AVALIAÇÃO DE MAPAS COGNITIVOS BASEADO NA AGREGAÇÃO DE CONHECIMENTO DE ESPECIALISTAS NÃO-HOMOGÊNEOS

José Leão e Silva Filho
Universidade Federal de Pernambuco – CAA
BR-104 km 59 - 55002-970. Caruaru – PE
zeleao@gmail.com

Danielle Costa Morais
Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia de Produção, Recife-PE
dcmorais@ufpe.br

RESUMO

A agregação das opiniões de especialistas heterogêneos auxilia o processo de decisão a balancear a importância das opiniões entre as pessoas que possuem níveis de conhecimentos distintos. Esta agregação ajuda no processo de estruturação de problemas de forma a entender melhor as relações de causa-efeito relacionado as opiniões. Este artigo apresenta a proposta de utilização do procedimento de agregação de conhecimento de especialistas na avaliação de mapas cognitivos e apresenta uma simulação numérica com uma análise de sensibilidade para apreciação do desempenho do modelo proposto.

PALAVARAS CHAVE. Mapas cognitivos, especialistas não-homogêneos, Consenso

ADM - Apoio à Decisão Multicritério,

ABSTRACT

The aggregation of opinions of heterogeneous experts aids the decision-making process to balance the importance of opinions between people who have different knowledge. This kind of aggregation aids in problem structuring process to improve the understanding of cause-effect relationships related to the different opinions. This paper presents a proposal to use of expert knowledge aggregation procedure in evaluation of cognitive maps and presents a numerical simulation with a sensitivity analysis to show the performance of the proposed model.

KEYWORDS. Cognitive maps, non homogeneous specialists, consensus.

ADM- Muticriteria Decision Support

1. Introdução

O processo de tomada de decisão em grupo consiste em uma interação de alguns decisores com o objetivo de se encontrar uma decisão que seja representativa pelos seus participantes. Utilizar métodos que apoiem a aproximação das avaliações pessoais para uma opinião coletiva é uma alternativa bastante interessante em algumas decisões específicas. (Silva Filho et al, 2015) Estudos envolvendo decisão em grupo tem obtido um espaço importante nas mais diversas áreas do conhecimento, como a psicologia, ciência política, economia, entre outros.

Próximo às áreas de tomada de decisão, há a agregação de opinião por especialista. Para alguns métodos, como Pérez et al (2014), os decisores podem ser considerados como especialistas no processo. Porém, Herbig, (2009) chama atenção para a diferença das duas abordagens, em especial sobre a responsabilidade na tomada de decisão. A diferença entre estes dois atores deve estar bem clara, porque em alguns casos de PO hard pode haver um conflito de interesses. Já na PO soft, este problema da diferenciação é atenuado.

Métodos de estruturação de problemas procuram expandir a percepção do problema a fim de que ele seja tratado de maneira ampla. O SODA (Cunha et al, 2013) é um exemplo deste método. A diferença entre a opinião dos decisores e dos especialistas no caso de estruturação de problemas é atenuada porque o interesse principal dos métodos é apresentar informações que ajudem na decisão do problema. Desta forma, o interessante é que as pessoas que participem do processo tenham conhecimento sobre o assunto. As elicitações de opinião apresentadas por Hoffman (1995), por exemplo, levam apenas em conta o conhecimento de especialistas em determinado assunto, sendo decisor ou não.

A maioria das metodologias Soft segue a premissa da igualdade dos participantes, como o caso apresentado por Cunha e Morais (2016). Todos apresentam suas opiniões de maneira livre para obtenção de um problema estruturado mais amplo. Porém, esta igualdade dos participantes pode ser questionada pelo fato de alguns participantes terem mais conhecimento sobre o problema do que outros. Ou seja, é possível que no processo não haja homogeneidade entre os participantes e isso pode trazer distorções na montagem de uma estruturação coletiva.

Na linha de agregação de conhecimento de especialistas não homogêneos, Pérez et al, (2014) apresenta uma ferramenta que utiliza uma matriz fuzzy de comparação par a par das alternativas e classifica os especialistas conforme o seu grau de conhecimento sobre o assunto. Por esta perspectiva, quem tem um maior conhecimento sobre o problema tem uma influência maior no peso da decisão.

