

Sistemas de suporte à decisão. Análise de decisão vs Otimização.

Análise de sistemas

Maria M. Gamboa

2^o Semestre de 2023. 11/09/2023

Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

Em recursos hídricos e saneamento, normalmente, temos:

problemas não estruturados, complexos → múltiplas soluções possíveis

Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

Em recursos hídricos e saneamento, normalmente, temos:

problemas não estruturados, complexos → **múltiplas soluções possíveis**

Necessário ter um **critério** para comparar soluções, com um ou vários **objetivos**

Tomada de decisão

Obter um modelo, e poder simular com ele soluções, não é suficiente para resolver um problema

Em recursos hídricos e saneamento, normalmente, temos:
problemas não estruturados, complexos → **múltiplas soluções possíveis**

Necessário ter um **critério** para comparar soluções, com um ou vários **objetivos**

Esses critérios ou objetivos devem poder ser avaliados para todas as soluções

Deve ser possível saber qual é melhor ou pior que outra, segundo cada critério.

Sistemas de suporte à decisão

Sistemas de suporte à decisão

Definição têm se expandido e mudado desde sua origem (1970s), mas: Sistemas, em geral baseados em computador, que auxiliam às pessoas a utilizar dados, documentos, conhecimento e modelos para resolver problemas que envolvem tomar decisões.

Como sistemas auxiliares, não pretendem substituir ao tomador de decisão.

Sistemas de suporte à decisão

Definição têm se expandido e mudado desde sua origem (1970s), mas: Sistemas, em geral baseados em computador, que auxiliam às pessoas a utilizar dados, documentos, conhecimento e modelos para resolver problemas que envolvem tomar decisões.

Como sistemas auxiliares, não pretendem substituir ao tomador de decisão.

Quando é útil?

- A análise de informação pode melhorar a tomada de decisão.
- Tomadores de decisão precisam (e desejam) apoio.

Sistemas de suporte à decisão

Definição têm se expandido e mudado desde sua origem (1970s), mas: Sistemas, em geral baseados em computador, que auxiliam às pessoas a utilizar dados, documentos, conhecimento e modelos para resolver problemas que envolvem tomar decisões.

Como sistemas auxiliares, não pretendem substituir ao tomador de decisão.

Quando é útil?

- A análise de informação pode melhorar a tomada de decisão.
- Tomadores de decisão precisam (e desejam) apoio.

Em consequência, muito importantes em Recursos hídricos e saneamento.

Sistemas de suporte à decisão

- Comumente, um SSD inclui um modelo do sistema de interesse (ou parte dele)

Sistemas de suporte à decisão

- Comumente, um SSD inclui um modelo do sistema de interesse (ou parte dele)
- Com o modelo, é possível simular a situação problema e múltiplas situações alternativas.

Sistemas de suporte à decisão

- Comumente, um SSD inclui um modelo do sistema de interesse (ou parte dele)
- Com o modelo, é possível simular a situação problema e múltiplas situações alternativas.
- Dentre as muitas alternativas, como escolher?

ANÁLISE DE DECISÃO

OTIMIZAÇÃO

Análise de decisão

”Uso de processos racionais para selecionar a melhor alternativa (dentre um conjunto de alternativas possíveis)”

Análise de decisão

”Uso de processos racionais para selecionar a melhor alternativa (dentre um conjunto de alternativas possíveis)”

- Teoria prescritiva, normativa

Análise de decisão

”Uso de processos racionais para selecionar a melhor alternativa (dentre um conjunto de alternativas possíveis)”

- Teoria prescritiva, normativa
- Problemas complexos: decisor têm preferências básicas, mas é incapaz de manipular intuitivamente a complexidade da situação.

Análise de decisão

”Uso de processos racionais para selecionar a melhor alternativa (dentre um conjunto de alternativas possíveis)”

- Teoria prescritiva, normativa
- Problemas complexos: decisor têm preferências básicas, mas é incapaz de manipular intuitivamente a complexidade da situação.
- Embasamento estatístico - somente uma linha!

Análise de decisão

”Uso de processos racionais para selecionar a melhor alternativa (dentre um conjunto de alternativas possíveis)”

- Teoria prescritiva, normativa
- Problemas complexos: decisor têm preferências básicas, mas é incapaz de manipular intuitivamente a complexidade da situação.
- Embasamento estatístico - somente uma linha!
- Combinação de elementos objetivos com subjetivos

Análise de decisão

”Uso de processos racionais para selecionar a melhor alternativa (dentre um conjunto de alternativas possíveis)”

- Teoria prescritiva, normativa
- Problemas complexos: decisor têm preferências básicas, mas é incapaz de manipular intuitivamente a complexidade da situação.
- Embasamento estatístico - somente uma linha!
- Combinação de elementos objetivos com subjetivos
- Comumente para problemas não estruturados, e com múltiplos critérios/objetivos.

