



SISTEMA DE APOIO A DECISÃO MULTICRITÉRIO COM ELICITAÇÃO DE PESOS E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS

Luiz Gonzaga Carneiro Leão Neto

CDSID- Center for Decision Systems and Information Development - Universidade Federal de Pernambuco.

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n –Cidade Universitária, Recife, PE, CEP 50.740-530
luizgclneto@gmail.com

Jônatas Araújo de Almeida

CDSID- Center for Decision Systems and Information Development - Universidade Federal de Pernambuco.

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n –Cidade Universitária, Recife, PE, CEP 50.740-530
jonatasaa@yahoo.com.br

Adiel Teixeira de Almeida

CDSID- Center for Decision Systems and Information Development - Universidade Federal de Pernambuco.

Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n –Cidade Universitária, Recife, PE, CEP 50.740-530
almeida@cidsid.org.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema de apoio a decisão via web com base no modelo aditivo, obtendo os pesos através do procedimento de tradeoff para seleção de portfólio de projetos, apresentando o problema multicritério de seleção de portfólio de projetos e tópicos bastante relevantes da literatura. Entre os tópicos é discutido o problema de escala quando a avaliação dos projetos é realizada com normalização intervalar para um modelo compensatório. O SAD apresentado calcula os pesos através das indiferenças declaradas durante o procedimento de tradeoff e os converte para o contexto de escala de razão, realizando sobre estes dados uma análise de sensibilidade após o cálculo da recomendação. Uma aplicação adaptada da literatura é apresentada e discutida.

PALAVRAS CHAVE. Seleção de portfólio de projetos, MCDA, Elicitação de pesos.

Tópicos (Apoio a Decisão Multicritério, Outras aplicações em PO)

ABSTRACT

This paper aims to present a web based decision support system based on the additive model, obtaining the weights through the tradeoff procedure to select project portfolio, presenting the multicriteria problem of project portfolio selection and relevant topics of literature. Among the topics is discussed the problem of scale when the evaluation of the projects is performed with interval normalization for a compensatory model. The presented SAD calculates the weights through the indifferences declared during the tradeoff procedure and converts them into the ratio scale context, performing on these data a sensitivity analysis after the calculation of the recommendation. An adapted application of the literature is presented and discussed.

KEYWORDS. Project Portfolio Selection, MCDA. Weights Elicitation.

Paper topics (Multicriteria Decision Support, Other applications in OR)



1. Introdução

O cenário do mercado atual em que as organizações estão inseridas é complexo e apresenta uma competitividade acirrada exigindo constantemente decisões rápidas, precisas e eficientes. Mudanças frequentes podem ocorrer na composição de projetos de uma organização e por isso devem apresentar um alto nível de gerenciamento e intimidade com a estratégia para que tais mudanças não afastem a organização de seus objetivos a longo prazo.

A gestão de projetos individuais já não é mais suficiente nas empresas que compõem este setor. É necessário agora, que essas organizações sejam capazes de gerenciar os múltiplos projetos que possuem. Segundo o [PMI 2013] esse conjunto de projetos, que são gerenciados como um grupo para o alcance dos objetivos estratégicos da organização, é chamado de portfólio. O gerenciamento de portfólio seleciona e acompanha os projetos que melhor contribuem com o planejamento estratégico da organização. Este tipo de decisão é particularmente importante devido a íntima relação com a estratégia, ao fato de que envolverá uma ampla alocação de recursos que são limitados, de maneira que restringirá a livre seleção dos projetos, além de que um projeto mal selecionado, além de gastar recursos que dificilmente serão recuperados ainda pode comprometer a imagem da empresa a depender do tipo de projeto.

Como a seleção portfólio de projetos envolve uma coleção de investimentos com o intuito de contribuir com a estratégia de uma organização, tal decisão pode ser considerada como uma decisão multicritério, uma vez que é difícil explicar a contribuição à estratégia através de apenas um único critério, sem um modelo de agregação de preferências e sem perda relevante de informação. Várias são as aplicações de modelos multicritério em problemas de seleção de portfólio de projetos relatados na literatura [Wey e Wu 2007, Mavrotas e Pechak 2013, Chen e Zhu 2011, Marinoni et al 2011].

Este artigo apresenta um sistema de apoio a decisão via web voltado para seleção de portfólio de projetos usando um modelo de decisão multicritério.

