

Ponto de Equilíbrio Difuso para Grupos de Procedimentos do CDI-HUOL

Raquel E. Patiño Escarcina, Dennis Barrios Aranibar

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, UFRN,
Campus Universitário s/n, 59072-970 Natal, Brasil
E-mail: {raquel.patino,dennisbarrios}@gmail.com

Ivanosca Andrade da Silva, Maria do Socorro Luz

Centro de Diagnóstico por Imagem, HUOL, UFRN
59.012-300 Natal, RN, Brasil,
E-mail: ivanosca@yahoo.com.br, sluz46@ig.com.br

Benjamín Callejas Bedregal

Depto. de Informática e Matemática Aplicada, UFRN
Campus Universitário s/n, 59072-970 Natal, Brasil,
E-mail: bedregal@dimap.ufrn.br

Resumo

O motor de inferência difuso construído serve como complemento ao relatório do ponto de equilíbrio do sistema de custo do CDI-HUOL para auxílio na tomada de decisão. Este motor de inferência irá determinar se dado um conjunto de grupos de procedimentos realizados, o mesmo está no ponto de equilíbrio ou não, desde o ponto de vista do repasse da tabela SUS recebido pelo hospital versus o custo dos mesmos obtido pelo sistema de custos do CDI-HUOL. A idéia não é estabelecer o ponto de equilíbrio exato, mas se está compatível ou não com o ponto de equilíbrio, ou seja tratamos o ponto de equilíbrio como um conceito difuso..

1 Introdução

Diante da internacionalização dos mercados e o conseqüente aumento da competitividade, as empresas que dispõem de um sistema de apuração de custos bem implantado, partem com um diferencial em relação a seus concorrentes. A informação de custos fornece subsídios aos gestores para tomada de decisões e portanto, é um importante suporte gerencial face a alta complexidade da gestão administrativa e aos gastos crescentes das ações de planejamento empresarial.

A análise custo-volume-lucro é fundamental para o administrador que deseja avaliar o impacto sobre os lucros causados por mudanças no preço

de venda, no custo ou no volume das vendas [1, p. 164]. Consiste, portanto, em verificar qual a alternativa mais coerente a se optar, dado que, mudanças em determinadas variáveis fornecerão resultados distintos. Para que se possa realizar a análise de custo-volume-lucro de alguns itens, deve-se dar destaque a alguns conceitos que permitem a aplicação do conceito, tais como, margem de contribuição e ponto de equilíbrio. Garrison e Noreen [1, p. 164] definem: margem de contribuição como o que resta da receita de vendas após a dedução das despesas variáveis. Assim, ela é o montante disponível para cobrir as despesas fixas e, em seguida, prover os lucros do período. Pela margem de contribuição é então possível, se verificar quanto se obteve realmente de contribuição à empresa após a realização da venda ou da prestação de serviço, ou seja, de resultado, depois de deduzido das receitas os custos. Sendo que, é válido salientar, que ela só considera os custos relevantes (custos variáveis), pois, os fixos como são sacrificados independentes da ocorrência da atividade ou não, são excluídos da contribuição disposta naquela operação. Desta forma, para que a empresa obtenha lucro é necessário que a margem de contribuição obtida seja capaz de se sobrepor ao custo fixo. A análise de custo volume lucro é também auxiliada pelo estudo do ponto de equilíbrio, o qual é definido por Martins [4, p. 257], como aquele que nasce da conjugação dos Custos Totais com as Receitas Totais. É, portanto, quando as receitas to-

tais se igualam aos custos totais se tem o ponto de equilíbrio p , que também é chamado de ponto de ruptura ou Break-even point [4, p. 257]. Qualquer produção inferior a p resultará em um custo superior à receita e, portanto, prejuízo. Inversamente, qualquer produção superior a p resultará em um custo inferior à receita e, portanto, lucro. Estas duas situações são caracterizadas pelas regiões 1 e 2, respectivamente, na Figura 1. Desta forma, o ponto de equilíbrio é estabelecido no nível de vendas em que o lucro da companhia é nulo. Já se percebe, portanto, que a empresa deve sempre trabalhar acima do ponto de equilíbrio, de modo que, possa ter resultados positivos [1].