Otimização

Procura pela melhor (segundo um ou vários critérios) dentre um conjunto de soluções a um problema definido matematicamente

Otimização

Procura pela melhor (segundo um ou vários critérios) dentre um conjunto de soluções a um problema definido matematicamente

- Descrição dos elementos do problema bem esclarecida

Otimização

Procura pela melhor (segundo um ou vários critérios) dentre um conjunto de soluções a um problema definido matematicamente

- Descrição dos elementos do problema bem esclarecida
- Modelagem matemática completa é necessária

Otimização

Procura pela melhor (segundo um ou vários critérios) dentre um conjunto de soluções a um problema definido matematicamente

- Descrição dos elementos do problema bem esclarecida
- Modelagem matemática completa é necessária
- Diferentes técnicas segundo complexidade e tipo de problema

Otimização

Procura pela melhor (segundo um ou vários critérios) dentre um conjunto de soluções a um problema definido matematicamente

- Descrição dos elementos do problema bem esclarecida
- Modelagem matemática completa é necessária
- Diferentes técnicas segundo complexidade e tipo de problema
- Pode ter múltiplos ou único critério

Otimização

Procura pela melhor (segundo um ou vários critérios) dentre um conjunto de soluções a um problema definido matematicamente

- Descrição dos elementos do problema bem esclarecida
- Modelagem matemática completa é necessária
- Diferentes técnicas segundo complexidade e tipo de problema
- Pode ter múltiplos ou único critério
- Exemplos...

Otimização

**Análise de decisão
(multicritério)**

Otimização

- Formulação e resolução para encontrar uma solução (ou várias) "melhor".
- Intervenção do decisor na definição de parâmetros, ou escolha dentre as soluções ótimas. (Multiobjetivo)
- Requer modelagem matemática completa do problema
- **Comum com infinitas ou muitas soluções, com um ou poucos objetivos**

Análise de decisão (multicritério)

Otimização

- Formulação e resolução para encontrar uma solução (ou várias) "melhor".
- Intervenção do decisor na definição de parâmetros, ou escolha dentre as soluções ótimas. (Multiobjetivo)
- Requer modelagem matemática completa do problema
- **Comum com infinitas ou muitas soluções, com um ou poucos objetivos**

Análise de decisão (multicritério)

- Diversas abordagens de resolução para identificar a "melhor" solução
- Intervenção do decisor mais explícita
- Flexibilidade na representação do problema
- **Comum em seleção de poucas alternativas, com muitos critérios**

Multiple criteria decision analysis/making (MCDA/MCDM)

- Começo na década de 1960, dentro da área de pesquisa operacional

Multiple criteria decision analysis/making (MCDA/MCDM)

- Começo na década de 1960, dentro da área de pesquisa operacional
- Aplicação em diversos problemas de decisão e planejamento

Multiple criteria decision analysis/making (MCDA/MCDM)

- Começo na década de 1960, dentro da área de pesquisa operacional
- Aplicação em diversos problemas de decisão e planejamento
- Objetivo pode ser avaliação ou geração de alternativas

Multiple criteria decision analysis/making (MCDA/MCDM)

- Começo na década de 1960, dentro da área de pesquisa operacional
- Aplicação em diversos problemas de decisão e planejamento
- Objetivo pode ser avaliação ou geração de alternativas
- Soluções procuradas são as não dominadas (Pareto) ou conceitos semelhantes

Multiple criteria decision analysis/making (MCDA/MCDM)

- Começo na década de 1960, dentro da área de pesquisa operacional
- Aplicação em diversos problemas de decisão e planejamento
- Objetivo pode ser avaliação ou geração de alternativas
- Soluções procuradas são as não dominadas (Pareto) ou conceitos semelhantes
- Sempre precisa de informação sobre preferencias do decisor

Métodos

- Analytic hierarchy process (AHP)
- Analytic network process (ANP)
- Data envelopment analysis
- Decision EXpert (DEX)
- ELECTRE
- Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS)
- Goal programming (GP)
- Markovian Multi-Criteria Decision Making
- Nonstructural Fuzzy Decision Support System (NSFDSS)
- PROMETHEE
- Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA)
- Superiority and inferiority ranking method (SIR method)

