



SISTEMA DE APOIO A DECISÃO PARA ANÁLISE MULTICRITÉRIO DE PORTFÓLIOS

David Silva de Vasconcelos

Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE
vasconcelosdsd@gmail.com

Adiel Teixeira de Almeida

Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE
almeidaatd@gmail.com

Jonatas Araújo de Almeida

Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE
jonatasaa@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo tem como objetivo, apresentar um modelo multicritério de apoio à decisão que auxilia na seleção do portfólio de projetos de uma organização. Utilizou-se neste modelo o método de agregação aditivo determinístico, associado a uma programação linear 0-1. Para tratar as incertezas relacionadas ao problema, o modelo permite ainda uma análise de sensibilidade através de uma simulação Monte Carlo em relação ao portfólio padrão obtido inicialmente, variando parâmetros como as constantes de escala e as consequências. O modelo foi aplicado através de um SAD sobre um problema adaptado da literatura. O resultado obtido também compara os projetos que tendem a entrar ou sair mais facilmente do portfólio.

PALAVRAS CHAVE. MCDA, Portfólio de projetos, Alocação de Recursos.

Área principal (Multicriteria Decision Support; Project Management; System Decision Support)

ABSTRACT

This paper aims to present a multicriteria model decision aid to support the portfolio selection of an organization. The deterministic additive multicriteria aggregation method, associated to a 0-1 linear programming was used in the model. To deal with the uncertainties related to the problem, the model provides a sensitivity analysis through a Monte Carlo simulation based on the standard portfolio obtained first, changing parameters as the scale constants and the consequences. The model was applied through a DSS to a problem adapted from the literature. The result obtained also compares the projects that easily change in the recommendation.

KEYWORDS. MCDA, Project portfolio, Resource allocation.

Main area (Multicriteria Decision Support; Project Management; System Decision Support)

1. Introdução

Conjunturas de mercado que proporcionem boas condições para realização de investimento podem causar certa dificuldade quanto à escolha sobre que investimento fazer ante a gama de alternativas disponíveis, ou mesmo em um cenário onde há escassez de recursos, é preciso avaliar com profundidade as consequências da seleção de determinado conjunto de alternativas, tendo em vista a forma como a mesma impactará o futuro da organização.

Para o PMI (2008), a importância do processo de seleção de portfólio de projetos reside no impacto que este terá no futuro da organização. Para isto, o processo de seleção de portfólio deve estar inserido em um contexto de alinhamento à estratégia da organização, que dificilmente podem ser resumidos em um único critério. Segundo Wey e Wu (2007) a avaliação e seleção de projetos de Infraestrutura de Transportes (IT), por exemplo, são problemas multicritérios de tomada de decisão.

Segundo Mavrotas e Pechak (2013), várias metodologias de suporte à avaliação e seleção de projetos têm sido desenvolvidos e relatados, nas últimas décadas. A decisão de selecionar um portfólio de projetos, inclui a análise e avaliação de propostas de projetos, e a escolha de um subconjunto delas que mais satisfaça um conjunto de critérios pré determinados que devem incluir a estratégia da organização que levará adiante este portfólio. Por outro lado, as propostas escolhidas não devem violar um conjunto de restrições naturais do problema, onde a mais comum delas é relacionada às limitações de recursos.

O problema de decisão de portfólio pode ser identificado em diversos setores, conforme citado por Vetschera, Almeida (2012):

- Seleção de projetos; nesse tópico, a seleção de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento é bem comum, Chen, Zhu (2011).
- Seleção de portfólio financeiro, que pode incluir a combinação de vários itens de investimento, tais como ações.
- Localização de conjunto de instalações (Marinoni *et al* 2011) ou filiais de uma empresa.

Assim, uma das preocupações naturais na seleção de portfólio envolve a construção de modelos de decisão e a escolha de métodos que embasem tais decisões (Almeida, 2013). Um modelo de decisão corresponde a uma representação formal e com simplificação do problema enfrentado com suporte de um método multicritério de apoio a decisão (MCDA).

