



Cristina Santos Wolff

O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. José Eugenio Leal

Rio de Janeiro

Abril de 2008



Cristina Santos Wolff

O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão examinadora abaixo assinada.

Prof. José Eugenio Leal

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Paulo Edmundo de Leers Costa Ribeiro

Departamento de Física – PUC-Rio

Prof. Ronaldo Balassiano

COPPE – UFRJ

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 24 de abril de 2008

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Cristina Santos Wolff

Graduou-se em Engenharia de Produção na PUC-Rio em 2005. Tem artigos publicados em periódicos de Física e apresentou artigo no XX congresso da ANPET (Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes), um dos principais congresso de transportes do país. Atualmente está concluindo uma Especialização em Engenharia de Planejamento de Empreendimentos com Ênfase em Petróleo e Gás, como bolsista do PROMINP (Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural).

Ficha Catalográfica

Wolff, Cristina Santos

O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação / Cristina Santos Wolff ; orientador: José Eugenio Leal. – 2008.

138 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia

1. Engenharia industrial – Teses. 2. Teoria de decisão. 3. Decisão multicriterial. 4. Analytic Hierarchy Process. 5. Matriz de comparação paritária. 6. Autovetor principal. 7. Scilab. 8. Transportes. I. Leal, José Eugenio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. III. Título.

CDD: 658.5

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor José Eugenio Leal, por todas as idéias, sugestões, orientações e genialidade.

Ao Professor Paulo Costa Ribeiro, membro da banca examinadora e, principalmente, meu amigo.

Ao Professor Ronaldo Balassiano, membro da banca examinadora, pelo seu interesse no meu trabalho e sugestões.

À CAPES e à PUC-Rio pelo auxílio e investimento no meu trabalho.

Aos meus pais, que sempre me deram todo apoio na vida.

Aos meus amigos desta vida nômade, que estiveram sempre por perto. Principalmente o Fernando, que sempre me entendeu e reciprocamente foi o eterno companheiro de reclamações.

Aos demais professores do Departamento por compartilharem sua sabedoria.

A todos da secretaria do Departamento, pela colaboração, simpatia e paciência.

Resumo

Wolff, Cristina Santos; Leal, José Eugenio (Orientador). **O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação**. Rio de Janeiro, 2008. 138p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Muitos problemas de transportes, assim como de outras áreas do conhecimento, envolvem tomada de decisão. Em decisões complexas, a escolha da melhor alternativa ou plano de ação pode envolver mais de um critério e é necessário estudar como cada ação afeta cada critério. O método AHP, *Analytic Hierarchy Process*, proposto por Thomas L. Saaty, é um método de decisão multicritério que funciona para os mais diversos tipos de decisões, solucionando problemas com fatores quantitativos e qualitativos. Ele reúne a opinião dos tomadores de decisão em matrizes de comparação. Este trabalho faz uma revisão geral de conceitos básicos do método, mostrando diferentes maneiras de cálculo da solução. A primeira explorada é o cálculo exato através dos autovalores e autovetores das matrizes. Para esse cálculo, foi utilizado o *software* francês Scilab, semelhante ao mais conhecido Matlab, mas distribuído gratuitamente na internet. É discutida a questão da consistência dos julgamentos, com maneiras de medi-la e melhorá-la. Finalmente, é feita uma proposta de solução aproximada, que questiona a idéia original de que um certo nível de inconsistência é desejável. É uma solução simplificada que, supondo consistência absoluta, facilita não só os cálculos como o trabalho inicial dos tomadores de decisão. Em vez de comparar todas as alternativas com as outras, duas a duas, passa a ser necessário comparar apenas uma alternativa com as outras. A nova solução aproximada é comparada com a solução exata em três casos retirados da literatura.

Palavras-chave

Teoria de decisão; decisão multicritério; *Analytic Hierarchy Process*; matriz de comparação paritária; autovetor principal; scilab; transportes