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Thomas L. Saaty, 1970's, EUA

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Thomas L. Saaty, 1970's, EUA
- Ferramenta para tomada de decisão, principalmente em grupos e para decisões/escolhas complexas

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Thomas L. Saaty, 1970's, EUA
- Ferramenta para tomada de decisão, principalmente em grupos e para decisões/escolhas complexas
- Procura tornar quantitativo o processo de decisão

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Thomas L. Saaty, 1970's, EUA
- Ferramenta para tomada de decisão, principalmente em grupos e para decisões/escolhas complexas
- Procura tornar quantitativo o processo de decisão
- Permite usar critérios quantitativos e qualitativos, precisos ou estimados, etc

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Thomas L. Saaty, 1970's, EUA
- Ferramenta para tomada de decisão, principalmente em grupos e para decisões/escolhas complexas
- Procura tornar quantitativo o processo de decisão
- Permite usar critérios quantitativos e qualitativos, precisos ou estimados, etc
- Ideia geral: desenvolve prioridade entre alternativas e critérios para julgá-las

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Thomas L. Saaty, 1970's, EUA
- Ferramenta para tomada de decisão, principalmente em grupos e para decisões/escolhas complexas
- Procura tornar quantitativo o processo de decisão
- Permite usar critérios quantitativos e qualitativos, precisos ou estimados, etc
- Ideia geral: desenvolve prioridade entre alternativas e critérios para julgá-las
- Formalmente, é uma metodologia de medição relativa

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Elementos: Objetivo (1), alternativas (N), critérios (M), e relações entre eles.

Método de análise hierárquica (AHP)

Analysis hierarchy process (AHP)

- Elementos: Objetivo (1), alternativas (N), critérios (M), e relações entre eles.
- Critérios em diferentes escalas, ou sem, não podem ser simplesmente combinados
→ avaliação relativa: priorização

Método de análise hierárquica (AHP)

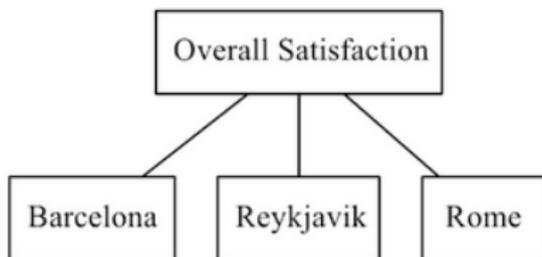
Analysis hierarchy process (AHP)

- Elementos: Objetivo (1), alternativas (N), critérios (M), e relações entre eles.
- Critérios em diferentes escalas, ou sem, não podem ser simplesmente combinados
→ avaliação relativa: priorização
- priorização de critérios segundo a importância para a meta, e do desempenho das alternativas.

Exemplo de Método de análise hierárquica (AHP)

Uma família que mora na Europa vai decidir para qual cidade ir nas férias:

$X = \text{Roma, Barcelona, Reykjavik}$



Exemplo de Método de análise hierárquica (AHP)

Para poder decidir, vão dar pontuação w para cada alternativa.

$$w = (w_1, w_2, w_3)$$

Se: $w_2 > w_1 > w_3 \rightarrow$ Barcelona \succ Roma \succ Reykjavik

Exemplo de Método de análise hierárquica (AHP)

Para poder decidir, vão dar pontuação w para cada alternativa.

$$w = (w_1, w_2, w_3)$$

Se: $w_2 > w_1 > w_3 \rightarrow$ Barcelona \succ Roma \succ Reykjavik

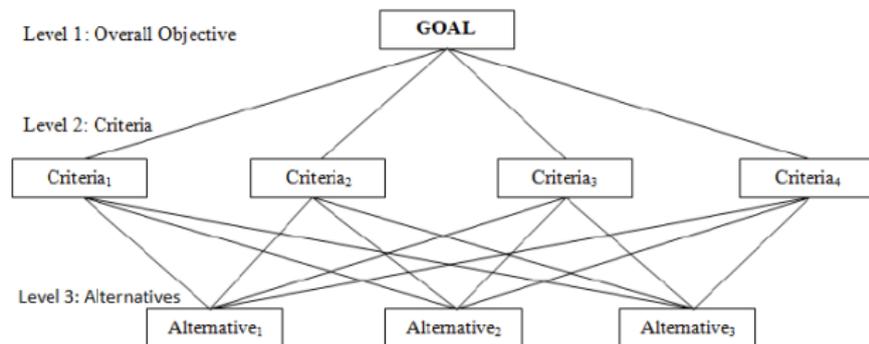
Mas a definição do vetor w não é simples, principalmente se houver muitas alternativas, e se o objetivo não for fácil de avaliar.