A agregação de especialistas não-homogêneos é uma questão ainda pouco discutida na PO soft. Muito se deve ao fato de que se busca uma amplitude de opiniões para que a visão expandida do processo seja bem vista. Porém, algumas ferramentas matemáticas são apresentadas a fim de melhorar a eficiência da avaliação. O modelo de Cunha et al (2013) apresenta algumas ferramentas úteis neste processo, como o cálculo da relação de distância (RD), Força e caminho crítico. Cunha et al (2016) aprimora este modelo, fazendo com que as avaliações de mapas cognitivos sejam mais eficazes.

Este artigo se propõe a utilizar a agregação de especialistas não homogêneos no modelo apresentado por Cunha et al (2016) que apresenta a construção de um mapa cognitivo conjunto. Nos tópicos seguintes, serão apresentadas as ferramentas citadas. A proposição da utilização dos modelos não homogêneos é mostrada a seguir. Por último, é apresentada uma simulação numérica junto a análise de sensibilidade.

2. Base conceitual

Alguns conceitos são apresentados nesta etapa para uma melhor compreensão dos problemas. O cenário de decisão considera que os especialistas têm conhecimento em áreas similares, porém que possuem diferenças no entendimento sobre o problema. Agregadores

como o OWA (Ordered Weighted Averaging) apresentam uma formatação parcial para este conceito (Leão e Morais, 2011).

2.1 Agregação de especialistas não-homogêneos

Neste artigo, é utilizado como referência o modelo de Perez et al (2014). Os especialistas devem prover suas opiniões utilizando a relação de preferências fuzzy, com avaliação par-a-par das alternativas Silva Filho et al (2015). Para o desenvolvimento do modelo, alguns parâmetros precisam ser definidos previamente:

$X= (x_1, x_2,..., x_n)$: conjunto de n alternativas ($n\geq 2$).
$E= \{e_1, e_2,..., e_m\}$: grupo de m especialistas ($m\geq 2$).
$\mu(e_m) \rightarrow [0,1]$ = Relevância do especialista m.
$P^m= [p_{ij}]$: Matriz que representa a relação de preferência fuzzy.
$P^c = [p^c_{ij}]$ Média das matrizes de preferências dos especialistas.
$SM^{kl} = [sm\ (kl)_{ij}]$ Matriz de similaridade entre os especialistas k e l.

$$sm^{kl}_{ij}=1-|p^k_{ij}-p^l_{ij}| \qquad \text{eq.1}$$

$CM = [cm_{ij}]$: Matriz de consenso. Os valores cm_{ij} são definidos como com a média aritmética da matriz de similaridade s.
ca_i= Grau de consenso de uma alternativa. É definido por:

$$ca_i = \sum_{j=1,j\neq i}^{n} \frac{(cm_{ij}+cm_{ji})}{2(n-1)} \text{ eq.2}$$

cr: Grau de consenso na relação:

$$cr = \sum_{i=1}^{n} \frac{ca_i}{n} \text{ eq. 3}$$

cl: Limite para o consenso da relação. Quando cr>cl, considera-se consenso por proximidade.
dc: Desempenho do consenso. É um limiar percentual de aceitação do avanço do cr
pp^k_{ij} = medida de similaridade de um par de alternativas. A sua expressão é da forma

$$pp^k_{ij} = 1- |p^k_{ij} - p^c_{ij}| \text{ eq. 4}$$

pa_i^k = Medida de similaridade de uma alternativa:

$$pa_i^k = \sum_{j=1,j\neq i}^{n} \frac{(pp_{ij}^k+pp_{ji}^k)}{2(n-1)} \text{ eq. 5}$$

pr^k= Medida de similaridade de uma relação.

$$pr^k = \sum_{i=1}^{n} \frac{pa_i^k}{n} \text{ eq. 6}$$

Os especialistas são classificados como baixa, média ou alta relevância. Com a computação dos resultados acima, são apresentadas as seguintes sugestões de ação (Silva Filho et al, 2015)