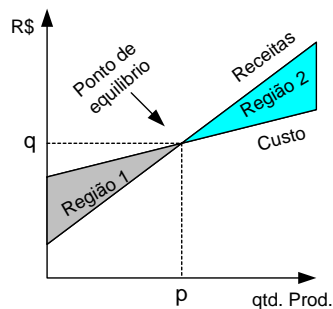


Figura 1: Ponto de equilíbrio entre custo \times receita.

Porém, para se determinar os custos indiretos a produtos ou serviços é necessário empregar técnicas de rateio, que na maioria das vezes, não conseguem fornecer informações reais sobre tais custos, uma vez que se caracterizam por serem extremamente subjetivas e, portanto imprecisos. De fato, os valores atribuídos a alguns itens se usando uma técnica de rateio, são na verdade meras aproximações dos custos reais desses itens que incidem no custo real dos produtos que usam dele e portanto o custo apurado para esse produto é impreciso ou inexato.

O Centro de diagnóstico por Images (CDI) do Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em Natal, é responsável pela realização de alguns procedimentos de média e alta complexidade, sendo que em geral os procedimentos de alta complexidade são os mais onerosos para a instituição. Esses procedimentos são ressarcidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) com base em uma tabela mantida pelo SUS a nível nacional e não com base nos custos hospitalares levantados para cada procedimento. Recentemente, foi de-

envolvido por nosso grupo um Sistema de Custos no intuito de se apurar minuciosamente os custos de cada procedimento para assim auxiliar na tomada de decisão no que tange ao planejamento, programação, acompanhamento, avaliação das atividades além de subsidiar o processo de controle das despesas e contribuir para elaboração do orçamento, planejamento e dimensionamento deste centro. É claro que o levantamento de custos fornecido pelo software, são aproximações do custo real de cada procedimento. Considerando ainda que cada procedimento pode ter um custo diferente dependendo das características do paciente (diagnóstico, faixa etária, histórico clínico, etc.) e do médico¹, então a obtenção do ponto de equilíbrio exato de um tipo de procedimento é impossível (se for obtido um, certamente ele não corresponde ao ponto de equilíbrio real). Certamente este ponto de equilíbrio é mais inexato quando se trata de um grupo de procedimentos, por exemplo alguns procedimentos de tomografia.

O presente trabalho, assume um conhecimento inicial sobre sistemas difusos (fuzzy) por parte do leitor. Alguns textos introdutórios que cobrem este assunto são [5, 6, 2, 3]. Neste trabalho apresenta-se um sistema difuso não convencional (segue uma arquitetura não padrão) para determinar quando um grupo de procedimentos do CDI está em equilíbrio, onde o conceito de equilíbrio agora deixa de ser um conceito exato para ser um conceito difuso.

2 Motor de Inferência Difuso

O motor de inferência difuso construído serve como complemento ao relatório do ponto de equilíbrio do sistema de custo do CDI-HUOL. Este motor de inferência irá determinar se dado um conjunto de grupos de procedimentos realizados, o mesmo está compatível com o ponto de equilíbrio ou não, desde o ponto de vista do repasse da tabela SUS recebida pelo HUOL, versus o custo real dos mesmos.

O motor de inferência construído contém dois níveis de fuzzificação, como mostrado na figura 2. Nesta figura é mostrada a arquitetura do motor,

¹Apesar de que em alguns hospitais, por exemplo o Hospital da UNIMED Natal, os procedimentos são sistematizados através de protocolos clínicos, conferindo aos procedimentos um custo razoavelmente uniforme, no CDI-HUOL esta sistematização ainda não tem sido implantada. Isto faz com que alguns médicos alterem a quantidade de insumos em função da patologia do paciente.