Passos do método:

- 1. Estruturação da hierarquia
- 2. Comparações em pares
- 3. Derivação de vetores de prioridade e suas combinações lineares
- 4. Verificar a consistência
- 5. Resultados e conclusões

1. Estruturação da hierarquia

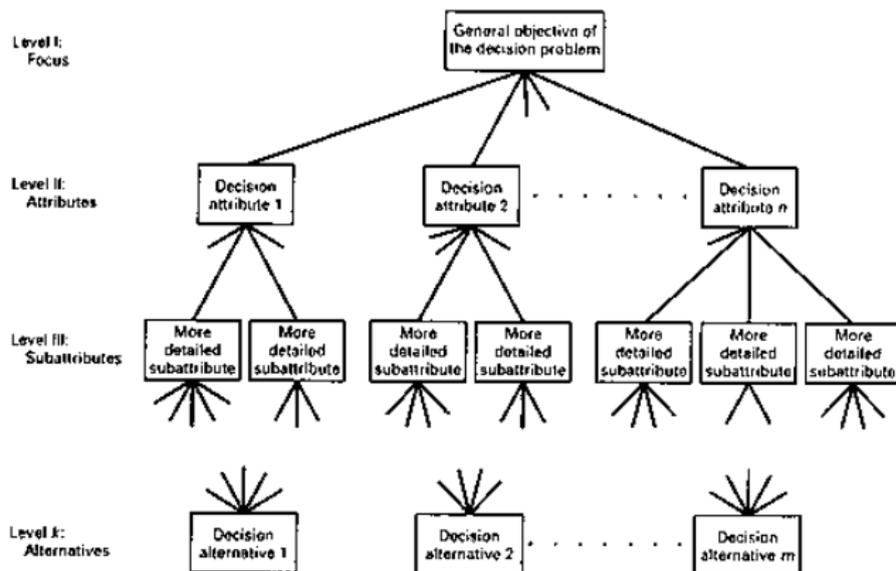
Detalhar os critérios nos quais a decisão será baseada.



Todos os M critérios devem poder ser avaliados para todas as N alternativas

AHP - Passo 1

Se o problema se faz mais complexo, várias camadas de critérios podem ser necessárias.



- Primeira camada: objetivo
- Última camada: alternativas
- Camada(s) intermediária(s): Critérios. Agrupar semelhantes

- Primeira camada: objetivo
- Última camada: alternativas
- Camada(s) intermediária(s): Critérios. Agrupar semelhantes

Todos os critérios da ante-última camada devem poder ser avaliados para cada alternativa

Exemplo AHP - 1

Comparação é possível ao usar critérios.

$$C = c_1, c_2 \dots c_m$$

No exemplo:

C = clima, ambiente, custo

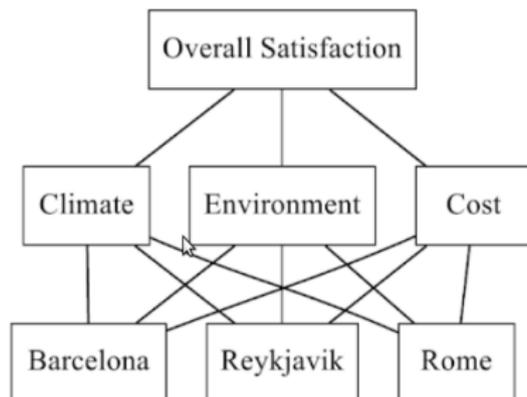
Exemplo AHP - 1

Comparação é possível ao usar critérios.

$$C = c_1, c_2 \dots c_m$$

No exemplo:

C = clima, ambiente, custo



Sendo as alternativas $X = x_1, x_2, \dots, x_N$ Preferência define pontuação w_i para cada alternativa i .

$$\hat{W} = \hat{w}_1, \hat{w}_2, \dots, \hat{w}_N^T$$

Sendo as alternativas $X = x_1, x_2, \dots, x_N$ Preferência define pontuação w_i para cada alternativa i .

$$\hat{W} = \hat{w}_1, \hat{w}_2, \dots, \hat{w}_N^T$$

Isso segundo cada um dos M critérios

$$w_i = (w_{i,1}, w_{i,2}, \dots, w_{i,M})$$

Sendo as alternativas $X = x_1, x_2, \dots, x_N$ Preferência define pontuação w_i para cada alternativa i .

$$\hat{W} = \hat{w}_1, \hat{w}_2, \dots, \hat{w}_N^T$$

Isso segundo cada um dos M critérios

$$w_i = (w_{i,1}, w_{i,2}, \dots, w_{i,M})$$

Mas a definição do vetor \hat{W} não é simples, principalmente se houver muitas alternativas.