– Baixa relevância: Seu conhecimento sobre o problema pode ser menor ou sua importância é restrita. As relações cm_{ij} que o especialista de baixa relevância sofre a sugestão de mudança são definidas pelo conjunto R^k_{baixa} onde: $R^k_{baixa} = \{(i,j)|cm_{ij}<\alpha_1\}$
– Média relevância: estes especialistas têm um pouco mais de confiança sobre as suas avaliações das alternativas. Portanto se cria um conjunto de apoio Z, possíveis alterações para os especialistas de média relevância. $Z= \{(i,j)|\ R^k_{baixa} \wedge ca_i < \alpha_2\ \}$

– Alta relevância: Para os especialistas de alta relevância, as regras são ainda mais restritas. O conjunto de alterações é: $R^k_{alta} = \{(i,j) \in Z |\ pa^k_i < \beta_1 \wedge pp^k_{ij} < \beta_2\}$

Os índices α e β são limiares para os valores específicos.

2.2 Procedimento de agregação para mapas cognitivos

Este modelo de agregação foi apresentado por Cunha et al (2016) busca tornar o mapa cognitivo mais eficiente. O modelo está dividido em três etapas:

1. Workshop e construção dos mapas individuais
2. Agregação dos mapas individuais
3. Refinamento do mapa coletivo

Para apresentação neste trabalho, será discutido a segunda etapa, agregação dos mapas individuais. A agregação dos mapas individuais é feita sob 4 perspectivas.

2.2.1 Relaçao de Distância (RD):

Busca obter um valor numérico que represente a distância entre mapas cognitivos.

$$RD = \frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}|a'_{ij} - b'_{ij}|}{6pc^2 + 2pc(pu_1 + pu_2) + pu_1^2 + pu_2^2 - (6pc + pu_1 + pu_2)} \quad \text{eq. 7}$$

Onde
pc = Quantidade de elementos comuns em ambos os mapas
pu_1 = Quantidade de elementos únicos no mapa A
pu_2 = Quantidade de elementos únicos no mapa B

a_{ij} e b_{ij} são representações da intensidade a qual os participantes a e b designam para as relações a partir do nó i para o nó j. Os valores variam no intervalo discreto de +3 (forte relação positiva) e -3 (forte relação negativa). Para transformar estes valores no a_{ij}, b_{ij} da expressão anterior, deve se fazer a conversão abaixo.

$$a'_{ij} = \begin{cases} 1 \; se \; a_{ij} > 0 \; e \; i \; ou \; j \; \ni Pc \\ -1 \; se \; a_{ij,} < 0 \; e \; i \; ou \; j \; \ni Pc \\ a_{ij}, \; caso \; contrário \end{cases}$$

Segundo Cunha et al (2016) o maior valor possível de distância entre nós é 6 e a maior distância quando há apenas nós únicos é 1. É importante salientar que o valor de RD não tem uma possibilidade de comparação com os demais de natureza aditiva ou multiplicativa.

2.2.2 Formação de Cluster:

Os mapas cognitivos podem sofrer algumas dificuldades pela ocorrência de um crescimento muito grande. A amplitude de conceitos e perspectivas pode fazer com que as avaliações de relações dos nós tenham uma perda na precisão. O artigo sugere a formação de clusters baseados na proximidade e baseados na relação de distância.

2.2.3 Força

Esta etapa apresenta um valor que indica a força de cada um dos nós. A medida de força é calculada avaliando as entradas e saídas relações, juntamente com a intensidade dos nós. A expressão da força é apresentada abaixo

$$f_{im} = \frac{\sum |a_{il|} + \sum |a_{ki}|}{l+k} \text{ eq. 8}$$

O termo f_{im} representa a força do nó i na avaliação do especialista m. Com esta expressão, pode-se obter a força média

$$F_i = \sum_{m=1}^{N} \frac{f_{im}}{N} \text{ eq.9}$$

A força do nó pode ser um critério de inclusão ou exclusão de um nó em um mapa cognitivo. Cunha et al (2016) apresenta alguns valores de referência para aceitação/rejeição dos nós

Uma questão interessante não abordada no artigo original é que os especialistas podem ter níveis de conhecimento diferente, e isso influenciaria na força de um nó. Na avaliação atual, todos os especialistas tem o mesmo peso na avaliação de F_i. Esta perspectiva pode ser analisada pelos conceitos de decisão com especialistas não homogêneos