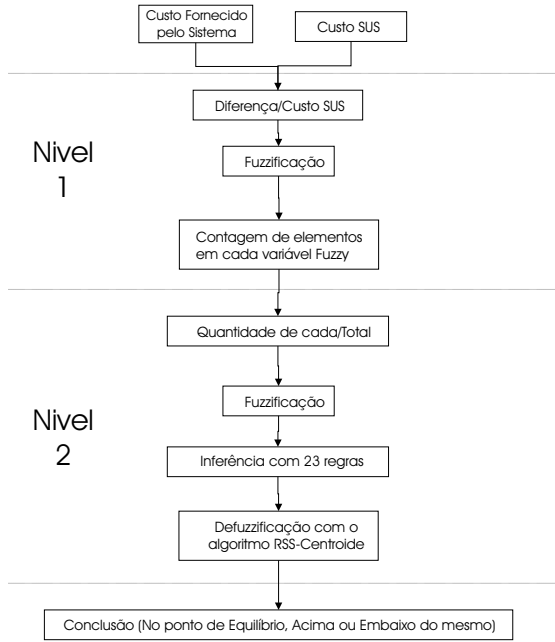


Figura 2: Arquitetura do Motor de Inferência Difuso

o mesmo têm como entrada os valores dos custos fornecidos pelo sistema de custos e os valores calculados em base a tabela do SUS para cada um dos grupos de procedimentos formados no relatório do ponto de equilíbrio.

2.1 Primeiro Nível

As entrada para a máquina de inferência será um arquivo contendo os valores obtidos no sistema de custos e da tabela SUS, para cada um dos grupos de procedimentos realizados e listados no relatório do ponto de equilíbrio. Neste arquivo simplesmente serão listados os custos apurados no sistema e valores do SUS de cada procedimento como mostrado na figura 3. Na primeira coluna serão colocados os valores reais e na segunda os valores do SUS. Este arquivo é gerado automaticamente pelo sistema de Custos do CDI-HUOL.

As variáveis Difusas no primeiro nível são relacionadas ao índice calculado com a equação 1. As variáveis são: Valor *compatível* com o do SUS, valor *menor* que o do SUS, valor *maior* que o do SUS, valor *muito menor* que o do SUS e valor *muito maior* que o do SUS.

$$I = 100 * \frac{(ValorSUS - ValorApurado)}{ValorSUS} \quad (1)$$

As funções de pertinência para cada uma de estas

```
----- dados.txt -----
125.80 120.00
123.10 120.00
.      .
.      .
.      .
58.25 60.00
-----
```

Figura 3: Exemplo de Arquivo de Entrada ao Motor de Inferência

variáveis são definidas pelas equações 2 até 6.

$$\mu_{compativel}(I) = \begin{cases} 0 & \text{se } I \leq -10 \\ 1 - \left(\frac{-I}{10}\right)^2 & \text{se } -10 < I \leq 10 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{menor}(I) = \begin{cases} 0 & \text{se } I \leq -35 \\ 1 - \left(\frac{-22 - I}{13}\right)^2 & \text{se } -35 < I \leq -22 \\ 1 & \text{se } -22 < I \leq -18 \\ 1 - \left(\frac{-18 - I}{13}\right)^2 & \text{se } -18 < I \leq -5 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{maior}(I) = \begin{cases} 0 & \text{se } I \leq 5 \\ 1 - \left(\frac{18 - I}{13}\right)^2 & \text{se } 5 < I \leq 18 \\ 1 & \text{se } 18 < I \leq 22 \\ 1 - \left(\frac{22 - I}{13}\right)^2 & \text{se } 22 < I \leq 35 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{muito\ menor}(I) = \begin{cases} 1 & \text{se } I \leq -40 \\ \left(\frac{-40 - I}{10}\right)^2 & \text{se } -40 < I \leq -30 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{muito\ maior}(I) = \begin{cases} 0 & \text{se } I \leq 30 \\ 1 - \left(\frac{40 - I}{10}\right)^2 & \text{se } 30 < I \leq 40 \\ 1 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

Dado que as funções de pertinência para cada variável fuzzy podem variar dependendo do tipo de exame, ou da quantidade de exames agrupados em cada grupo, etc. Foi criada uma interface de usuário (veja figura 4) que permite a modificação das funções previamente definidas, para isto basta alterar os valores nas caixas do lado esquerdo da figura. O valor do “ponto médio” indica o ponto

