

Teoria da Decisão

Introdução

Prof. Lucas S. Batista

lusoba@ufmg.br

www.ppgce.ufla.br/~lusoba

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Graduação em Engenharia de Sistemas

Sumário

1

Introdução

- Apresentação

Tomada de Decisão e seu Suporte

- A todo instante somos separados com a necessidade de tomada de decisão acerca de diferentes aspectos;
- O “processo de tomada de decisão”, na maioria dos casos, consiste da avaliação de alternativas e da escolha da mais preferida entre elas;
- Tomar a decisão “correta” significa escolher a alternativa que, ao considerar diversos fatores favoráveis e contrários, optimiza uma utilidade geral;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- A entidade responsável pela tomada de decisão é conhecida como “tomador de decisão” (DM);
 - Decisões podem ser tomadas individualmente (e.g., pequenas organizações) ou em grupo (e.g., grandes empresas);
 - Frequentemente, as alternativas são caracterizadas por:
 - múltiplos critérios;
 - discrepância de requisitos;
 - ambiguidade na avaliação de cenários;
 - erros na escolha de prioridades;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Diversos fatores de incerteza estão comumente associados:
 - dificuldade ou impossibilidade de obter informações confiáveis suficientes;
 - falta de previsões confiáveis das características, propriedades e comportamento de sistemas complexos;
 - definição pobre de objetivos e restrições para projeto, planejamento, operação e controle de tarefas;
 - impossibilidade de formalizar certos fatores e critérios;
 - Esta situação é natural e inevitável em sistemas complexos.

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Uma forma para tratar problemas sob incerteza consiste na:
 - elaboração de estimativas subjetivas pelos especialistas, gerentes e DMs; e
 - definição das preferências correspondentes;
- Assim, DMs são forçados a confiar nas suas próprias ideias subjetivas sobre a eficiência das alternativas possíveis e importância dos critérios;
- Sucesso ou falha da maioria das decisões pode ser julgada por “stakeholders” considerando suas preferências subjetivas.

Tomada de Decisão e seu Suporte

- A maioria dos problemas reais são naturalmente multicritério;
- DMs precisam avaliar um conjunto de influências, interesses e consequências que caracterizam as alternativas de decisão:
 - lucro esperado e investimentos necessários;
 - dinâmicas de mercado;
 - ações dos concorrentes;
 - impactos sociais, políticos e ambientais;
- Investigações psicológicas demonstram que decisões “não formalmente auxiliadas” usam regras de decisão simplistas ou mesmo contraditórias.

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Tomadas de decisão são cada vez mais complexas e difíceis:
 - o número de alternativas viáveis são maiores do que antes;
 - o custo de erros pode ser alto e provocar reações em cadeia;
 - incertezas são inerentes a sistemas complexos (dinâmicos);
 - as rápidas mudanças no ambiente de decisão requerem decisões ágeis;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- DMs de organizações vêm frequentemente exigindo suporte técnico para auxílio à tomada de decisão de alta qualidade;
- Espera-se que decisões auxiliadas impliquem:
 - alta rentabilidade;
 - baixos custos;
 - tempos de distribuição reduzidos;
 - aumento de valor para o acionista;
 - atração de novos clientes;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Suporte à decisão pode incluir assistência ao DM quanto a:
 - análise e avaliação de um objetivo/restrição;
 - definição das preferências e prioridades sob condições incertas;
 - geração de uma lista de alternativas viáveis;
 - avaliação das alternativas, considerando preferências e restrições;
 - análise das consequências da tomada de decisão;
 - escolha da alternativa mais adequada, do ponto de vista do DM.