O objetivo deste artigo é, portanto sugerir uma metodologia de resolução de problemas de seleção de projetos, e comparar os resultados obtidos nesse método a outros da literatura, proporcionando ao decisor, que pode ser o gerente de portfólio, uma ferramenta auxiliar de seleção de projetos.

2. Descrição do Problema

Em um problema real, dificilmente há disponibilidade de recursos suficientes para execução de todos as propostas de projetos disponíveis. Surge então o problema da escolha de um conjunto de projetos viável, os quais serão executados sem transgredir as restrições da organização e proporcionando bons retornos, principalmente tendo em vista a estratégia da mesma.

Entre as características de um problema de seleção de portfólio de projetos, estão objetivos conflitantes, possíveis interdependência entre projetos, elevado número de combinações de portfólio projetos (2^n , onde n é o número de propostas de projetos) e inviabilidade de muitas destas combinações visto que cada projeto consome parte dos recursos que são limitados. Estas características ressaltam a importância de se estruturar a seleção de portfólio, contemplando a identificação dos projetos, identificação dos benefícios dos projetos e estimativas de risco de fracasso.

A abordagem multicritério, portanto surge a fim de considerar múltiplos critérios de avaliação, os quais são conflitantes entre si, facilitando o processo decisório ante a dificuldade cognitiva do ser humano em raciocinar através de múltiplos critérios simultaneamente.

3. Modelo Multicritério de Análise de Portfólio

Observações de vários casos de avaliação econômica disponíveis, incluindo recomendações sobre como escolher um método apropriado são dadas em Hajkowicz (2005), que concluiu que muitos, se não todas as decisões de investimento de gestão de recursos naturais podem ser resolvidas com uma análise multicritério.

Vários são os métodos citados na literatura para auxiliar a seleção e priorização de projetos como visto em Roy (1996) e Vincke (1992) como, por exemplo, métodos de agregação de critérios em um critério único de síntese, sendo o mais típico o Método Aditivo; métodos de sobreclassificação, como a família de métodos ELECTRE e PROMETHEE e os métodos interativos.

No entanto os métodos em si não resolvem o problema multicritério, eles são apenas ferramentas as quais são manipuladas de modo a construir modelos que auxiliem na resolução de um problema específico, levando em consideração as características do problema e o que se deseja como resultado final. Considerando-se uma racionalidade compensatória, deve-se avaliar qual o modelo de agregação mais adequado. Dentre estes se destaca o método Aditivo, o qual é um dos mais utilizados na construção de modelos multicritério de análise de portfólios, porém só é possível existir uma função de agregação aditiva, se e somente se, os critérios forem mutuamente independentes em preferência com visto em Almeida (2013).

Neste estudo desenvolvemos um modelo para um típico problema de portfólio de projetos o qual envolve apenas a restrição de orçamento. Usando o método multicritério de apoio a decisão Aditivo determinístico, no qual há uma situação de certeza na obtenção das consequências. Com o pressuposto de que o conjunto de alternativas é estável, o deve decisor introduzir no modelo uma matriz de consequência com a avaliação do conjunto de alternativas em relação aos critérios, os quais possuem importâncias diferentes e por isso precisam ser identificados pelas suas constantes de escala. Quanto às restrições o decisor deve introduzir no modelo os custos de cada projeto e o limite de orçamento total.

Em geral o problema de decisão de portfólio, também chamado de problema da mochila, é bem conhecido na literatura conforme Martello et al (2000) e Erlebach et al (2002). O termo mochila refere-se a uma mochila com um volume fixo (o orçamento), que deve ser preenchida com os itens (projetos) onde cada item tem um volume individual (custo) e importância (valor global de cada projeto). Os itens devem ser embalados de modo que o volume disponível na mochila seja utilizado na sua máxima extensão e que ao mesmo tempo a importância total dos itens embalados seja maximizada.

$$\max_{p_r \in P} [V(p_r)]$$

Sujeito a $p_r \cdot C \leq B$, onde:

- $V(p_r)$ é o valor do portfólio p_r pertencente ao conjunto dos possíveis portfólios P , considerando além do valor de cada projeto também a inclusão da agregação de valores nos diversos critérios;
- C representa o vetor de custos dos projetos;
- B representa o orçamento da organização.