3. Proposta da medida da força de um nó para melhoria na avaliação de especialistas não-homogêneos.

A avaliação de força de um nó apresentado por Cunha et al (2016) tem como característica uma equidade de avaliação entre os participantes da decisão. Para a avaliação de tomada de decisão em universo não-homogêneo, é necessário definir as medidas de relevância do especialista N ($\mu(e_m)$), de forma que $0<\mu(e_m)<1$ e $\Sigma\mu(e_m)=1$

A. Força ponderada pelos especialistas:

A expressão apresentada na eq. 9 continua sendo válida para avaliações de força. Além desta expressão, é possível definir a força ponderada pelos especialistas. Esta medida é uma medida de força que leva em conta a importância do especialista na sua avaliação:

$$FE_i = \sum_{m=1}^{N} \mu(e_m).f_{im} \text{ eq. 10}$$

Também é interessante destacar σ_{fm} que representa o desvio padrão das avaliações de f para um nó m. Desta forma, há uma expressão de força que leva em conta de forma ponderada os pesos de cada especialista.

B. Agregação não homogênea

O artigo de Pérez et al (2014) apresenta conceitos interessantes para a utilização de agregação de opiniões de especialista não homogêneos. A sua utilização no modelo de Cunha et al (2016) necessita de algumas adaptações para se adequar ao modelo de preferência do modelo, ajustando os conceitos gerais podem ser aproveitados para o estudo. Para tanto, serão definidos os seguintes termos:

$F^k = [f_{km}]$: Matriz que representa força do nó j para o especialista k.
$SM^{kl} = [sm^{kl}_m]$ Matriz de similaridade entre os especialistas k e l sobre o nó m.

$$sm^{kl}_m = 1 - |f_{km} - f_{lm}| \qquad \text{eq.11}$$

c_m= Grau de consenso de sobre um nó m:

$$cm_m = \frac{1}{k.(k-1)} . \sum_{i=j+1}^{k} \sum_{j=1}^{k-1} sm_m^{ij} \qquad \text{eq.12}$$

cd_{kl}= Grau de consenso entre especialista k e l.

$$cd_{kl} = \frac{1}{m} . \sum_{m=1}^{k} sm_m^{kl} \text{ eq.13}$$

cr: grau de consenso global

$$cr \quad = \frac{1}{m} . \sum_{i=1}^{m} cm_m$$

As expressões propostas têm um perfil próximo dos valores originais. C_m indica o grau de consenso sobre um nó específico m, enquanto o cd_{kj} apresenta uma medida de consenso entre os especialista k e j.

cl: Limite para o consenso da relação. Quando cr>cl, considera-se que as opiniões estão tão próximas que o P^c pode ser considerado consenso.
pp^k_m = medida de similaridade da opinião de um especialista k a uma opinião de consenso sobre o assunto m

$$pp^k_m = 1 - |p^k_m - p^c_m| \text{ eq. 14}$$

p_m= Medida de similaridade para um e k a uma opinião de consenso.

$$p_m = \sum_{i=1}^{n} \frac{p_m^k}{n} \text{ eq. 15}$$

pr: Consenso médio global

$$pr \quad = \frac{1}{m} . \sum_{i=1}^{m} pp_m^k \text{ eq. 16}$$

As regras de decisão sobre a ação são diferentes do modelo anterior. Enquanto o modelo antigo se apresentavam limiares de α e β, o modelo para a medida de força sugere algumas regras dependendo do que se espera do resultado, estas regras são apresentadas a seguir

(A) **Similaridade das avaliações par a par:** Utiliza sm_m^{ij} de em comparações par a par combinado com a relevância dos especialistas.
(B) **Similaridade das avaliações por nó:** Utiliza c_m dos nós com o valor das comparações, avaliando a comparação de sm específico para cada especialista. No caso do curto prazo, basta a média dos c_m superar os valores médios do sm para um especialista r k específico. A esta restrição, se avalia a importância do c_m diante da média total para o especialista de média relevância. No caso de grande relevância, se considera ainda se a distância da opinião da força pessoal do especialista e o FE não ultrapasse uma medida de w desvios das avaliações de força para aquele nó
(C) **Similaridade com uma opinião de consenso:** O raciocínio é semelhante ao anterior, mas ao invés de serem utilizadas comparações par a par, são utilizadas as referências dos valores e consenso pp^k