2. Métodos de apoio a decisão multicritério voltados para seleção de portfólio de projetos

Vários modelos de decisão são relatados na literatura, podendo ser classificados em modelos compensatórios e modelos não compensatórios. Segundo [Almeida 2013], nos métodos compensatórios é considerada uma compensação de um menor desempenho de uma alternativa em um critério através de um melhor desempenho em outro critério. Nos modelos não compensatórios não há tal racionalidade.

Entre os modelos não compensatórios aplicados a seleção de portfólio de projetos estão os modelos baseados na família PROMETHEE [Brans e Vincke 1985, Brans e Mareschal 1992, Almeida et al 2014]. Em relação aos modelos compensatórios, podemos considerar como exemplo o modelo aditivo que segundo [Almeida et al 2014] é amplamente utilizado e faz parte do sistema de apoio a decisão apresentado neste trabalho.

Segundo [Almeida 2013], um dos desafios da decisão multicritério é a correta consideração do julgamento do decisor através dos pesos dos critérios. Para os modelos não compensatórios os pesos significam a importância relativa dos critérios. Já para os modelos compensatórios o termo mais correto seria constante de escala, uma vez que representam não apenas a importância relativa entre os critérios, mas também incorporam informação sobre a escala dos critérios. Neste trabalho será considerado o significado da constante de escala, mas usada a palavra peso por simplificação.

Uma das etapas necessárias para a aplicação do modelo aditivo em um problema de decisão multicritério é a obtenção dos pesos dos critérios. Para isto o sistema de apoio a decisão utiliza o procedimento de tradeoff [Keeney 1992], [Keeney e Raiffa 1976], que é conhecido pela sua forte estrutura axiomática. Estes pesos são obtidos através de perguntas feitas ao decisor sobre a preferência dele em relação a um par de consequências, como ilustrado na figura 1:

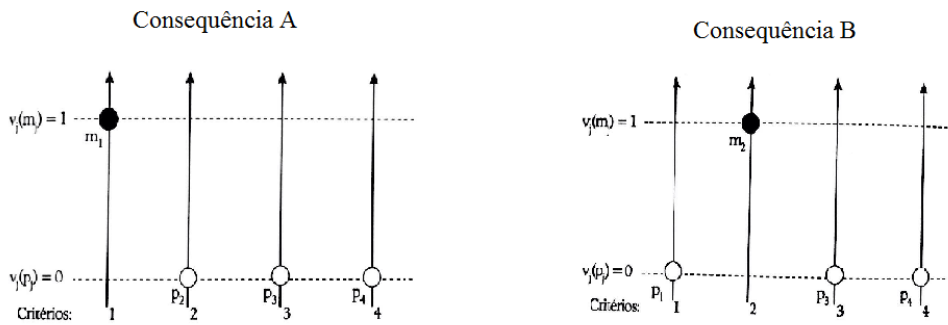


Figura 1: Consequências apresentadas ao decisor através do procedimento de tradeoff (Adaptado de Almeida, 2013)

A consequência A apresenta o melhor desempenho apresentado entre as alternativas para o critério 1 e o pior desempenho para os demais critérios. A consequência B apresenta o melhor desempenho apresentado entre as alternativas para o critério 2 e o pior desempenho para os demais critérios. Se o decisor declara que prefere a consequência B, por exemplo, isto significa que o peso do critério 2 é maior que o peso do critério 1, uma vez que no contexto de escala intervalar utilizado pelo procedimento, o valor na função intracritério do pior desempenho é 0 e do melhor é 1. Mudando as consequências para comparar outros critérios pode-se obter a ordenação entre eles.

Após a obtenção da ordem dos critérios, o procedimento de tradeoff busca obter a relação entre os critérios adjacentes, ou seja, no caso das consequências A e B da figura 1, em que o decisor prefere B, encontrar uma consequência C, demonstrada na figura 2 em que há um desempenho intermediário para o critério 2, de maneira que o decisor se sente indiferente à consequência A, encontrando-se a indiferença se acha uma relação entre os pesos dos critérios 1 e 2. Analogamente pode-se achar a uma relação para os demais pares de critérios adjacentes na ordenação.

