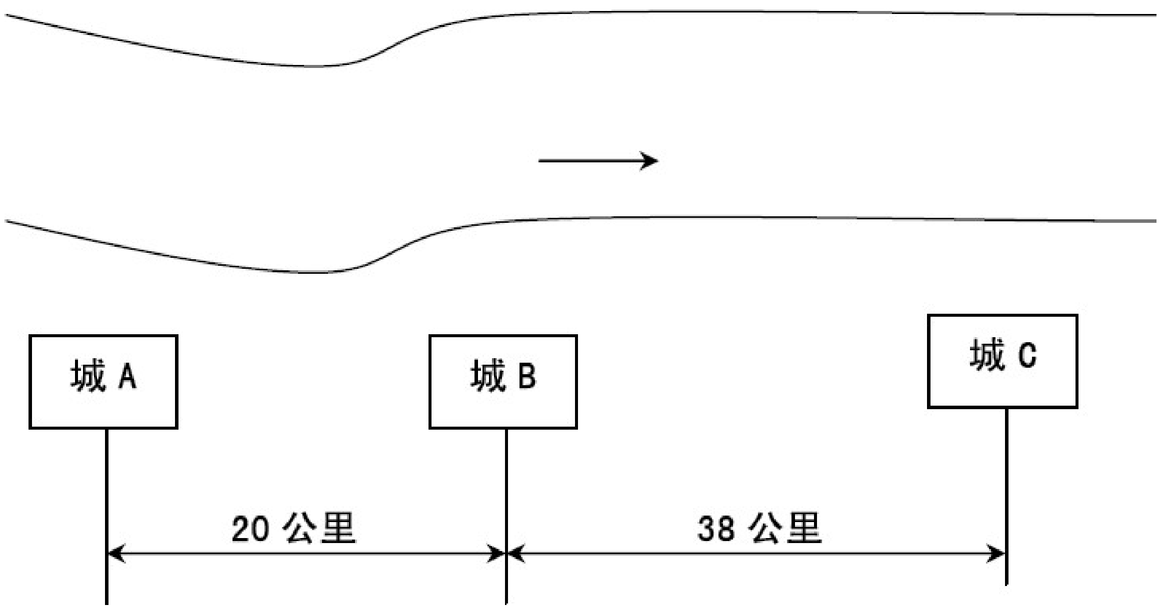
注：(1)式中 $V(S) - V(S - \{i\})$ 表示人员 i 对组（织）S 收益的贡献；

(2) $\varphi_i(V)$ 是对人员 i 参加的所有组（织）的收益贡献的加权平均；

(3) 可以证明：对任一 $i \in I$，$\varphi_i(V) \geq V(\{i\})$，即每个人员从合作中得到的收益不少于自己单干获得的收益。

合作决策模型举例-分担费用问题

- **问题描述：**设有三个城镇**A**、**B**、**C**位于某河流傍边，三城镇的污水必须经过处理后才能排入河中，三城镇可以单独建立污水处理厂，也可以通过管道输送污水并合作建立污水处理厂，问三城镇怎样处理污水可以使总开支最小？每个城镇负担的费用是多少？



合作决策模型举例-分担费用问题（续1）

- 基本数据

	城 A	城 B	城 C
排污量（m^3/s）	5	3	5
建厂费用计算公式	$730Q^{0.712}$ (千元)，其中Q为污水量		
管道费用计算公式	$6.6Q^{0.51}L$ (千元)，其中Q为污水量，L为管道长度		
城间距离	城 AB：20 公里，城 BC：38 公里		
污水输送方式	只能由上游往下游送		

合作决策模型举例-分担费用问题（续2）

● 污水处理方案分析

利用上表提供的费用计算公式和相关数据，可以计算出下面各修建污水处理厂方案的费用如下表：

几种修建污水处理厂方案的费用表

序号	方案	费用（千元）
1	各城镇建立一个污水处理厂	6200
2	A，B 在 B 城修建污水处理厂，C 独建	5800
3	B，C 在 C 城修建污水处理厂，A 独建	5950
4	A，C 在 C 城修建污水处理厂，B 独建	6230
5	三城合建	5560

模型求解

- **最优方案**：三城合建
- **计算 A、B、C 三城单建费用（千元）**： 2300，1600，2300

令 $I=(1,2,3)$，1 代表城 A，2 代表城 B，3 代表城 C，并令：

$S(1)=\{\{1\},\{1,2\},\{1,3\},\{1,2,3\}\}$， $S(2)=\{\{2\},\{1,2\},\{2,3\},\{1,2,3\}\}$

$S(3)=\{\{3\},\{2,3\},\{1,3\},\{1,2,3\}\}$

- **计算城 A 分担费用**

城 A 分配的利益计算公式的有关数据

S	$\{1\}$	$\{1,2\}$	$\{1,3\}$	$\{1,2,3\}$
$V(S)$	0	400	0	640
$V(S-\{i\})$	0	0	0	250
$V(S)-V(S-\{i\})$	0	400	0	390
$\|S\|$	1	2	2	3
$W(\|S\|)$	1/3	1/6	1/6	1/3
$W(\|S\|)\times[V(S)-V(S-\{i\})]$	0	67	0	130

模型求解(续)

注：收益$V(S)$以单建为基准计算，若合建费用大于单建费用之和，此时合作无意义，因此，收益取值为零，所以：$V(\{1\})=V(\{1,3\})=0$，而

$V(\{1,2\})$=**A 城单建费用+ B 城单建费用- A 城和 B 城合建费用**

=2300+1600-(5800-2300)=400

$V(\{1,2,3\})$= **A 城单建费用+ B 城单建费用+ C 城单建费用- A、B、C 城合建费用=2300+1600+2300-5560=640**