	Regra de revisão dos valores de uma alternativa m		
Regra	**E_k baixa relevância (R_{baixo})**	**E_k Média Relevância ($R_{média}$)**	**E_k Alta Relevância (R_{alta})**
(A)	$sm_m^{kj} < c_r \ \forall \ e_k$	$sm_m^{kj} < c_r \ \forall \ e_k \not\subset R_{baixo}$	$sm_m^{kj} < c_r \ \forall \ e_k \subset R_{alto}$
(B)	$c_m > \frac{\sum_{j=1}^{m} sm_m^{kj}}{m-1}$ (k≠m)	$c_m > \frac{\sum_{j=1}^{m} sm_m^{kj}}{m-1}$ (k≠m) $c_r > c_m$	$c_m > \frac{\sum_{j=1}^{m} sm_m^{kj}}{m-1}$ (k≠m) $c_r > c_m$ $\lvert FE_m - f_{km} \rvert > w.\sigma_{fm}$
(C)	$pp^k_m > p_m$	$pp^k_m < p_m$ $p_r > p_m$	$pp^k_m < p_m$ $p_r > p_m$ $\lvert FE_m - f_{km} \rvert > w.\sigma_{fm}$

Tabela 1 – Regras de restrições

Após a avalição feita por alguma das regras escolhidas, há o processo da função revisão. Esta função apresenta sugestões para os especialistas repensarem as suas escolhas de intensidade para determinados nós. Esta função é definida da seguinte forma

$$R_{m'}^{k} = \left\{ \begin{array}{c} +, se\ f_{m'}^{k} < \bar{f}^{k} \\ -, se\ f_{m'}^{k} > \bar{f}^{k} \\ , caso\ m \neq m' ou\ f_{m'}^{k} = f_{m} \end{array} \right\}$$

Onde m' é um subconjunto dos nós m que foram destacados nas regras anteriores e $\bar{f}^{k}$ a média das avaliações individuais

4. Simulação numérica

Para a simulação numérica foi feita uma simulação de um mapa cognitivo com 4 especialistas, designados E1, E2, E3 e E4. Os respectivos valores μ(e) e suas relevâncias são apresentados abaixo

Especialista	μ(e)	Relevância
E1	0,15	Baixa
E2	0,15	Baixa
E3	0,3	Média
E4	0,4	Alta

Tabela 2, relevância os especialistas

Foram solicitadas as avaliações dos especialistas sobre os mapas cognitivos, calculadas as relações de distância e em sequência foi calculada a força de cada nó. Os nós fracos foram retirados conforme o processo proposto em Cunha et al (2016) e os valores obtidos da força para os nós restantes estão na tabela abaixo

	Especialista					
Nó	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**	**σ**	**FE**
1	2,1	2,3	2,4	1,7	0,30957	2,06
2	2,3	2	2,3	1,6	0,331662	1,975
3	2,4	2,4	2,1	1,5	0,424264	1,95
4	1,8	2,1	2,3	2,1	0,206155	2,115
5	1,7	2,3	2	2	0,244949	2
6	1,4	2	1,8	2,2	0,341565	1,93
7	1,6	1,8	1,4	2,3	0,386221	1,85
8	1,6	1,7	2	2	0,206155	1,895
9	2	1,8	1,6	1,7	0,170783	1,73
10	2	1,7	2,2	1,5	0,310913	1,815
$\mu(e_i)$	0,15	0,15	0,3	0,4		

Tabela 3: força do nó a partir do resultado dos especialistas

A partir destes valores, foram calculados todos os índices apresentados entre a equação 10 e 16.