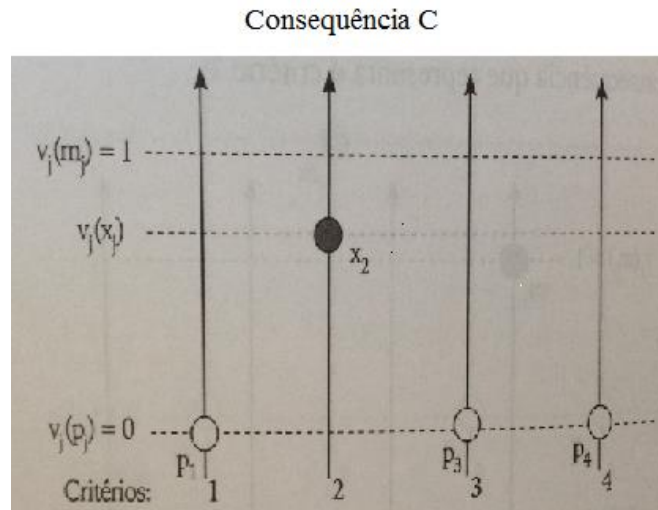


Figura 2: Consequência C na qual o decisor se sente indiferente à consequência A (Almeida, 2013)

[Almeida et al 2014] apresenta um problema de escala relacionado à avaliação de alternativas em um problema de seleção de projetos. Muitos modelos avaliam as alternativas, normalizando seus desempenhos em uma escala intervalar. Ao realizar tal normalização, cada alternativa recebe em seu valor dentro de um critério, uma constante para adaptar sua escala à escala intervalar. Para a problemática de escolha ou para a de ordenação não há problemas, pois, cada alternativa recebe a mesma constante. Para a problemática de portfólio, no entanto isto gera um problema, uma vez que o valor da combinação de alternativas será influenciado pelo número



de alternativas que a compõem. Desta forma é mais adequado utilizar uma avaliação que incorpore uma normalização de razão.

Outro problema é que alguns procedimentos de elicitação de peso, incluindo o procedimento de tradeoff, define os pesos em um contexto de normalização intervalar, uma vez que esta é mais compreensível para o decisor. Desta forma, segundo [Almeida et al 2014], estes pesos teriam que ser adaptados, de forma que se obtenha os pesos que seriam encontrados em um contexto de escala de razão.

3. Sistema de apoio a decisão para seleção de portfólio de projetos baseado no modelo aditivo

O sistema de apoio a decisão utilizado foi desenvolvido pelo Centro de Desenvolvimento em Sistema de Informação e Decisão (CDSID). Este sistema utiliza em sua base de modelos, um modelo de decisão compensatório baseado no modelo aditivo onde os pesos são obtidos através do procedimento de tradeoff.

Este procedimento, no entanto, obtém os pesos em um contexto de escala intervalar, o que segundo [Almeida et al 2014] não é adequado para a problemática de portfólio. Desta forma, os pesos obtidos são imediatamente transformados para os pesos que seriam obtidos em uma elicitação em contexto de escala de razão.

Assim como o procedimento de tradeoff, o SAD realiza perguntas ao decisor, comparando consequências e solicitando que seja declarada alguma relação de preferência com isto inicialmente é obtida a ordem dos critérios, em seguida, mais perguntas são feitas, até que o decisor consiga estabelecer uma relação de indiferença entre pares de consequências. Neste momento o procedimento obtém a relação entre os pesos dos critérios. Uma aplicação com o SAD será apresentada na próxima seção.

Como algumas destas perguntas são difíceis de serem respondidas com precisão, o SAD faz algumas perguntas com o objetivo de identificar inconsistências nas declarações fornecidas pelo decisor. Outro aspecto relacionado à precisão da declaração da indiferença entre as consequências apresentadas ao decisor, é que o mesmo pode não ter certeza de que a indiferença se encontra precisamente naquele valor, ou seja, a indiferença poderia estar em algum ponto da vizinhança da consequência apresentada ao decisor no momento em que ele declarou a indiferença. Desta forma, também é solicitado ao decisor que o mesmo estabeleça um intervalo na vizinhança da consequência dentro do qual o decisor tem confiança de que a indiferença se encontra. Esta informação é utilizada durante a análise de sensibilidade, através de uma simulação, aplicada pelo SAD. Este é outro diferencial, uma vez que a maior parte dos modelos que aplicam uma análise, o fazem através de uma variação direta sobre os pesos. O problema é que o decisor não declara os pesos, e talvez sequer os compreenda corretamente. O que o decisor declara e compreende são as consequências e as indiferenças entre elas. Desta forma, o SAD realiza a análise de sensibilidade através de simulação em que são geradas aleatoriamente as indiferenças dentro do intervalo declarado pelo decisor.

O SAD aqui apresentado poderá ser acessado através da página do CDSID, <http://www.cdsid.org.br/>.

3. Aplicação do SAD a um problema de seleção de portfólio de projetos

Para a aplicação do SAD foi utilizado um problema adaptado de Chen e Zhu (2011) de seleção de projetos de P&D, onde são apresentadas 37 propostas de projetos.