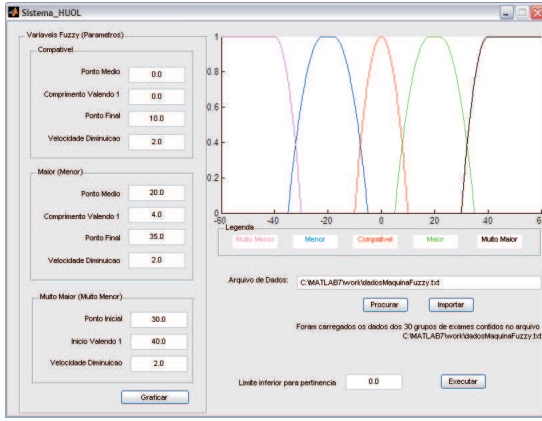


Figura 4: Interface do Motor de Inferência Difuso

central da curva, e que por só serem consideradas curvas simétricas, contínuas, convexas e normalizadas necessariamente seu grau de pertinência é 1. O valor do “Comprimento valendo 1” indica o comprimento do intervalo dos valores com grau de pertinência 1, o ponto médio desse intervalo é o o valor do “ponto médio” da curva. O valor do “Ponto final” é o ponto a partir do qual todos os valores terão grau de pertinência 0. A “Velocidade diminuição” indica o quão curva é a função de pertinência. Assim, se esse valor for 0, então ela será uma linha reta, e enquanto mais distante do 0 mais curva será. Assim a velocidade de diminuição indica de alguma forma a suavidade da função de pertinência.

Finalmente, para o caso da contagem do número de índices calculados como pertencendo a alguma variável Fuzzy foi utilizado o limiar $\alpha = 0.0$. O valor de α indica que todos os valores com grau de pertinência maior a ele serão considerados na hora de contar quantos elementos foram catalogados em cada variável. Este valor também poderá ser modificado pelo tomador de decisões alterando simplesmente o valor do campo “Limite inferior para pertinência” na figura 4.

2.2 Segundo Nível

Após termos catalogados os procedimentos de um determinado grupo G como sendo compatíveis (G_C), maiores (G_{Ma}), menores (G_{Me}), muito maiores (G_{MMa}) e muito menores (G_{MMe}); calcula-se três novos índice (Q_i) definidos pelas equações 7 a 9. Observe que $G_C, G_{Ma}, G_{Me}, G_{MMa}$ e G_{MMe} não necessariamente constitui uma partição de G , pois poderão ocorrer procedimentos que tenham graus

de pertinência acima do limiar α (α -corte) para dois termos lingüísticos diferentes. Denotaremos a cardinalidade de um conjunto A por $\#A$.

$$Q_1 = 100 * \frac{|\#G_{MMa} - \#G_{MMe}|}{\#G} \quad (7)$$

$$Q_2 = 100 * \frac{|\#G_{Ma} - \#G_{Me}|}{\#G} \quad (8)$$

$$Q_3 = 100 * \frac{\#G_C}{\#G} \quad (9)$$

Q_1 é interpretado como a quantidade de grupos com grande diferença, Q_2 como a quantidade com pequena diferença e Q_3 como a quantidade de compatíveis.

Estes índices são fuzzificados utilizando as variáveis difusas: Quantidade *pequena*, quantidade *média* e quantidade *grande*. Sendo que as funções de pertinência das últimas estão definidas pelas equações 10 a 12 e mostradas na figura 5.

$$\mu_{compatível}(Q_i) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{-Q_i}{25}\right)^2 & \text{se } 0 \leq Q_i \leq 25 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{média}(Q_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } Q_i \leq 12.5 \\ 1 - \left(\frac{37.5 - Q_i}{25}\right)^2 & \text{se } 12.5 < Q_i \leq 62.5 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{grande}(Q_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } Q_i \leq 50 \\ 1 - \left(\frac{75 - Q_i}{25}\right)^4 & \text{se } 50 < Q_i \leq 75 \\ 1 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (12)$$

Ainda, foram definidos dois valores *Crisp*: Positivo e Negativo, que indicam se os índices Q_i ao serem calculados sem o valor absoluto, seriam positivos ou negativos.