Sm

Nó	E1/E2	E1/E3	E1/E4	E2/E3	E2/E4	E3/E4	Cm
1	0,93	0,90	0,87	0,97	0,80	0,77	0,87
2	0,90	1,00	0,77	0,90	0,87	0,77	0,87
3	1,00	0,90	0,70	0,90	0,70	0,80	0,83
4	0,90	0,83	0,90	0,93	1,00	0,93	0,92
5	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	0,90
6	0,80	0,87	0,73	0,93	0,93	0,87	0,86
7	0,93	0,93	0,77	0,87	0,83	0,70	0,84
8	0,97	0,87	0,87	0,90	0,90	1,00	0,92
9	0,93	0,87	0,90	0,93	0,97	0,97	0,93
10	0,90	0,93	0,83	0,83	0,93	0,77	0,87
						c_r	0,88

Tabela 4: Valores de sm

	Ppk				
Nó	E1	E2	E3	E4	Pm
1	0,99	0,94	0,91	0,86	0,93
2	0,92	0,98	0,92	0,85	0,92
3	0,90	0,90	1,00	0,80	0,90
4	0,91	0,99	0,93	0,99	0,95
5	0,90	0,90	1,00	1,00	0,95
6	0,85	0,95	0,98	0,88	0,92
7	0,94	0,99	0,88	0,83	0,91
8	0,93	0,96	0,94	0,94	0,94
9	0,93	0,99	0,94	0,98	0,96
10	0,95	0,95	0,88	0,88	0,92
				p_r	0,93

Tabela 5: Valores pp^k

Utilizando as informações apresentadas nas tabelas anteriores, foram computadas a função sugestão considerando as três regras possíveis. Os resultados da função revisão para cada uma das regras estão apresentados abaixo

	Regra A				Regra B				Regra C			
Nó	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
1	+	-	-					+			-	+
2	-	+	-					+			-	+
3	-	-						+				
4	+	-			+				+			
5	+				+	-			+	-		
6	+	-	+		+				+			
7	+	-	+				+	-			+	-
8	+	+			+				+			
9	-	-			-				-			
10	-	+	-				-	+			-	+

Tabela 6: sugestão de ajuste de opinião

Os resultados apresentados fazem uma proposta de sugestões para alteração dos valores das relações para os especialistas. Observa-se que na regra A não foram sugeridas alterações para o especialista 4. Isso se dá pelo fato de o especialista de alta relevância ser único neste caso.

Nas outras duas regras, foram utilizadas a medida de um desvio padrão para fazer as avaliações. Neste exemplo específico, o E4, que é o de alta relevância, teve uma opinião bastante diferente em algumas avaliações. Por conta disso, a quantidade de sugestões foi equiparável ao de média relevância.

4.1 Análise de sensibilidade

Alguns testes de sensibilidade foram realizados com a intenção de avaliar a robustez das sugestões obtidas. Os testes feitos são apresentados abaixo. O primeiro propõe mudanças no número de desvios-padrão, representado por w. Os testes seguinte apresentados a seguir trazem variações de parâmetros de avaliação para perceber como se comportam as alternativas com tais variações. O primeiro teste varia o o valor de 2 e avalia o especialista 4 enquanto o seguinte varia valores de c_m e c_r e avalia as sugestões dadas para os especialistas 1,2 e 3.

4.1.1 Testes para o valor de w

O valor de w sugere uma distância, medida em desvios-padrão, a qual é interessante alterar a opinião dos especialistas de alta relevância. Os valores tomados para o exemplo foi de w=1. Outros valores de w foram testados conforme a tabela abaixo

	E4, w=0,5		**E4, w=0,9**		**E4, w=1,05**		**E4, w=1,1**		**E4, w=1,15**	
Nó	Regra B	Regra C	Regra B	Regra C	Regra B	Regra C	Regra B	Regra C	Regra B	Regra C
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	+	+	+		
3	+		+		+					
4										
5										
6	-									
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8										
9										
10	+	+	+	+						

Tabela 7: Ajustes de opinião com variação do w

A distância máxima do decisor E4 para um o valor de FE está em uma grandeza entre 1,15 e 1,2 desvios. Há uma grande sensibilidade e valores entre 1 e 1,2 desvios. É interessante observar que nós que desaparecem das avaliações mais rapidamente, como o nó 3, está com uma opinião mais próxima do FE do que o nó 1, por exemplo.