Nesta adaptação, os projetos são avaliados através de cinco critérios, sendo estes: Contribuição econômica direta, Contribuição econômica indireta, Contribuição técnica, contribuição social e contribuição científica. A tabela 1 mostra a matriz de consequências do problema adaptado de Chen e Zhu (2011). Na última coluna na tabela 1 estão descritos os custos de cada proposta de projeto considerada no problema.



Tabela 1: Matriz de consequências adaptada de Chen e Zhu (2011)

Alternativas	Critérios					Custos
	Cont. Ec. Dir.	Cont. Ec. Ind.	Cont. Tec.	Cont. Social	Cont. Cient.	
1	70,82	67,53	44,91	62,64	46,28	8,4
2	62,86	58,94	42,84	57,47	45,64	9
3	9,68	22,27	10,99	6,73	5,92	5
4	47,05	47,32	20,82	21,75	19,64	6,8
5	48,48	48,96	32,73	34,9	26,21	7,5
6	77,16	58,88	29,11	35,42	26,08	9
7	58,2	50,1	32,46	36,12	18,9	8,7
8	49,54	47,46	24,54	46,89	36,35	8,9
9	61,09	55,26	47,71	38,93	29,47	9,6
10	55,09	52,4	19,52	53,45	46,57	7,8
11	55,54	55,13	23,36	55,13	46,31	7,7
12	64,04	32,09	40,6	33,57	29,36	4,8
13	39	27,49	21,25	34,51	25,74	5,9
14	83,35	77,17	41,37	60,01	51,91	9,5
15	68,32	72	36,64	25,84	25,84	8,4
16	34,54	39,74	15,79	38,01	33,06	3,5
17	28,65	38,5	59,59	51,18	48,82	3,2
18	47,18	41,23	10,18	41,01	38,86	4,7
19	51,34	53,02	17,42	42,48	46,3	7,9
20	18,98	19,91	8,66	25,49	27,04	5,4
21	53,56	50,96	30,23	55,47	50,44	8,2
22	46,47	53,36	36,53	49,72	50,44	8,2
23	66,59	61,6	39,1	64,54	51,12	7,6
24	55,11	52,56	39,69	57,58	56,49	9,2
25	29,84	31,22	13,27	33,08	36,75	6,9
26	58,05	54,64	31,16	60,03	46,71	6,9
27	53,58	50,4	26,68	53,06	48,85	5,7
28	32,45	30,76	25,45	36,63	34,79	8
29	54,97	48,97	23,02	51,52	45,75	7,2
30	63,78	59,68	15,94	54,8	44,04	8,3
31	55,58	48,28	7,61	53,3	36,74	4,5
32	51,69	39,78	5,3	35,1	29,57	5,5
33	29,72	24,93	8,38	28,72	23,45	5,3
34	33,12	22,32	4,03	18,94	9,58	2,8
35	53,41	48,83	10,45	40,82	33,72	3,6
36	70,22	61,45	19,53	58,26	49,33	6,4
37	72,1	57,78	16,14	43,83	31,32	6,6

Os custos descritos na tabela 1 representam quantos % do orçamento a proposta irá comprometer se a mesma for aceita, de forma que como restrição foi considerado o limite de 100.



Na primeira etapa do procedimento, o SAD questiona o decisor sobre sua preferência em relação a pares de consequências, a fim de ordenar os critérios, como mostra a figura 3.

Consequência A	Consequência B
C1: Wi: 9,68	C1: Wi: 9,68
C2: Wi: 5,92	C2: Wi: 5,92
C3: Wi: 6,73	C3: Wi: 6,73
C4: Wi: 4,03	C4: Wi: 4,03
C5: Wi: 19,91	C5: Wi: 19,91

Bi: 83,35 Bi: 83,35

Bi: 56,49 Bi: 56,49

Bi: 64,64 Bi: 64,64

Bi: 59,59 Bi: 59,59

Bi: 77,17 Bi: 77,17

Question:
 Consequence A
 Consequence B
Restart OK
Chosen Order:
Legend
C1 - Direct economic
C2 - Scientific

Figura 3: Pergunta feita ao decisor pelo SAD durante o procedimento de ordenação dos critérios

Após concluída esta etapa, chegou-se a seguinte ordem dos critérios:

1. Contribuição econômica direta;
2. Contribuição científica;
3. Contribuição social;
4. Contribuição técnica;
5. Contribuição econômica indireta