Após concluída a fuzzificação no segundo nível, são avaliadas as 23 regras do motor de inferência definidas como segue:

1. **IF** Quantidade de compatí veis é grande **THEN** estamos no *ponto de equilíbrio*.
2. **IF** Quantidade de compatí veis é média **AND** Quantidade com pequena diferenç aé grande **AND** Quantidade com pequena diferenç aé positiva **THEN** estamos *um pouco acima do ponto de equilíbrio*.
3. **IF** Quantidade de compatí veis é média **AND** Quantidade com pequena diferenç aé grande **AND** Quantidade com pequena diferenç aé negativa **THEN** estamos *um pouco embaixo do ponto de equilíbrio*.

22. **IF** Quantidade de compatíveis é pequena **AND** Quantidade com pequena diferença é média **AND** Quantidade com grande diferença é média **AND** Quantidade com pequena diferença é positiva **AND** Quantidade com grande diferença é negativa **THEN** estamos *um pouco embaixo do ponto de equilíbrio*.
23. **IF** Quantidade de compatíveis é pequena **AND** Quantidade com pequena diferença é média **AND** Quantidade com grande diferença é média **AND** Quantidade com pequena diferença é negativa **AND** Quantidade com grande diferença é positiva **THEN** estamos *um pouco acima do ponto de equilíbrio*.

Após as 23 regras difusas serem avaliadas, foi utilizado o método de defuzzificação RSS-centroide. Com este intuito, foram calculados os índices EPE (Embaixo do Ponto de Equilíbrio), PEPE (um Pouco Embaixo do Ponto de Equilíbrio), PE (no Ponto de Equilíbrio), PAPE (um Pouco Acima do Ponto de Equilíbrio) e APE (Acima do Ponto de Equilíbrio) utilizando o algoritmo Root-Sum-Square (RSS) como mostrado nas equações 13 a 17. Nestas equações R_i representa o valor obtido após a avaliação da i -ésima regra.

$$EPE = \sqrt{R_7^2 + R_{13}^2 + R_{15}^2 + R_{19}^2 + R_{21}^2} \quad (13)$$

$$PEPE = \sqrt{R_3^2 + R_5^2 + R_{11}^2 + R_{17}^2 + R_{22}^2} \quad (14)$$

$$PE = \sqrt{R_1^2 + R_8^2 + R_9^2} \quad (15)$$

$$PAPE = \sqrt{R_2^2 + R_6^2 + R_{10}^2 + R_{16}^2 + R_{23}^2} \quad (16)$$

$$APE = \sqrt{R_4^2 + R_{12}^2 + R_{14}^2 + R_{18}^2 + R_{20}^2} \quad (17)$$

Finalmente, foram definidas 5 variáveis Fuzzy para a interpretação da saída as quais indicam se os valores com os quais o sistema foi alimentado estão *no ponto* de equilíbrio, *um pouco acima* do ponto de equilíbrio, *um pouco embaixo* do ponto de equilíbrio, *acima* do ponto de equilíbrio ou *embaixo* do ponto de equilíbrio. Estas variáveis são definidas pelas equações 18 a 22, e os seus centróides são 0, 45, -45, 91 e -91 respectivamente.

$$\mu_{embaixo}(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \leq -90 \\ 1 - \left(\frac{-90 - x}{20}\right)^2 & \text{se } -90 < x \leq -70 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (18)$$

