

CONEM2024-0025

ABC MULTICRITERIA CLASSIFICATION WITH ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS: HOW TO FORCE CONSISTENCY OF PAIRWISE COMPARISONS MATRIX

Tatiana Balbi Fraga, tatiana.balbi@ufpe.br¹

Beatriz Marinho Cavacanti, beatriz.marinhocavacanti@ufpe.br¹

Alexia Maria Duque Silva, alexia.duque@ufpe.br¹

Erika Letícia Rodrigues Silva, erika.leticias@ufpe.br¹

¹Nome da instituição, endereço para correspondência (institucional, se houver)

Resumo: Multicriteria classification is usually a crucial step in the decision-making in the manufacturing management process. For such classification, the attribution of weights to the criteria strongly influences the coherence of the categorization. Saaty's Analytic Hierarchy Process (AHP) is an eminent method for assigning weights to multiple criteria. AHP's logic is not complicated at all. However, since criteria's pairwise comparison matrices are usually generated manually and based only on some employee know-how, there is high complexity in elaborating a consistent pairwise matrix, especially when comparing several criteria. This paper presents a constructive algorithm that can adjust inconsistent matrices, forcing such matrices to have a better consistency rate. We tested this algorithm by applying the AHP method for ABC multicriteria classification to companies in three sectors. As a result, we observed that the algorithm adjusts the pairwise matrices in just a few seconds, avoiding the manual work of several hours, then showing that it is an essential resource for applying the AHP method.

Palavras-chave: ABC multicriteria classification, analytic hierarchy process, consistency rate, constructive algorithm, COPSolver library

1. INTRODUCTION

1.1 Pairwise Comparisons Matrix and Consistency Rate

2. RESULTS AND DISCUSSIONS

2.1 Algorithm for forcing low consistency rate

Table 1 presents the modifications made by the software 'COPSolver: library for solving the multicriteria classification problem' in the pairwise comparisons matrix and the consequent changes in the consistency rate (CR) for the data collected from the three companies selected for this study.

As we can see in this table, the pairwise comparison weights are adjusted primarily according to the weights assigned to the first three criteria. Thus, although there is a change in the pairwise comparison weights, which may be significant, the weights assigned to the first three criteria will be preserved. The change will be made in the weights of the other criteria in order to force the consistency of the pairwise comparisons matrix. Another important point to note is that the algorithm stops when the desired consistency rate is reached. So, it is more likely that there will be significant changes in the fourth criterion and the next ones. Therefore, it is important that the criteria are ordered in such a way that the three most relevant criteria for the company are among the first. Then the next most relevant criteria can be ordered from last to fourth position.

Initially there was no concern in the construction of the files with the input data, with the correct ordering of the criteria. Based on the results and observations previously presented, the students were asked to order the criteria in descending order according to their importance. Based on this ordering, the input files were readjusted. The following table presents the modifications made after the correct ordering of the criteria.

Table 1: **Pairwise comparisons matrix and consistency rate changes for three companies (results found by COPSolver) - legend: sb = substitutability; lt = lead-time; rp = repairability; cr = criticality; ob = obsolescence; np = net-profit; cm = commonality.**