Cada portfólio p_r é diferente entre si pois é formado pelos arranjos das m alternativas do espaço amostral de projetos. O número de possíveis portfólios é dado por 2^m , uma vez que só há duas opções a escolher, incluir ou não determinado projeto, logo cada portfólio pode ser representado por $p_r = [x_1, \dots, x_m]$, sendo $x_i = 1$ se o projeto foi incluído e $x_i = 0$ se não foi incluído.

Com o uso de árvore de decisão o procedimento varre as combinações de projetos verificando a otimalidade que é alcançada quando determinado arranjo de projetos se encontra dentro do limite de orçamento e retorna o maior benefício pela seguinte fórmula:

$$V(p_r) = \sum_{i=1}^m \left(x_i * \sum_{j=1}^n k_j * v_j(a_i) \right),$$

onde a função valor $v_j(a_i)$ para o critério i é usada no modelo aditivo, com as constantes de escala k_j . Com o valor global de cada projeto, tem-se o valor do portfólio, com base nos projetos, a_i , que o compõem, ou seja, para os quais $x_i=1$.

Devido ao método aditivo determinístico não permitir uma faixa de valores intermediários e sim um valor exato em todos os dados de entrada, e esses nem sempre poderem ser mensurados facilmente quando, por exemplo, se trata de fatores subjetivos ou que envolvem risco, foi implementado no modelo a possibilidade do decisor determinar uma taxa de variação em relação à matriz de consequências e as constantes de escala de modo a tornar-se possível perceber pontos críticos do problema. O modelo então sugere uma série de outros portfólios viáveis dentro da faixa estipulada pelo decisor obtidos a partir de simulação Monte Carlo.

O procedimento de simulação Monte Carlo repete o modelo N vezes, variando os parâmetros selecionados dentro de um intervalo de valores e distribuição de probabilidades estabelecidos. São obtidas desta forma N soluções (Vose (1996) apud Mavrotas e Pechak, 2013). Para isto, N deve ser um número elevado. Muitas das N soluções podem ser idênticas.

Deve-se tomar cuidado, no entanto com as escalas utilizadas, pois de um modo geral os procedimentos de elicitação das constantes de escala para o modelo de agregação aditivo, utilizam a escala intervalar, trazendo distorções graves no processo, como mostrado em Almeida et al (2014). A utilização desse tipo de escala agrega uma constante ao valor do portfólio proporcional ao seu tamanho, o que impossibilita a comparação de portfólios com diferentes tamanhos. Visando contornar esse erro, o modelo aqui apresentado possui a possibilidade de, caso as constantes de escala tenham sido obtidas em um contexto de escala intervalar, fazer-se a conversação para escala de razão.

Este efeito de tamanho do portfólio (Almeida et al, 2014) indica que há uma tendência para seleção de portfólio de tamanho menor, quando se usa com escalas intervalares, nas funções de valor intra-critério, no modelo de agregação aditivo para avaliação de portfólios. Situação similar de escalas foi identificada com o uso de outro método multicritério para seleção de portfólios, tais como no caso do PROMETHEE V (Almeida e Vetschera, 2012; Vetschera e Almeida, 2012).

4. Aplicação do modelo

4.1. Aplicação Modelo

Aplicamos a metodologia em um problema de orçamento de P&D em que uma quantia fixa de financiamento será destinada aos projetos candidatos. Os dados utilizados foram apresentados pela primeira vez em Oral et al (1991) apud Chen e Zhu (2011). Este conjunto de dados é composto de propostas de 37 projetos de P&D levando-se em consideração o orçamento previsto e as contribuições dos diferentes tipos de ferro turco e siderurgia. Originalmente, a avaliação do projeto era realizada com base em seis critérios: contribuição indireta econômica, contribuição econômica direta, contribuição social, contribuição técnica, contribuição científica, e requisitos de orçamento, porém para utilização no modelo descrito neste artigo adaptamos o critério requisitos de orçamento para ser a restrição de orçamento. Um grupo de especialistas é responsável pela avaliação desses projetos, e as dezenas de contribuições são dadas em uma escala de 0-100. Os dados completos são fornecidos na tabela 1. O orçamento máximo disponível para o programa de P&D é de 1000 unidades monetárias.