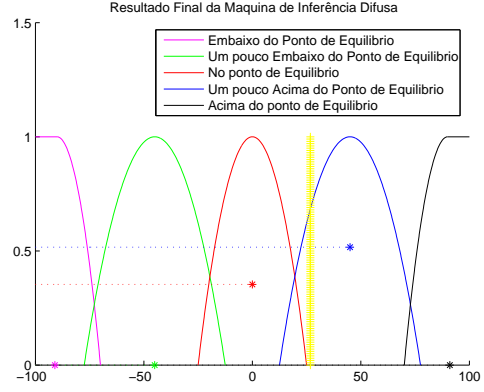


Figura 6: Resultado Final do Motor de Inferência Difuso

$$\mu_{pouco\ embaixo}(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq -77.5 \text{ ou} \\ & \text{se } x \geq -12.5 \\ 1 - \left(\frac{-45 - x}{32.5}\right)^2 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (19)$$

$$\mu_{no\ ponto}(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq -25 \text{ ou} \\ & \text{se } x \geq 25 \\ 1 - \left(\frac{-x}{25}\right)^2 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (20)$$

$$\mu_{pouco\ acima}(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq 12.5 \text{ ou} \\ & \text{se } x \geq 77.5 \\ 1 - \left(\frac{45 - x}{32.5}\right)^2 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (21)$$

$$\mu_{acima}(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq 70 \\ 1 - \left(\frac{90 - x}{20}\right)^2 & \text{se } 70 < x \leq 90 \\ 1 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (22)$$

Finalmente, utilizando o algoritmo RSS-Centróide (equação 23) é calculada a resposta final do sistema e visualizada como mostra a figura 6

$$saída = \frac{-91EPE - 45PEPE + 0PE + 45PAPE + 91APE}{EPE + PEPE + PE + PAPE + APE} \quad (23)$$

3 Conclusão

Apresentamos um sistema difuso que permite estabelecer quando um grupo de procedimentos do CDI-HUOL, estão compatíveis com o ponto de equilíbrio (o qual é desconhecido, uma vez que não

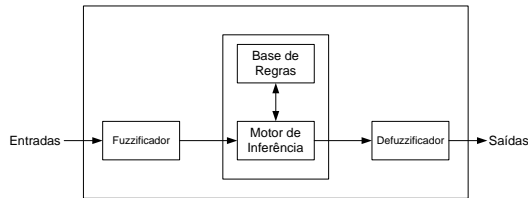


Figura 7: Arquitetura tradicional de sistemas difusos

sabemos o custo exato dos procedimentos). Os custos aproximados de cada procedimento são fornecidos por outro software desenvolvido pelo grupo para apurar os custos de cada procedimento. O motor de inferência do sistema difuso proposto apesar de ser baseado em regras segue um modelo não convencional, ou seja, fora da arquitetura clássica da figura 7.

A principal motivação deste trabalho é mostrar a viabilidade do uso da lógica difusa para extrair informações de eventos não muito precisos a partir dos relatórios emitidos pelo sistema de custos desenvolvidos por este grupo para auxiliar na tomada de decisões dos administradores do CDI-HUOL. Assim, no futuro pretende-se aplicar esta lógica na obtenção de outros dados importantes, por exemplo, para determinar os equipamentos que estão sendo sub-utilizados, porque um médico demora muito ou pouco na realização de um determinado exame (isto em função da gravidade do tipo de patologias), projetar a demanda de insumos dos procedimentos, etc.

Agradecimento. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq através do Proc. Nro. 401144/2005-4.

Referências

- [1] R.H. Garrison, E.W. Noreen, “Contabilidade Gerencial”, Trad. José Luiz Paravato., 9. ed.. LTC, Rio de Janeiro, 2001.
- [2] R.S.M. Jafelice, L.C. de Barros, R.C. Bassanezi, “Teoria dos conjuntos fuzzy com aplicações”, Notas em Matemática Aplicada, Vol. 17, SBMAC, São Carlos, 2005.
- [3] K.W. Lee, “First Course on Fuzzy Theory and Applications”, Springer-Verlag, Berlin, 2005.
- [4] E. Martins, “Contabilidade de Custos”, 9. ed. Atlas, São Paulo, 2003.

[5] T.J. Ross, “Fuzzy Logic with Engineering Applications”, John Wiley & Sons, New York, 2 edition, 2004.

[6] W. Siler, J.J. Buckley, “Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning”, John Wiley & Sons, New York, 2004.