4.1.2 Testes para os limites c_m e c_r

Foram considerados alguns acréscimos e decréscimos em unidades de desvio aos limites de c_r/p_r (para o teste de E3) e c_m/p_m (para o teste de E1 e E2) e testado o desempenho para os especialistas 1, 2 e 3. Os valores de σ e σ/2 representam os desvios de c_m e p_m (para o caso da regra 3 3) e o sinal significa se o desvio é acrescido ou decrescido. Comparação semelhante foi proposta por Silva Filho et al (2015)

E3

Regra A					**Regra B**					**Regra C**				
Nó	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ	**Nó**	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ	**Nó**	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ

1	-	-	-	-	1					1			-	-
2	-	-	-	-	2					2			-	-
3					3					3				
4					4					4				-
5					5					5				
6			+	+	6					6				
7	+	+	+	+	7	+	+	+	+	7			+	+
8					8					8			-	-
9					9					9				+
10	-	-	-	-	10			-	-	10			-	-

Tabela 8: Ajustes de opinião para E3 com variação do c_r e p_r

O mesmo princípio foi utilizado para as avaliações para os especialistas E1 e E2. Os resultados foram obtidos nas tabelas a seguir:

E1

	Regra A					Regra B					Regra C			
Nó	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ	Nó	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ	Nó	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ
1			+	+	1				+	1				
2	-	-	-	-	2				-	2			-	-
3	-	-	-	-	3					3			-	-
4	+	+	+	+	4	+	+	+	+	4		+	+	+
5	+	+	+	+	5	+	+	+	+	5	+	+	+	+
6	+	+	+	+	6	+	+	+	+	6	+	+	+	+
7	+	+	+	+	7					7				+
8			+	+	8		+	+	+	8			+	+
9			-	-	9		-	-	-	9		-	-	-
10	-	-	-	-	10				-	10				-

Tabela 9: Ajustes de opinião para E1 com variação do c_m e p_m

E2

	Regra A					Regra B					Regra C			
Nó	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ	Nó	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ	Nó	- σ	- σ/2	+ σ/2	+ σ
1			-	-	1				-	1			-	-
2	+	+	+	+	2					2				
3	-	-	-	-	3				-	3			-	-
4	-	-	-	-	4				-	4				-
5				-	5	-	-	-	-	5	-	-	-	-
6	-	-	-	-	6				-	6				-
7	-	-	-	-	7					7				

8			+	+	8		+	+	8		+	+
9			-	-	9			-	9			-
10	+	+	+	+	10			+	10			+

Tabela 10: Ajustes de opinião para E2 com variação do c_m e p_m

As possibilidades para análise de sensibilidade são as mais diversas. Os resultados obtidos nesta avaliação são discutidos no tópico seguinte.

4.2 Discussão dos resultados

Percebe-se que variações sutis podem influenciar bastante o resultado entre a consideração ou não sobre determinado nó. É interessante perceber as evoluções dos resultados com as variações propostas que tornam mais rígidas ou frouxas as restrições.

No caso da primeira avaliação, é possível perceber que os nós 1 e 7 são insensíveis a valores que chegam a 1,2 desvios padrão. Este é um indicativo que neste ponto a opinião do especialista diverge bastante das opiniões dos demais especialistas. Esta distância é agravada pelo fato da comparação ser feita com o valor de FE, que leva em conta os valores de relevância do especialista. Por outro lado, nós como o nó 6 possuem menos distância.

As avaliações seguintes utilizam outros parâmetros. Acrescentar o valor de um desvio ao c_r /p_r aumenta o limiar o qual o nó precisa alcançar para que não se tenha alteração. Com isso, quando se aumenta este limite, há a tendência de aumentar as sugestões. Esta característica acontece em todas as avaliações anteriores. Além disso, valores que recebem sugestões de alterações mesmo com a diferença de $-\sigma$ representam grandes diferenças de opinião.

As regras obtiveram desempenhos distintos, o que justificam a sua proposição. A Regra A apresenta um resultado mais distinto, onde o os especialistas de baixa relevância recebem muitas sugestões de mudança, enquanto os de alta relevância não recebe. Pode ser uma boa opção quando a distância entre os especialistas seja muito grande.