Para implementação deste modelo foi utilizada uma ferramenta computacional que poderá ser disponibilizada para usuário, por solicitação aos autores (Vasconcelos et al, 2014).

Tabela 1

Projetos	Con. Econ. Dir.	Con. Cient.	Com. Social	Com. Técnica	Con. Econ. Ind.	Custo
P1	70,82	46,28	62,64	44,91	67,53	84,20
P2	62,86	45,64	57,47	42,84	58,94	90,00
P3	9,68	5,92	6,73	10,99	22,27	50,20
P4	47,05	19,64	21,75	20,82	47,32	67,50
P5	48,48	26,21	34,9	32,73	48,96	75,40
P6	77,16	26,08	35,42	29,11	58,88	90,00
P7	58,2	18,9	36,12	32,46	50,1	87,40
P8	49,54	36,35	46,89	24,54	47,46	88,80
P9	61,09	29,47	38,93	47,71	55,26	95,90
P10	55,09	46,57	53,45	19,52	52,4	77,50
P11	55,54	46,31	55,13	23,36	55,13	76,50
P12	64,04	29,36	33,57	40,6	32,09	47,50
P13	39	25,74	34,51	21,25	27,49	58,50
P14	83,35	51,91	60,01	41,37	77,17	95,00
P15	68,32	25,84	25,84	36,64	72	83,80
P16	34,54	33,06	38,01	15,79	39,74	35,40
P17	28,65	48,82	51,18	59,59	38,5	32,10
P18	47,18	38,86	41,01	10,18	41,23	46,70
P19	51,34	46,3	42,48	17,42	53,02	78,60
P20	18,98	27,04	25,49	8,66	19,91	54,10
P21	53,56	50,44	55,47	30,23	50,96	82,10
P22	46,47	50,44	49,72	36,53	53,36	82,10
P23	66,59	51,12	64,54	39,1	61,6	75,60
P24	55,11	56,49	57,58	39,69	52,56	92,30
P25	29,84	36,75	33,08	13,27	31,22	68,50
P26	58,05	46,71	60,03	31,16	54,64	69,30
P27	53,58	48,85	53,06	26,68	50,4	57,10
P28	32,45	34,79	36,63	25,45	30,76	80,00
P29	54,97	45,75	51,52	23,02	48,97	72,00
P30	63,78	44,04	54,8	15,94	59,68	82,90
P31	55,58	36,74	53,3	7,61	48,28	44,60
P32	51,69	29,57	35,1	5,3	39,78	54,50
P33	29,72	23,45	28,72	8,38	24,93	52,70
P34	33,12	9,58	18,94	4,03	22,32	28,00
P35	53,41	33,72	40,82	10,45	48,83	36,00
P36	70,22	49,33	58,26	19,53	61,45	64,10
P37	72,1	31,32	43,83	16,14	57,78	66,40

Para a utilização do modelo, os pesos foram normalizados de forma que a soma dos mesmos seja igual a 1, abaixo são apresentados os pesos dos critérios que foram arredondados para efeito de apresentação:

- Contribuição econômica direta – 0,5
- Contribuição científica – 0,152
- Contribuição social – 0,136
- Contribuição técnica – 0,106
- Contribuição indireta econômica – 0,106

Porém, se for levado em consideração que os pesos foram obtidos originalmente em um contexto de escala intervalar, então eles devem ser adaptados para o contexto de escala de razão, conforme Almeida et al (2014), desta forma, os pesos adaptados são:

- Contribuição econômica direta – 0,495
- Contribuição científica – 0,148
- Contribuição social – 0,133
- Contribuição técnica – 0,099
- Contribuição indireta econômica – 0,125

A tabela 2 descreve na segunda coluna os resultados obtidos por Chen e Zhu (2011) quando usado 100% do orçamento, e os resultados obtidos pelo modelo proposto neste trabalho, usando os pesos originais, considerando o contexto da escala intervalar, na terceira coluna e os pesos adaptados para o contexto de razão na quarta coluna.