car mechanics company															
CR = 0.216								CR = 0.085							
	sb	lt	rp	cr	ob	np	cm		sb	lt	rp	cr	ob	co	cm
sb	1.00	3.00	3.00	5.00	7.00	9.00	9.00	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	7.00	9.00	9.00
lt	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	9.00	0.33	1.00	3.00	3.00	3.00	5.00	9.00	9.00
rp	0.33	0.33	1.00	3.00	9.00	9.00	9.00	0.33	0.33	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	9.00
cr	0.20	0.20	0.33	1.00	5.00	9.00	9.00	0.33	0.33	1.00	1.00	3.00	3.00	3.00	9.00
ob	0.14	0.14	0.11	0.20	1.00	5.00	9.00	0.14	0.20	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	9.00
np	0.11	0.11	0.11	0.11	0.20	1.00	9.00	0.11	0.11	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	9.00
cm	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	1.00	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	1.00
furniture trades company															
CR = 0.151								CR = 0.096							
	lt	sb	rp	cr	cm	np	ob		lt	sb	rp	cr	cm	np	ob
lt	1.00	0.20	0.14	0.20	7.00	0.11	5.00	1.00	0.20	0.14	0.33	0.33	7.00	0.20	5.00
sb	5.00	1.00	0.33	0.33	5.00	0.14	7.00	5.00	1.00	0.33	1.00	5.00	0.33	0.33	7.00
rp	7.00	3.00	1.00	0.33	5.00	0.14	3.00	7.00	3.00	1.00	1.00	7.00	1.00	1.00	3.00
cr	5.00	3.00	3.00	1.00	9.00	0.33	9.00	3.00	1.00	1.00	1.00	7.00	1.00	1.00	9.00
cm	0.14	0.20	0.20	0.11	1.00	0.11	1.00	0.14	0.20	0.14	0.14	1.00	0.11	1.00	1.00
np	9.00	7.00	7.00	3.00	9.00	1.00	9.00	5.00	3.00	1.00	1.00	9.00	1.00	1.00	9.00
ob	0.20	0.14	0.33	0.11	1.00	0.11	1.00	0.20	0.14	0.33	0.11	1.00	0.11	1.00	1.00
plastic packaging manufacturing company															
CR = 0.625							CR = 0.085								
	np	cr	lt	ob	sb	rp		np	cr	lt	ob	sb	rp		
np	1.00	3.00	7.00	7.00	5.00	5.00	1.00	3.00	7.00	9.00	9.00	5.00	9.00		
cr	0.33	1.00	3.00	0.20	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00	3.00	3.00	1.00	5.00		
lt	0.14	0.33	1.00	5.00	7.00	7.00	0.14	0.33	1.00	3.00	3.00	3.00	7.00		
ob	0.14	5.00	0.20	1.00	0.33	3.00	0.11	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	3.00		
sb	0.20	5.00	0.14	3.00	1.00	3.00	0.20	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	3.00		
rp	0.20	5.00	0.14	0.33	0.33	1.00	0.11	0.20	0.14	0.33	0.33	0.33	1.00		

3. INTRODUÇÃO

O objetivo destas instruções é servir de guia para a formatação dos trabalhos a serem publicados nos anais. Os anais do XII CONEM serão publicados no formato AdobeTM PDF.

Os artigos **DEVEM** ser formatados de acordo com estas instruções. O presente arquivo pode ser usado como modelo por usuários do L^AT_EX. Além disso, pode ser usado como um guia de formatação para usuários de outros processadores de texto.

Os trabalhos (*draft* e *final paper*) estão limitados a no mínimo **6 páginas** e no máximo **10 páginas**, incluindo tabelas e figuras. O arquivo final em formato PDF não deve exceder 2 MB.

A língua oficial do congresso é o português; entretanto serão aceitos manuscritos em espanhol ou em inglês. Se o trabalho não for escrito em inglês, o autor deverá incluir o título, os nomes dos autores e afiliações, o resumo e as palavras-chave, traduzidos para o inglês, após a lista de referências, no fim do artigo.

4. FORMATO DO TEXTO

O artigo deve ser digitado no *template* “CONEM2024.tex” e as principais configurações (ex.: formato do papel, tipo e tamanho da fonte do título/Seção/Subseção, espaços, margens, alinhamentos, indentação, etc.) já estão previamente configuradas no arquivo “abcm.sty”. Título, nomes dos autores, instituição, endereço, resumo e palavras-chave devem ser recuados 0,1 cm da margem esquerda e marcados por uma linha preta na borda esquerda com largura de $2\frac{1}{4}$ pontos.

Informações suficientes devem ser fornecidas diretamente no texto, ou por referência a trabalhos publicados disponíveis. Notas de rodapé devem ser evitadas.

Todos os símbolos e notações devem ser definidos no texto. As grandezas físicas devem ser expressas no Sistema Internacional de Unidades. Os símbolos matemáticos que aparecem no texto devem ser digitados em itálico. As unidades

devem ser digitadas no estilo romano (ex.: kg, m, MJ, kW/m², em vez de *kg, m, MJ, kW/m²*).