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Sistemas de suporte à decisão são citados desde 1970:

“Decision support systems are man-machine objects, which permit a DM to use data, knowledge, objective and subjective models for the analysis and solution of semi-structured or unstructured problems”
(Larichev & Moshkovich, 1996)

- Problemas de tomada de decisão podem ser classificados como:
 - estruturados;
 - não-estruturados;
 - semi-estruturados;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Problemas estruturados (formulação quantitativa):
 - relações de preferência recebem estimativas numéricas;
 - podem ser descritos por modelos matemáticos existentes;
 - a solução é obtida via métodos tradicionais;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Problemas não-estruturados (expressados qualitativamente):
 - incluem somente uma descrição dos recursos, indicadores e características mais importantes;
 - relações quantitativas não são conhecidas;
 - não podem ser descritos por modelos matemáticos existentes;
 - não podem ser analisados via métodos tradicionais;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Problemas semi-estruturados (problemas mistos):
 - incluem elementos quantitativos e qualitativos;
 - a solução destes problemas envolve uma combinação de procedimentos padrão e a participação ativa do DM;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Problemas típicos em Pesquisa Operacional (PO) podem ser chamados estruturados;
- Algumas características de problemas não-estruturados:
 - problema (ou suas propriedades) mudam ao longo do tempo;
 - avaliação das alternativas ocorre sob incerteza;
 - avaliação das alternativas é frequentemente qualitativa;
 - avaliação das alternativas é baseada somente nas preferências subjetivas do DM;
 - estimativas dos critérios é obtida somente de especialistas;

Tomada de Decisão e seu Suporte

- Tecnologias de suporte à Decisão Assistida por Computador (CAD) possibilitam um tratamento eficaz de muitos problemas complexos de tomada de decisão;
- Entretanto, tais ferramentas de CAD são melhor usadas apenas em problemas estruturados;
- Em problemas semi- ou não-estruturado:
 - somente parte do problema pode ser auxiliado por ferramentas automatizadas (i.e., requer a presença de um DM);
 - não apenas uma, mas um conjunto de alternativas são viabilizadas (sob condições de incerteza);

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- Existe alguma diferença entre as noções de “otimização” e “tomada de decisão”?
- Estas noções são sinônimas?

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- Em um “problema de otimização” tradicional busca-se por um extremo de uma dada função objetivo (que reflete nossos interesses) atendendo certas restrições:

$$\mathbf{x}^* = \arg \min_{\mathbf{x}} f(\mathbf{x}) \in \mathbb{R}, \quad \mathbf{x} \in \mathcal{F}$$

em que \mathcal{F} é um conjunto de soluções viáveis em \mathbb{R}^n .

- Se detalhes numéricos deste problema são fornecidos e é possível obter uma única solução ótima (sem o auxílio de um DM), então tem-se um “problema de otimização”.

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- E se existirem várias soluções (ótimos locais)?
- Qual alternativa escolher?
- Esta situação requer um DM?
- Tem-se ainda um “problema de otimização”?

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- Considere agora que existam incertezas associadas ao problema (e.g., o modelo matemático não é necessariamente igual ao real):

$$\mathbf{x}^* = \arg \min_{\mathbf{x}} f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}) \in \mathbb{R}, \quad \mathbf{x} \in \mathcal{F}(\boldsymbol{\theta})$$

em que $\boldsymbol{\theta}$ é um vetor de parâmetros incertos.

- Qual alternativa escolher? Requer um DM?

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- Considere agora que exista mais de uma função objetivo (incerteza de objetivos):

$$\mathcal{P} = \arg \min_{\mathbf{x}} \{f_1(\mathbf{x}), \dots, f_m(\mathbf{x})\} \in \mathbb{R}^m, \quad \mathbf{x} \in \mathcal{F}$$

em que \mathcal{P} é o conjunto de soluções ótimas.

- Qual alternativa escolher? Requer um DM?
- PS.: Note que ainda pode-se incluir θ !

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- Os problemas de otimização que:
 - incluem incerteza de informação; e/ou
 - incerteza de objetivos; e
 - demandam a participação de um DM;
- (...) são inherentemente problemas de tomada de decisão!

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- Um dos critérios mais importantes para se classificar um problema de tomada de decisão é a existência ou não de um “modelo objetivo” para o problema;
- Frequentemente é impossível definir funções objetivo para problemas de tomada de decisão;
- Os modelos usados para analisar estes problemas refletem “pontos de vista” dos DMs;
- Estes pontos de vista relacionam-se às preferências dos DMs (conhecimento, experiência, intuição);
- Problemas semi- e não-estruturados dependem claramente de tomada de decisão!

