

Comparação de modelos matemáticos utilizando a teoria de conjuntos fuzzy para auxílio na tomada de decisão para a realização de cintilografia das paratiróides

Mariângela Amendola¹, Bianca M. T. Watanabe²,
Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 13.083-875, Campinas/SP.

Paulo S. Duarte³,
Fleury – Centro de Medicina Diagnóstica, 01.333-910, São Paulo/SP.

Resumo. Este trabalho mostra os resultados da continuidade de uma pesquisa que, realizada com o objetivo de comparar duas metodologias para o suporte à decisão indicativa de realização de um exame de saúde específico, sugere como sendo superior aquela que usa a teoria dos conjuntos fuzzy, desenvolvida segundo o modelo de Sugeno no toolbox do MATLAB 6.1. Tal continuidade se justifica pelo fato de que há uma outra opção de modelo de inferência neste toolbox, a qual, por ser o mais difundido e utilizado nas áreas da engenharia agrícola, também pode ser experimentado para fins comparativos: o modelo de Mamdani. Embora o modelo de Sugeno revele melhor adequação prática ao problema em foco, de acordo com a análise dos especialistas, a comparação dos resultados dos dois modelos mostra concordância no diagnóstico, o que traduz adequação teórica de ambos os modelos.

Palavras-chave: Teoria dos conjuntos fuzzy, saúde pública, hiperparatiroidismo.

¹amendolam@uol.com.br

²bianca.watanabe@agr.unicamp.br

³paulo.duarte@fleury.com.br

1 Introdução

Muitos problemas científicos, de diversas áreas do conhecimento requerem a tomada de decisão no momento de implementação de estratégias que buscam a solução dos mesmos. Neste caso são consideradas as alternativas de um universo de situações, o qual deve ser analisado segundo alguma metodologia.

Na maioria das pesquisas envolvendo processos biológicos, no momento de tomada de decisão, esta, em geral, é apoiada em resultados de análises experimentais, estatísticas ou matemáticas.

Na área de ciências da saúde a tomada de decisão de diagnósticos frequentemente apóia-se em conceitos vagos e em parâmetros de natureza subjetiva e, portanto, estranhos à teoria da lógica clássica.

Sabe-se que estes conceitos vagos e esta natureza subjetiva de parâmetros são os típicos do tratamento matemático segundo a teoria da lógica fuzzy, pois através desta teoria, expressões lingüísticas como saudável, obeso, jovem, etc. definem conjuntos aos quais indivíduos são alocados com diferentes graus de pertinência entre o falso (zero) e o verdadeiro (um), o que rompe os limites da rígida dicotomia da lógica clássica.

Como exemplo deste tipo de diagnóstico, toma-se o caso da pesquisa de hiperparatiroidismo, como consta no trabalho, ainda em fase de análise pelos revisores, de Souza et al. (2005)*, que é realizado, inicialmente, pelas dosagens de cálcio e paratormônio (PTH) séricos do paciente, sendo a exploração cirúrgica do pescoço e a retirada das glândulas acometidas o tratamento de escolha para esta patologia.

A exemplo da indicação de cintilografia para paratiróides, a tomada de decisão para a realização de exames complementares é matéria que interessa tanto à prática clínica quanto à Saúde Pública. De fato, a incorporação de sofisticação tecnológica nos procedimentos diagnósticos argüiu a economia do Sistema Único de Saúde quanto à relação custo-benefício destes procedimentos. A garantia do direito constitucional à assistência médica tem que ser cotejada vis-à-vis à viabilidade econômica do Sistema, que não pode ser perdulário sob pena de violar a

*Suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – Processo n.º 04/08585-9)

universalidade do direito.

Como consta no trabalho anteriormente citado, contrastando medidas de indicação para o exame pelo modelo logístico, de larga familiaridade em Ciências da Saúde, com um modelo fuzzy, ainda com modestas aplicações neste campo, pôde-se demonstrar vantagem deste último sobre o primeiro.

Tendo em vista esta conclusão, bem como a existência de distintas opções disponibilizadas no toolbox do MATLAB[®] para o tratamento segundo a teoria dos conjuntos fuzzy, justifica-se a continuidade desta pesquisa.

2 Material e métodos

A metodologia de obtenção e análise prévia de dados está descrita com detalhes no trabalho original anteriormente referido (Souza et al., 2005).

Segundo estes autores, para classificar as *variáveis independentes*: cálcio e nível de paratormônio, foi possível estabelecer subintervalos característicos para a associação de categorias lingüísticas, sendo quatro para a primeira (baixo, médio, alto e muito alto) e três para a segunda (baixo, médio e alto). Por outro lado, para classificar a *variável dependente*, indicação de cintilografia, os mesmos especialistas estabeleceram cinco categorias lingüísticas (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta), para as quais atribuíram valores singulares de pertinência (*singletons*) de 0,0; 0,45; 0,60; 0,75 e 1,0; respectivamente. Esta seleção de valores para a variável dependente estabelece o adequado uso do modelo de Sugeno, o que foi desenvolvido no “*Fuzzy Logic Toolbox 6.1*” do programa MATLAB[®] (The MathWorks, Inc.).