Abstract

Wolff, Cristina Santos; Leal, José Eugenio (Advisor). **The AHP – conceptual review and proposal of simplification**. Rio de Janeiro, 2008. 138p. MSc Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Several transportation problems, as well as problems in other knowledge areas, request decision making. In complex decisions, the choice of best alternative or course of action can contain more than one criterion and it is necessary to study how each alternative affects each criterion. The AHP, Analytic Hierarchy Process, proposed by Thomas L. Saaty, is a multicriteria decision method that works well for very diverse decision types, solving problems with tangible and intangible factors. It gathers the opinion of decision makers in comparison matrices. This study makes a general review of basic concepts of the method, showing different manners of calculating the solution. The first one to be displayed is the exact solution using the eigenvalues and eigenvectors of the matrices. For this solution the French software Scilab was used, which is similar to the well-known Matlab, but free and distributed on the web. The issue of judgment consistency is discussed, including ways of measuring and improving it. Finally, a proposal of approximated solution is made, questioning the original idea which says that a certain level of inconsistency is desirable. It is a simplification that, considering absolute consistency, facilitates not only the calculations but also the early work of decision makers when judging the alternatives. Instead of making pair wise comparisons of all alternatives with each other, it becomes necessary to compare only one alternative with the others. The new approximated solution is compared to the real solution in three cases taken from the literature.

Keywords

Decision theory; multi-criteria decision making; Analytic Hierarchy Process; pairwise comparison matrix; principal right eigenvector; scilab; transportation

Sumário

1 Introdução	10
1.1. Considerações sobre tomada de decisão	10
1.2. Decisões multicriteriais	11
1.3. Características do método AHP	12
1.4. Objetivos da dissertação	13
1.5. Estrutura da dissertação	14
2 Revisão do método AHP	15
2.1. Definição dos elementos necessários	15
2.1.1. Objetivo geral	15
2.1.2. Objetivos	15
2.1.3. Critérios ou atributos	15
2.1.4. Alternativas	16
2.2. Comparação paritária entre elementos	17
2.3. Inconsistência nos julgamentos	20
2.4. Decisões em grupo	22
3 Solução exata usando autovalores e autovetores	25
4 Cálculo da medida de inconsistência	28
5 Melhoria da consistência	31
6 Resolvendo o AHP em ambiente Scilab	38
7 Solução aproximada	49
7.1. Exemplo de solução aproximada	49
7.1.1. Solução de Winston para o exemplo	50
7.1.2. Solução de Saaty para o exemplo	52
7.2. A solução aproximada de Leal para o exemplo	53
7.2.1. Solução de Leal pelos passos de Winston	53
7.2.2. Solução de Leal pelos passos de Saaty	55
7.2.3. Utilizando a solução de Leal	57
8 Experimentos com o método simplificado supondo consistência absoluta	59
8.1. Caso 1 – Seleção de transportadores	60
8.2. Caso 2 – Localização do acervo de arte da Barnes Foundation	64
8.3. Caso 3 – Priorização de projetos de transporte	70
9 Conclusão	77
10 Referências bibliográficas	80
Apêndice A – Cálculos do exemplo de seleção de transportadores	83
Apêndice B – Cálculos do exemplo de localização do acervo de arte da Barnes Foundation	101
Apêndice C – Cálculos do exemplo de priorização de projetos de transporte	114

Lista de figuras

Figura 1 – Hierarquia simples de três níveis	16
Figura 2 – Matriz-exemplo de comparações paritárias	18
Figura 3 – Posições transpostas dos valores de uma matriz de comparação	18
Figura 4 – Exemplo de questionário para o AHP, adaptado de Sato (2005)	20
Figura 5 – Matriz inconsistente	21
Figura 6 – Representação racional da matriz consistente	26
Figura 7 – Representação da matriz preenchida consistentemente a partir dos valores da 1ª linha	53
Figura 8 – Formulação da matriz normalizada, adaptado de Leal (2008)	54
Figura 9 – Hierarquia na escolha de um transportador, adaptado de Bagchi (1989)	60
Figura 10 – Hierarquia na escolha do local para a galeria de arte da Barnes Foundation	66
Figura 11 – Hierarquia na escolha da melhor alternativa de transporte, adaptado de Rodrigues (1998)	71

Lista de tabelas

Tabela 1 – Representação numérica das comparações paritárias	17
Tabela 2 – Índices de inconsistência aleatória para até dez alternativas	30
Tabela 3 – Matriz original (A) do exemplo da compra de uma casa	31
Tabela 4 – Matriz de derivadas parciais do exemplo da compra de uma casa	33
Tabela 5 – Matriz de perturbações (E) do exemplo da compra de uma casa	34
Tabela 6 – Matriz intermediária com elementos a_{33} , a_{37} , a_{73} e a_{77} substituídos	35
Tabela 7 – Matriz final (A') do exemplo da compra de uma casa	36