利用上面定理提供的公式计算城 A 的收益为：

$$\varphi_1(V)=\sum_{S\subseteq S(1)}W(|S|)[V(S)-V(S-\{1\})]=197\text{ 千元，}$$

因此 A 应该承担的投资费用为：

2300（单建费用）-197（收益）=2103 千元

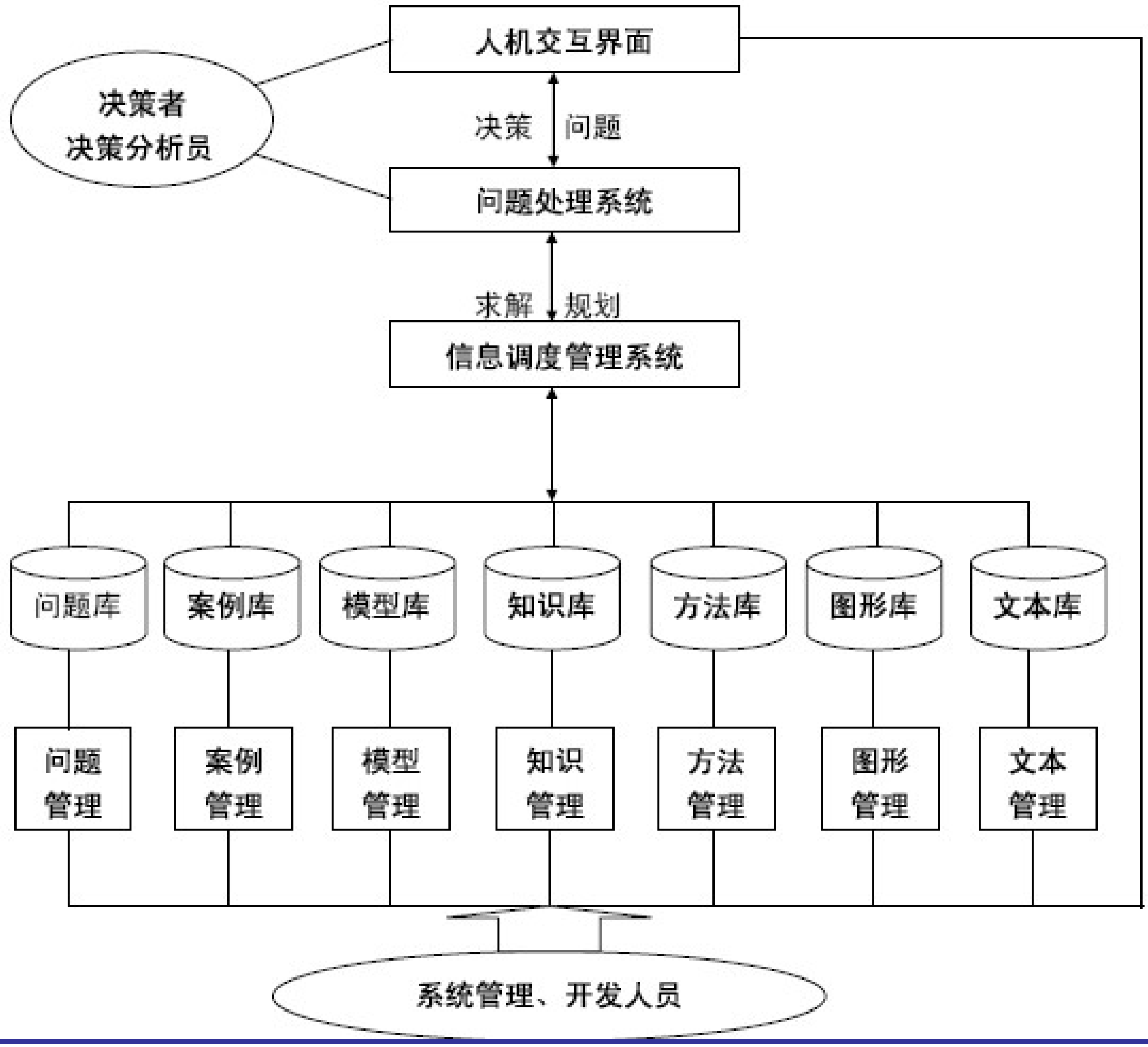
同理可计算出城 B、C 分担的费用分别为：2197 千元、2197 千元。

因此，三城合建可以是总费用最小（5560 千元），且分担费用为城 A：2103 千元、城 B：2197 千元、城 C：2197 千元。

决策支持系统

- 决策支持系统（**DSS**）的主要子系统
  - 人机交互子系统
  - 问题库管理子系统
  - 模型库管理子系统
  - 知识库管理子系统
  - 方法库管理子系统
  - 案例管理子系统
  - ……………………

典型决策支持系统的结构



两阶段决策的例子（续）

各节点期望收益计算如下：

$$节点2:0.7\times200\times10+0.3\times(-40)\times10-600=680万$$

$$节点5:1.0\times190\times7-400=930万$$

$$节点6:1.0\times80\times7=560万$$

$$节点3:0.7\times80\times3+0.7\times930+0.3\times60\times(3+7)-280=719万$$

最优决策：先建小厂，若销路好，**3**年后扩建

作业

- 通过实例说明决策问题（模型）与优化问题（模型）的区别。
- 结合**2017**年诺贝尔经济学奖获得者的研究成果，撰写一篇心理对决策影响的综述。
- 结合实际应用或文献阅读，简述**Bayes**或马尔可夫方法在决策问题建模分析中的应用。
- 撰写一篇基于大数据分析和人工智能的自动化决策系统（或量化自动化投资决策系统）研发思路或研究综述。