Tabela 2

Projetos	Chen e Zhu (2011)	Mod. Pesos Int.	Mod. Pesos Razão
P1	1	1	1
P2	1	1	1
P3	0	0	0
P4	0	0	0
P5	0	0	0
P6	0	0	0
P7	0	0	0
P8	0	0	0
P9	0	0	0
P10	0	0	0
P11	1	0	0
P12	0	1	1
P13	0	0	0
P14	1	1	1
P15	0	0	0
P16	1	1	1
P17	1	1	1
P18	1	1	1
P19	0	0	0
P20	0	0	0
P21	0	0	0
P22	0	0	0
P23	1	1	1

P24	0	0	0
P25	0	0	0
P26	1	1	1
P27	1	1	1
P28	0	0	0
P29	1	1	1
P30	0	1	0
P31	1	1	1
P32	1	0	1
P33	0	0	0
P34	0	0	1
P35	1	1	1
P36	1	1	1
P37	1	1	1

Uma análise de sensibilidade através de simulação Monte Carlo foi feita em cima do problema considerando os pesos no contexto da escala de razão. A análise de sensibilidade gerou 100.000 casos baseados no problema, considerando uma variação sobre os pesos de 10% e de 20% em uma distribuição de probabilidade uniforme.

Para uma variação de 10% não houve nenhuma outra solução recomendada além da padrão. Quando considerada uma variação de 20%, uma nova solução foi recomendada em 48 dos 100.000 casos. A nova solução troca o projeto P2 pelo projeto P6.

4.2. Discussão de resultados

O modelo proposto foi aplicado sobre um problema de seleção de portfólio de projetos de P&D adaptado de Chen e Zhu (2011). O modelo considerou a utilização dos pesos originais e considerou a situação de estes pesos serem obtidos no contexto da escala intervalar, necessitando de uma adaptação.

Comparando o resultado obtido pelo modelo proposto neste artigo, considerando os pesos adaptados para o contexto da escala de razão com o resultado obtido em Chen e Zhu (2011), pode ser visto, de acordo com a tabela 2, que o projeto P11 foi substituído pelos projetos P12 e P30. Isto ocorreu devido ao fato de que os custos somados de P12 e P34 eram ligeiramente inferiores ao custo de P11, porém juntos satisfaziam mais aos objetivos do decisor.

Quando comparados os resultados obtidos por este trabalho com os dois conjuntos de pesos, percebe-se que o resultado obtido com os pesos no contexto da escala de razão trocou o projeto P30 pelos projetos P32 e P34, o que confirma a tendência de que a distorção do modelo que utiliza os pesos obtidos através do contexto de escala intervalar beneficia portfólio com menos projetos.

É importante considerar que os resultados obtidos consideram a certeza dos dados. Para lidar com a incerteza, foi realizada a análise de sensibilidade, considerando uma faixa de variação de 10% e de 20% sobre os pesos, considerando o contexto da escala de razão, rodando 100.000 casos para cada uma das duas faixas. A análise mostrou que a solução padrão se mantém para uma variação de 10% e que para uma variação de 20% surge uma nova solução, que aparece apenas em 0,05% dos 100.000 casos, mostrando uma robustez da solução padrão encontrada.

Deve ser ressaltado também que a nova solução encontrada na análise de sensibilidade é bastante semelhante à solução padrão, diferindo em apenas um projeto. Desta forma, caso o decisor deseje comparar as duas soluções, a análise pode se resumir a apenas os projetos trocados P2 e P6, o que é mais que comparar portfólios.