Muito mais fácil estabelecer **Comparações em pares**

AHP - Passo 2. Comparação

Quantificação de valores de cada critério comparando alternativas

- Depende fortemente do problema em questão

AHP - Passo 2. Comparação

Quantificação de valores de cada critério comparando alternativas

- Depende fortemente do problema em questão
- Valores numéricos ou não, são transformados em escalas

AHP - Passo 2. Comparação

Quantificação de valores de cada critério comparando alternativas

- Depende fortemente do problema em questão
- Valores numéricos ou não, são transformados em escalas
- Participação de expertos

Quantificação de valores de cada critério comparando alternativas

- Depende fortemente do problema em questão
- Valores numéricos ou não, são transformados em escalas
- Participação de expertos
- Regra de transformação de valores numéricos, e quantificação dos não-numéricos

Quantificação de valores de cada critério comparando alternativas

- Depende fortemente do problema em questão
- Valores numéricos ou não, são transformados em escalas
- Participação de expertos
- Regra de transformação de valores numéricos, e quantificação dos não-numéricos
- Metodologia para consenso

Quantificação de valores de cada critério comparando alternativas

- Depende fortemente do problema em questão
- Valores numéricos ou não, são transformados em escalas
- Participação de expertos
- Regra de transformação de valores numéricos, e quantificação dos não-numéricos
- Metodologia para consenso
- Segundo cada critério independente: Matriz de avaliações comparativas (ou vetor diretamente).

AHP - Passo 2. Comparação

Quantificação das preferências entre dois critérios

Pessoas conseguimos avaliar só 7 ± 2 opções.

Importante participação de expertos.

AHP - Passo 2. Comparação

Quantificação das preferências entre dois critérios

Pessoas conseguimos avaliar só 7 ± 2 opções.

Importante participação de expertos.

Tabela proposta por Saaty (1977)

Import. rel.	Definição
1	Igualmente importante
3	Moderadamente mais importante (experiencia ou critério pessoal)
5	Fortemente mais importante (experiencia ou critério pessoal)
7	Muito fortemente mais importante (+ provado na prática)
9	Extremamente mais importante (toda evidencia prova)
2,4,5,8	Intermediários, quando necessário
$\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \dots, 1$	Recíproco

AHP - Passo 2. Comparação

Quantificação das preferências entre dois critérios

Pessoas conseguimos avaliar só 7 ± 2 opções.

Importante participação de expertos.

Tabela proposta por Saaty (1977)

Import. rel.	Definição
1	Igualmente importante
3	Moderadamente mais importante (experiencia ou critério pessoal)
5	Fortemente mais importante (experiencia ou critério pessoal)
7	Muito fortemente mais importante (+ provado na prática)
9	Extremamente mais importante (toda evidencia prova)
2,4,5,8	Intermediários, quando necessário
$\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \dots, 1$	Recíproco

Essa escala clássica não é ótima, mas continua a mais usada.

Escalas alternativas: segundo psicologia da tomada de decisão

2. Comparações em pares

Dado um critério, compara a pontuação de i e j : $a_{i,j} \approx \frac{w_i}{w_j}$

$a_{i,j}$: Grau de preferência de x_i acima de x_j .

2. Comparações em pares

Dado um critério, compara a pontuação de i e j : $a_{i,j} \approx \frac{w_i}{w_j}$

$a_{i,j}$: Grau de preferência de x_i acima de x_j .

$$A^k = \begin{bmatrix} a_{1,1}^k & \dots & a_{1,N}^k \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{N,1}^k & \dots & a_{N,N}^k \end{bmatrix}$$

2. Comparações em pares

Dado um critério, compara a pontuação de i e j : $a_{i,j} \approx \frac{w_i}{w_j}$

$a_{i,j}$: Grau de preferência de x_i acima de x_j .

$$A^k = \begin{bmatrix} a_{1,1}^k & \dots & a_{1,N}^k \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{N,1}^k & \dots & a_{N,N}^k \end{bmatrix}$$

Matriz A (para cada critério) tem correspondência triângulo superior com inferior, e $a_{i,i} = 1$