As referências bibliográficas devem ser citadas no texto dando o sobrenome do(s) autor(es) e o ano de publicação, conforme os seguintes exemplos: “... conforme apresentado (Chang and Pakzad, 2013).” ou “Recentemente, Chang and Pakzad (2013) demonstraram que ...”. No caso de três ou mais autores, deve ser utilizada a expressão “*et al.*”, como segue: “... conforme já relatado (Bordalo *et al.*, 1989)” e “Recentemente, Bordalo *et al.* (1989) demonstraram que ...”. Duas ou mais referências com os mesmos autores e ano de publicação devem ser distinguidas acrescentando “a”, “b”, etc., ao ano de publicação. No caso da necessidade de citar vários trabalhos em uma mesma chamada, o seguinte formato pode ser utilizado: “...já se encontra consolidado na literatura (Coimbra, 1978; Clark, 1986 e Sparrow, 1980)”.

As referências devem ser listadas no final do manuscrito de acordo com as instruções fornecidas na Seção 4.

NÃO NUMERAR AS PÁGINAS.

4.1 Títulos e Subtítulos das Seções

Os títulos das seções são com letras maiúsculas (Exemplo: **MODELO MATEMÁTICO**), enquanto os subtítulos só têm as primeiras letras maiúsculas de cada palavra (Exemplo: **Modelo Matemático**). Eles devem ser numerados, usando numerais arábicos separados por pontos, até o máximo de 3 subníveis. Uma linha em branco de espaçamento simples deve ser incluída acima e abaixo de cada título ou subtítulo.

4.2 Corpo do Texto

Conforme já se encontra definido no arquivo “abcm.sty”, o corpo do texto é justificado e com espaçamento simples. A primeira linha de cada parágrafo tem recuo de 0,5 cm a partir da margem esquerda.

As equações matemáticas são alinhadas à esquerda com recuo de 0,5 cm. Elas são referidas como “Eq. (1)” no meio de uma frase, ou “Equação (1)” quando usada no início de uma sentença. Os números das equações são numerais arábicos colocados entre parênteses, e alinhados à direita, como mostrado na Eq. (1). Os símbolos usados nas equações devem ser definidos imediatamente antes ou depois de sua primeira ocorrência no texto.

O tamanho da fonte usado nas equações deve ser compatível com o utilizado no texto. Todas as grandezas físicas devem ter suas unidades expressas no Sistema Internacional de Unidades, como já mencionado.

$$\sigma = E \cdot \epsilon. \quad (1)$$

onde: σ é a tensão, E é o módulo de elasticidade longitudinal (ou Módulo de Young) e ϵ é a deformação longitudinal.

As figuras e tabelas devem ser colocadas no texto o mais próximo possível do ponto em que foram mencionadas pela primeira vez e devem ser numeradas consecutivamente em algarismos arábicos. As tabelas devem ser centralizadas e referidas por “Tab. 2” no meio de uma frase, ou por “Tabela 2” quando usada no início de uma sentença. Uma linha em branco, em espaço simples, deve ser introduzida entre a tabela e o texto subsequente.

Anotações e valores numéricos incluídos na tabela devem ter tamanhos compatíveis com a fonte usada no texto do trabalho e todas as unidades devem ser expressas no Sistema Internacional de Unidades. As unidades são incluídas apenas na primeira linha ou primeira coluna de cada tabela, conforme for apropriado. O estilo de borda é livre. As explicações, se houver, devem ser fornecidas ao pé das tabelas e não dentro das mesmas.

Table 2: **Exemplo de tabela.**

Propriedades do compósito	CFRC-TWILL	CFRC-4HS
Resistência à Flexão (MPa)	209.0 ± 10.0	180.0 ± 15.0
Módulo de Flexão (GPa)	57.0 ± 2.8	18.0 ± 1.3

As figuras devem ser centralizadas. Elas são referenciadas por “Fig. 1” no meio de uma frase ou por “Figura 1” quando usada no início de uma sentença. Sua legenda deve ser centralizada e localizada imediatamente abaixo da figura. As anotações e numerações devem ter tamanhos compatíveis com a fonte usada no texto e todas as unidades devem ser expressas no Sistema Internacional de Unidades. As figuras devem ser colocadas o mais próximo possível de sua primeira citação no texto. Deve ser deixada uma linha em branco, de espaçamento simples, entre a figura e o texto subsequente.