As regras B e C possuem algumas semelhanças. Uma questão interessante é que a medida que aumenta o número de especialistas, estas regras vão tender a ter resultados mais diferentes.

As utilizações da proposta apresentada neste trabalho são várias. Em reuniões na indústria onde se discute um conhecimento de toda a empresa de uma área específica, a área tem mais conhecimento sobre o assunto do que as demais. É possível também utilizar em comitês de bacia hidrográfica. Por se tratar de um problema multidisciplinar e multifacetário, pode-se separar as avaliações de áreas específicas conforme os conhecimentos dos especialistas e utilizar uma hierarquia destes para que as definições sobre nós sejam mais precisas. Sem isso, é possível que uma avaliação traga um viés de uma maioria de opinião de especialistas com menos conhecimento de área.

6. Conclusão

O artigo apresentou a utilização um procedimento utilizado para alinhar opinião de especialistas não homogêneos em um contexto específico da avaliação de força de nó de um mapa cognitivo.

A adaptação de um modelo ao outro pareceu oportuna e as sugestões de alterações de opiniões para os especialistas se mantiveram embasadas pelas regras estabelecidos. É importante salientar que o resultado final apresentado é apenas uma sugestão de alteração de valores para o especialista, não sendo obrigado a seguir esta avaliação

Este trabalho se restringe apenas ao uso da medida de força de um nó e apresenta um resultado numérico simulado dos valores a fim de demonstrar o método. Também foi apresentada uma análise de sensibilidade com o intuito de mostrar o desempenho das

avaliações do método e trazer uma percepção melhor sobre a utilização dos índices descritos no trabalho

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se utilizar este princípio de não homogeneidade em mapas cognitivos fuzzy, aplicar o processo na relação e distância ou utilizar o modelo em um estudo de caso real

Agradecimentos

Os autores agradecem pelo apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico) na construção deste trabalho,

Referências

Cunha, A., Silva Filho, J. Morais, D. (2015) Análise quantitativa de mapas cognitivos para estruturação de problema envolvendo decisão em grupo. *Simpósio brasileiro de pesquisa operacional SBPO* Porto de galinhas.

Cunha, A; Silva Filho, J; Morais, M , (2016) Aggregation cognitive maps procedure for group decision analysis, *Kybernetes*, Vol. 45 Iss 4 pp.

Cunha, A, Morais, D (2016). Analyzing the use of Cognitive Maps in an experiment on a Group Decision Process. *Journal of the Operational Research Society.* advance online publication 27 April, doi:10.1057/jors.2016.19

de Almeida, A.T., Morais D.C., Costa A.P., Alencar L.H., Daher S. (2012). *Decisão em grupo e negociação: métodos e aplicações* Ed. Atlas, São Paulo

Herbig, B. and Glockner A. (2009) Experts and Decision Making: First Steps towards a Unifying Theory of Decision Making in Novices, Intermediates and Experts. Bonn: Max *Planck Institute for Research on Collective Goods*,

Hoffman, R. R., Shadbolt, N., Burton, A. M., & Klein, G. A. (1995). Eliciting knowledge from experts: A methodological analysis. Organizational Behavior and Human Decision Processes, *El sevier,* vol. 62, 129-158.

Perez, I.J.; Cabrerizo, F.J.; Alonso, S.; Herrera-Viedma, E. (2014), A New Consensus Model for Group Decision Making Problems With Non-Homogeneous Experts, *Systems, Man, and Cybernetics: Systems, IEEE Transactions on* , vol.44, no.4, pp.494,498,

Leão, J. ; Morais, D. C. (2011) Uso do agregador ordered weighted disagreement no apoio à decisão estratégica na indústria de algodão. IN: RED-M, , UBATUBA. RED-M, 2011. V. 5.

Silva Filho, J. Cunha, A,. Morais, D. (2015)Modelo de agregação de conhecimento de especialistas não-homogêneos *Simpósio Brasileiro de pesquisa operacional SBPO.* Porto de Galinhas

Urtiga, M. M. B. A. ; Morais, D. C. . (2014) Uma Abordagem Multicritério de Decisão em Grupo para Apoiar a Avaliação de Alternativas no Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2014*, Salvador. XLVI SBPO.,