Após obter a ordenação dos pesos, o SAD continua fazendo perguntas ao decisor a fim de encontrar as indiferenças descritas na seção 2 deste trabalho e que irão fornecer a relação entre os pesos dos critérios adjacentes na ordenação. A figura 2 mostra uma das perguntas realizadas pelo SAD ao usuário

CONSEQUENCE A	CONSEQUENCE B
C1: Xi: 46,515	C1: Wi: 9,68
C2: Wi: 5,92	C2: Bi: 56,49
C3: Wi: 6,73	C3: Wi: 6,73
C4: Wi: 4,03	C4: Wi: 4,03
C5: Wi: 19,91	C5: Wi: 19,91

Question:
 Consequence A
 Consequence B
Restart OK
Chosen Order:
Legend
C1 - Direct economic
C2 - Scientific

Figura 3: Pergunta feita ao decisor pelo SAD durante o procedimento de definição dos pesos.

Durante este procedimento foi declarada uma indiferença entre a consequência A e B, comparando os critérios Contribuição econômica direta em A e Contribuição científica em B, quando o desempenho da Contribuição econômica direta em A era 31,8.

Quando comparados a Contribuição científica e a Contribuição social, o desempenho em contribuição científica em que foi declarada a indiferença foi de 53,1.

Quando comparados a Contribuição social e a Contribuição técnica, o desempenho em Contribuição social em que foi declarada a indiferença foi de 52,2.



Quando comparados a Contribuição técnica e a Contribuição econômica indireta, o desempenho em Contribuição técnica em que foi declarada a indiferença foi de 54,5.

Outras perguntas o SAD foram feitas pelo SAD a fim de testar inconsistências nas declarações fornecidas. Além disto foi declarado que para cada indiferença, havia uma confiança de que as indiferenças estavam dentro de um intervalo de 20% acima e abaixo do valor declarado originalmente. Com as respostas obtidas foi possível calcular os pesos de cada critério, descritos abaixo:

- Contribuição econômica direta: 0,495;
- Contribuição científica: 0,146;
- Contribuição social: 0,138;
- Contribuição econômica indireta: 0,118;
- Contribuição técnica: 0,103.

É importante ressaltar que estes não são os pesos obtidos diretamente do procedimento de tradeoff, uma vez que tal procedimento fornece pesos em um contexto de escala intervalar. Por isso o SAD já converte automaticamente os pesos e fornece aqueles que seriam obtidos em um contexto de escala de razão. Devido a esta conversão e à consequente alteração dos pesos, percebeu-se que ocorreu uma troca na ordem dos critérios quando se compara à ordem previamente estabelecida. O critério Contribuição econômica indireta, que estava em último lugar passou para o penúltimo lugar na nova ordem, superando o peso do critério Contribuição técnica. Este efeito é possível devido ao alargamento do range considerado em cada critério quando se usa a elicitación em um contexto de escala de razão. O range do critério de Contribuição técnica neste contexto de escala de razão passou de [4,03 ; 59,59] para [0 ; 59,59], enquanto o range de Contribuição econômica indireta passou de [19,91 ; 77,17] para [0 ; 77,17], ou seja, o range do critério Contribuição econômica indireta aumentou consideravelmente mais do que o de Contribuição técnica.

Uma vez que os pesos foram calculados, o SAD calcula e fornece a solução com base na matriz de consequências e nos pesos encontrados. A tabela 2 mostra a solução encontrada pelo SAD inicialmente. Na primeira coluna estão os projetos selecionados, na segunda o valor de cada projeto e na terceira seus custos. Na última linha estão a soma dos valores e dos custos dos projetos selecionados.

Tabela 2: Projetos selecionados pelo SAD

Alternativas	V(X)	Custo
1	0,855	8,4
2	0,778	9
12	0,647	4,8
14	0,947	9,5
16	0,46	3,5
17	0,568	3,2
18	0,549	4,7
23	0,827	7,6
26	0,731	6,9
27	0,681	5,7
29	0,669	7,2
31	0,626	4,5
32	0,528	5,5
34	0,303	2,8
35	0,584	3,6
36	0,797	6,4
37	0,719	6,6
Σ	11,269	99,9



O conjunto de projetos selecionados soma um total de 11,269 no valor da função do modelo aditivo, além disto obedece a restrição de orçamento comprometendo 99,9% do mesmo.

Em seguida o SAD executa a análise de sensibilidade, gerando 100.000 casos, onde as indiferenças declaradas eram geradas aleatoriamente, e através das novas indiferenças foram calculados os novos pesos de cada caso.