5. Conclusões

A seleção de projetos e alocação de recursos é tipicamente um problema de decisão multicritério, onde se tem uma grande quantidade de projetos a serem executados porém um orçamento limitado, sendo necessário selecionar o portfólio de projetos que traga maiores benefícios a organização, considerando o alinhamento à sua estratégia.

Levando em consideração esta necessidade, este artigo dissertou sobre um modelo de seleção de portfólios tendo como base o Método aditivo Determinístico com os pesos obtidos em um contexto da escala de razão. Foi apresentada uma aplicação sobre um problema de seleção de projetos de P&D adaptado de Chen e Zhu (2011).

O trabalho comparou a solução obtida por Chen e Zhu (2011) e as soluções obtidas pelo modelo apresentado considerando os pesos obtidos através de um contexto de escala de razão e intervalar. A solução apresentada evidenciou que os pesos obtidos dentro de um contexto de escala intervalar penalizam portfólios com mais projetos.

O Método Aditivo Determinístico possui a limitação de considerar a certeza sobre os parâmetros do problema de decisão. Para superar esta limitação, tornando o modelo adequado à subjetividade dos pesos obtidos do decisor, foi realizada uma análise de sensibilidade através de uma simulação Monte Carlo. Pôde se perceber a robustez da solução encontrada inicialmente e compará-la com uma nova solução encontrada na análise de sensibilidade através da análise dos projetos que são trocados entre as soluções, o que é uma tarefa mais simples do que comparar dois portfólios inteiros.

Desta forma, o modelo apresentado torna mais simples para o decisor o problema de decisão de seleção de portfólio de projetos, considerando a incerteza dos parâmetros de decisão, fornecendo informação para que seja escolhido um portfólio mais adequado para as necessidades estratégicas da organização.

Referências

- Almeida AT de, Vetschera R, Almeida JA (2014).** Scaling Issues in Additive Multicriteria Portfolio Analysis. In: DARGAM F, HERNÁNDEZ JE, ZARATÉ P, LIU S, RIBEIRO R, DELIBASIC B, PAPATHANASIOU. EWG-DSS III Edition of the Springer-LNBIP (Lecture Notes in Business Information Processing) Book on: Impact of Decision Support Systems for Global Environments.
- Almeida, A T,** Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério, Atlas, São Paulo, 2013.
- Almeida, A. T. e Vetschera, R. (2012),** A note on scale transformations in the PROMETHEE V method. *European Journal of Operational Research*, 219, 198-200.
- Chen, Chien-Ming e Zhu, Joe (2011),** Efficient Resource Allocation via Efficiency Bootstraps: An Application to R&D Project Budgeting, *Operations Research*, 59, 3, 729-741.
- Erlebach, T., Kellerer, H., Pferschy, U. (2002),** Approximating multiobjective knapsack Problems, *Management Science*, 48, (12), 1603-1613.
- 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.
- Martello, S., Pisinger, D., Toth, P. (2000),** New trends in exact algorithms for the 0 e1 knapsack problem, *European Journal of Operational Research*, 123, 325-332.
- Mavrotas, G., 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.
- Oral, M., O. Kettani e P. Lang. (1991),** A methodology for collective evaluation and selection of industrial R&D projects, *Management Science*, 37, 7, 871–885.
- PMI (2008).** The standard for portfolio management. 3 ed. Project Management Institute.



- Roy, B** (1996), Multicriteria methodology for decision aiding, Kluwer Academic Publishers.
- Vasconcelos, DS; Krym, EM; Almeida JA; Almeida AT de; (2014)** MCDM Additive Portfolio Analysis for linear intra-criteria value and graphic output, PU-A1MMG-DF1.
- Vetschera, R. e Almeida A. T.** (2012), A.T. A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. Computers e operations research, 39, 5, 1010-1020.
- Vincke, P**, Multicriteria decision-aid, Jon Wiley, New York, 1992.
- Wey, Wann-Ming e Wu, Kuei-Yang** (2007), Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation, Mathematical and Computer Modelling, 46, 7-8, 985-1000.