Problema de Otimização vs Problema de Tomada de Decisão

- Conclusão:

- se resolvemos um “problema de otimização”, normalmente procuramos pela “melhor” solução;
- se resolvemos um “problema de tomada de decisão”, usamos informações disponíveis para tentar eliminar alternativas, que são “dominadas” por outras, visando reduzir o espaço de incertezas.

Tomada de Decisão Multicritério

- “Incerteza de objetivos” é considerada a mais difícil de tratar porque “nós simplesmente não sabemos o que queremos”!
- Tomada de Decisão Multicritério (MCDM) refere-se à tomada de decisão na presença de múltiplos critérios conflitantes.

Tomada de Decisão Multicritério

- Problemas de MCDM compartilham as seguintes características:
 - múltiplos critérios: podem ser objetivos ou atributos;
 - critérios conflitantes: existe conflito entre critérios;
 - unidades incomensuráveis: critérios podem ter diferentes unidades de medida;
 - projeto/seleção: busca-se projetar/selecionar a(s) melhor(es) alternativa(s);

Tomada de Decisão Multicritério

- A partir dos tipos de critérios (objetivos e atributos), problemas de MCDM podem ser classificados como:
 - Tomada de decisão multiobjetivo (MODM)
 - espaço de decisão contínuo ou discreto;
 - inclui variáveis de decisão, funções objetivo e restrições;
 - Tomada de decisão multiatributo (MADM)
 - espaço de decisão discreto;
 - envolve uma decisão entre possíveis alternativas, considerando-se seus atributos;
 - inclui comparação, escolha, priorização e/ou ordenamento;

Tomada de Decisão Multicritério

- Critérios: “regras” para testar aceitabilidade das alternativas;
- Objetivos: refletem o desejo do DM e indicam a direção a ser seguida;
- Metas: enquanto objetivos fornecem uma “direção”, metas apresentam um “alvo” a ser atingido;
- Atributos: são características, qualidades ou medidas de desempenho das alternativas;

Tomada de Decisão Multicritério

- Problemas de MODM
 - envolvem o “projeto” de alternativas que otimizam os objetivos do DM;
 - as alternativas podem ser geradas automaticamente;
- Problemas de MADM
 - envolvem a “seleção” da alternativa mais adequada (a partir de um conjunto predefinido) considerando seus atributos;
 - as alternativas podem ser geradas manualmente;

Tomada de Decisão Multicritério

- Estratégias multicritério são necessárias em duas situações:
 - Problemas em que as “consequências” das soluções não podem ser estimadas por um único critério
 - e.g., critérios técnicos, econômicos, ambientais, sociais;
 - Problemas que podem ser resolvidos tanto por um quanto por múltiplos critérios
 - e.g., critérios adicionais: flexibilidade de desenvolvimento, complexidade de manutenção, atratividade de investimentos, custos de falha, confiabilidade;

Tomada de Decisão Multicritério

- Duas classes de modelos podem ser construídas:
 - Modelos $\langle X, M \rangle$
 - correspondem a problemas de MODM;
 - Modelos $\langle X, R \rangle$
 - correspondem a problemas de MADM;
 - são úteis também em problemas de tomada de decisão em grupo;

Tomada de Decisão em Grupo

- Tomada de decisão em grupo (GDM) refere-se à situação de decisão em que mais de um decisor está envolvido;
- Os membros do grupo:
 - reconhecem a existência de um problema comum;
 - visam realizar uma decisão coletiva;
 - mas possuem suas próprias atitudes e motivações;

Tomada de Decisão em Grupo

- GDM é necessária quando problemas de decisão:
 - envolvem vários domínios de conhecimento;
 - requerem força de trabalho diversificada;
 - relacionam múltiplas perspectivas;

Tomada de Decisão em Grupo

- Vantagens da GDM:

- reunião de maior recurso intelectual (competências, intuição, conhecimento);
- distribuição de esforço (aquisição e processamento de informações);
- se os membros do grupo apresentam interesses divergentes, a decisão final tenderá a ser mais representativa das necessidades da organização;