Para os 100.000 casos simulados, a solução inicial se manteve em 99.980 casos. Em 20 casos o SAD recomenda trocar o projeto 2 pelo projeto 6.

Estes resultados evidenciam que a solução inicial é a mais adequada de acordo com as preferências percebidas através das declarações fornecidas. Não apenas pelo fato de que a solução se repete em 99,98% dos casos simulados, mas também pelo fato de que mesmo com poucos casos com solução diferente, esta solução difere em apenas um projeto.

3. Considerações finais

Este trabalho apresentou um SAD via web para decisão de seleção de projetos, através de um modelo de decisão multicritério baseado no modelo aditivo e usando o procedimento de tradeoff para obtenção dos pesos. Este SAD estará disponível no site <http://www.cdsid.org.br/>.

Foi apresentado tópicos importantes da literatura sobre o modelo, mostrando inclusive que o uso de avaliação com normalização intervalar para projetos é inadequado em uma decisão de seleção de portfólio, significando que os pesos também devem ser adaptados se forem obtidos neste contexto. O procedimento de tradeoff foi utilizado para obtenção dos pesos por sua forte estrutura axiomática, mas como trabalha em um contexto de escala intervalar, o SAD automaticamente transforma estes pesos para a escala de razão.

O SAD apresentado também aplica uma análise de sensibilidade através de simulação, onde a variação dos pesos se dá através da geração aleatória das indiferenças declaradas pelo decisor durante o procedimento de elicitação, em um intervalo definido pelo mesmo de acordo com sua confiança.

Foi apresentada uma aplicação do SAD a um caso adaptado da literatura de seleção de projetos de P&D com 37 propostas de projetos. Das 37 propostas o SAD recomendou 17, baseado nas consequências das propostas nos critérios e de acordo com os pesos definidos através do processo de elicitação e adaptados à escala de razão. Uma análise de sensibilidade foi realizada gerando novos pesos através de uma geração aleatória das indiferenças declaradas no processo de elicitação, dentro da vizinhança das indiferenças originais. O resultado da análise de sensibilidade mostrou que a recomendação original se repete em 99,98% dos casos.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente apoiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Referências

Almeida, A. T. de; Vetschera, R. e Almeida, J. A. (2014). Scaling Issues in Additive Multicriteria Portfolio Analysis. In: Dargam F; Hernández J. E; Zaraté P; Liu S; Ribeiro R; Delibasic B; Papathanasiou J. Decision Support Systems III - Impact of Decision Support Systems for Global Environments. LNBIP 184 (Lecture Notes in Business Information Processing), Springer. pp. 131–140.

Almeida, J. A; Almeida, A. T; Costa, A. P. S. (2014). Portfolio selection of information systems projects using PROMETHEE V with c-optimal concept. *Pesquisa Operacional*.34 (2). P. 275-299.



Almeida, A. T. (2013). *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*. Ed. Atlas. São Paulo.

Brans, J. P. e Mareschal, B. (1992) PROMETHEE V: MCDM Problems with Segmentation Constraint. *INFOR Journal: Information Systems and Operational Research*, v.30, n.2, p.85-96.

Brans, J. P. e Vincke, P. (1985) How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research* (2) p. 228–238.

Chen, C.-M. e Zhu, J. (2011), Efficient Resource Allocation via Efficiency Bootstraps: An Application to R&D Project Budgeting, *Operations Research*, 59, 3, 729-741.

Keeney, R. L., Raiffa, H. (1976). *Decision making with multiple objectives, preferences, and value tradeoffs*. Wiley. NewYork.

Keeney, R. L. (1972). Utility functions for multiattributed consequences. *Management Science*, 18, 276–287.

Marinoni, O; Adkins, P; e Hajkowicz, S. (2011), Water planning in a changing climate: Joint application of cost utility analysis and modern portfolio theory, *Environmental Modelling & Software*, 26, 1, 18-29.

Mavrotas, G. e Pechak, O. (2013). The trichotomic approach for dealing with uncertainty in project portfolio selection: combining MCDA, mathematical programming and Monte Carlo simulation. *Int. J. Multicriteria Decision Making*, 3, 1,79-96.

PMI-Project Management Institute. (2013) *The Standard for Portfolio Management*. Pennsylvania. Project Management Institute.

Wey, W.-M. e Wu, K.-Y. (2007), Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation, *Mathematical and Computer Modelling*, 46, 7-8, 985-1000.