Figuras coloridas e fotografias de alta qualidade podem ser incluídas no trabalho. Para reduzir o tamanho do arquivo e preservar a resolução gráfica, os arquivos das imagens podem ser convertidos para o formato GIF (para figuras com até 16 cores) ou para o formato JPEG (alta densidade de cores), antes de serem inseridos no trabalho.

5. AGRADECIMENTOS

Se houver, esta seção deve ser colocada antes da lista de referências.

6. REFERÊNCIAS

Referências aceitas incluem: artigos de periódicos, dissertações, teses, artigos publicados em anais de congressos, livros, comunicações privadas e artigos submetidos e aceitos (com fonte identificada) e citações a páginas da internet.

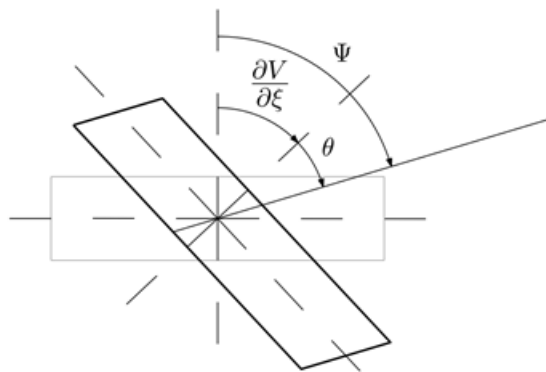


Figure 1: Exemplo de figura.

A lista de referências deve ser uma seção específica denominada Referências, localizada no fim do artigo.

A primeira linha de cada referência deve ser alinhada à esquerda, sendo que as demais terão recuo já configurado a partir da margem esquerda. Todas as referências incluídas na lista devem aparecer como citações no texto do trabalho.

As referências devem ser postas em ordem alfabética, usando o último nome do primeiro autor, seguida do ano da publicação. Exemplo da lista de referências é apresentado abaixo.

- Bordalo, S.N., Ferziger, J.H. and Kline, S.J., 1989. “The development of zonal models for turbulence”. In *Proceedings of the 10th Brazilian Congress of Mechanical Engineering*. ABCM, Rio de Janeiro, Brazil, Vol. 1, pp. 41–44.
- Chang, M. and Pakzad, S.N., 2013. “Modified natural excitation technique for stochastic modal identification”. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 139, No. 10, pp. 1753–1762. doi:10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000559.
- Clark, J.A., 1986. Private communication, University of Michigan, Ann Harbor.
- Coimbra, A.L., 1978. *Lessons of Continuum Mechanics*. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brazil. 428 p.
- Sparrow, E.M., 1980. “Forced convection heat transfer in a duct having spanwise-periodic rectangular protuberances”. *Numerical Heat Transfer*, Vol. 3, pp. 149–167.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAIS

Os trabalhos escritos em português ou espanhol devem incluir (após direitos autorais) título, os nomes dos autores e afiliações, o resumo e as palavras-chave, traduzidos para o inglês e a declaração a seguir, devidamente adaptada para o número de autores.

O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho.

AFTER FULL PAPER IN PORTUGUESE OR SPANISH, IT IS NECESSARY THE ABSTRACT IN ENGLISH

First Author's Name, e-mail¹

Second Author's Name, e-mail²

Third Author's Name, e-mail²

¹Institution and address for first author

²Institution and address for second and third authors

Same format for other authors and institutions, if any. (This guidance should be removed from the final paper.)

Abstract: The purpose of these instructions is to serve as a guide for formatting papers to be published in the *Proceedings of the XII CONEM*. The abstract must describe the objectives, methodology and main conclusions of the article, containing between 300 and 400 words in a single paragraph. It should not contain either formulae or bibliographic references. The full paper will be published in the proceedings of the event.

Keywords: keyword 1, keyword 2, keyword 3 (up to 5 keywords)