Tomada de Decisão em Grupo

- Características da GDM:

- indivíduos podem pertencer a diferentes departamentos ou organizações;
- indivíduos podem pertencer a diferentes níveis gerenciais;
- a decisão pode ser necessária em curto intervalo de tempo;
- indivíduos podem não possuir informações completas para decisão;
- dados e informações necessários podem estar localizadas em diferentes bancos de dados;

Tomada de Decisão em Grupo

- GDM pode ser distinguida em dois contextos:
 - Tomada de decisão “cooperativa”
 - especialistas trabalham juntos (em equipe)
 - a responsabilidade da decisão é compartilhada por todos
 - busca-se uma alternativa que seja satisfatória para o grupo
 - Tomada de decisão “não-cooperativa” (competitiva)
 - especialistas competem entre si acerca de interesses comuns
 - exige-se negociação
 - *game theory*

Tomada de Decisão em Grupo

- Razões para geração de discordância entre indivíduos da GDM:
 - especialistas representantes de diferentes departamentos;
 - diferentes intuições e percepções acerca do problema;
 - alguns indivíduos podem ter acesso privilegiado a informações;
- A promoção de discussões no grupo minimizam estes fatores; e
- Aumentam-se as chances de obter decisões melhores;
- Ainda assim, decisões de alta qualidade não são garantidas!!!

Tomada de Decisão em Grupo

- Fatores que podem afetar a qualidade de uma GDM:
 - pressão para um breve consenso (decisão rápida);
 - pressão da maioria sobre os demais (convergência prematura);
 - centralização da informação;
- Pode ser necessário a presença de um moderador (árbitro):
 - pode ser humano ou automatizado;
 - controla o fluxo de informação no grupo;

Tomada de Decisão em Grupo

- Se ainda existirem discordâncias em uma GDM, sugere-se:
 - uso de uma regra majoritária (que satisfaz a maioria); ou
 - uso de uma regra definida por uma autoridade do grupo;

Tomada de Decisão sob Condições de Incerteza

- Diferentes tipos de incertezas são comuns em muitos problemas de tomada de decisão;
- A construção de modelos matemáticos, considerando estas incertezas,
 - aumenta a confiabilidade destes modelos; e
 - aumenta a credibilidade das decisões;

Tomada de Decisão sob Condições de Incerteza

- Teoria de conjuntos nebulosos é muito útil neste contexto:
 - permite abrir mão de precisão “excessiva” (inerente a técnicas de modelagem tradicionais);
 - enquanto preserva razoavelmente o rigor matemático.

Tomada de Decisão sob Condições de Incerteza

- A forma de pensar do ser humano, incluindo a percepção de suas preferências, é vaga e subjetiva;
- Nesse contexto, a teoria de conjuntos nebulosos possui um importante papel na modelagem de preferências (individual e em grupo);

Tomada de Decisão sob Condições de Incerteza

- Existem dois caminhos principais para resolver problemas sob condições de incerteza:
 - estima-se *a posteriori* a estabilidade de uma alternativa variando-se os parâmetros incertos:
 - simples, porém apresenta limitações;
 - pressupõe o mapeamento do efeito da incerteza até a decisão final:
 - pode ser implementado via teoria de conjuntos nebulosos;
 - mais complicado, porém mais promissora;



Literatura Especializada

-  W. Pedrycz, P. Ekel, R. Parreiras, Fuzzy Multicriteria Decision-Making: Models, Methods and Applications, John Wiley & Sons, 2011. (chapter 1)
-  J. Lu, G. Zhang, D. Ruan, F. Wu, Multi-Objective Group Decision-Making: Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques, Imperial College Press, London, 2007.
-  J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer Science, 2005.
-  Y. Collette, P. Siarry, Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies, ser. Decision Engineering, Springer, 2003.
-  B. Roy, Decision-Aid and Decision-Making, European Journal of Operational Research, 45, p. 324–331, 1990.
-  V. Chankong, Y. Haimes, Multiobjective decision making: Theory and methodology, 1st ed., Dover Publications, 2008.