Neste trabalho, entretanto, a variável dependente foi re-analisada para o estabelecimento da reclassificação da mesma em outras categorias lingüísticas, de modo a torná-la passível de análise segundo o modelo de Mamdani. Esta análise foi realizada utilizando o pacote “*Fuzzy Logic Toolbox 6.5*” do programa MATLAB[®], seguindo as instruções que constam em Amendola et al. (2005).

As variáveis independentes que serão analisadas com a finalidade de definir os pacientes que devem ser submetidos à cintilografia das paratireóides são os valores séricos de cálcio e de paratormônio, denotadas por **AC** e **AP**, respectivamente, e a variável dependente é a pertinência para cintilografia, denotada por **PC**.

A tabela 1 mostra o conjunto de regras que processam as implicações do

tipo “**se, então**” entre variáveis independentes e dependente, que foram definidas pelos especialistas já citados.

As funções de pertinência para as variáveis independentes são selecionadas de acordo com a pesquisa anterior, como funções triangulares. Para a variável dependente seleciona-se uma função de pertinência que melhor aproxima da anteriormente estabelecida para o modelo de Sugeno.

Tabela 1: Conjunto de regras da composição das variáveis

Se	AC é BAIXO	então a	PC é MUITO BAIXA;
Se	AC é MÉDIO e AP é BAIXO	então a	PC é BAIXA;
Se	AC é MÉDIO e AP é MÉDIO	então a	PC é MÉDIA;
Se	AC é MÉDIO e AP é ALTO	então a	PC é ALTA;
Se	AC é ALTO	então a	PC é ALTA;
Se	AC é MUITO ALTO	então a	PC é MUITO ALTA.

3 Resultados e discussão

As figuras 1 e 2, a seguir, mostram as funções de pertinência construídas anteriormente, enquanto as figuras 3 e 4 mostram as funções de pertinência usada no modelo de Sugeno e a construída para ser analisada segundo o modelo Mamdani, respectivamente. A figura 5 mostra a base de regras inserida. As figuras 6 e 7 mostram a superfície de toda a variação não linear da variável dependente como função da composição das variáveis independentes, nos modelos de Sugeno e Mamdani, respectivamente. Por fim é apresentado um exemplo de indicação de cintilografia segundo os modelos de Sugeno (figura 8) e Mamdani (figura 9).

A comparação visual do que mostram as figuras 6 e 7 revela que os resultados segundo os diferentes modelos são bastante próximos. Além disso, os resultados mostrados nas figuras 8 e 9, referentes ao hipotético exemplo de processamento de informações realizado para um paciente com $AC = 10,6$ mg/dl e $AP = 118$ pg/ml, revelam que, neste caso, o resultado final para pertinência de realizar a cintilografia foi de $PC = 0,712$ (fig.8) e $PC = 0,73$ (fig.9) e, portanto, de mesma categoria “alta”.

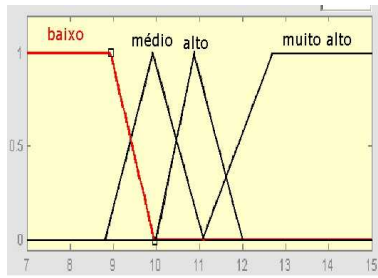


Figura 1: Funções de pertinência para a variável AC.

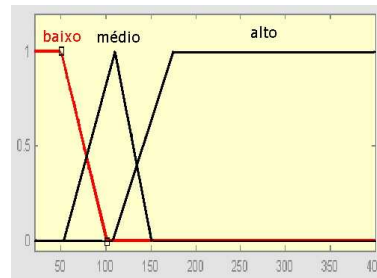


Figura 2: Funções de pertinência para a variável AP.

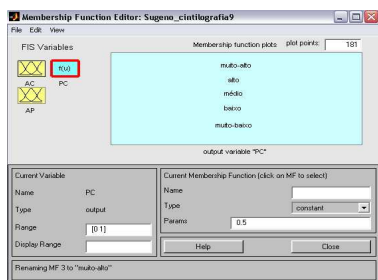


Figura 3: Funções de pertinência para a variável PC (SUGENO).

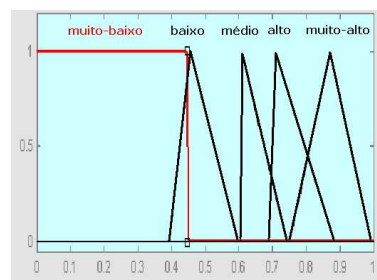


Figura 4: Funções de pertinência para a variável PC (MAMDANI).

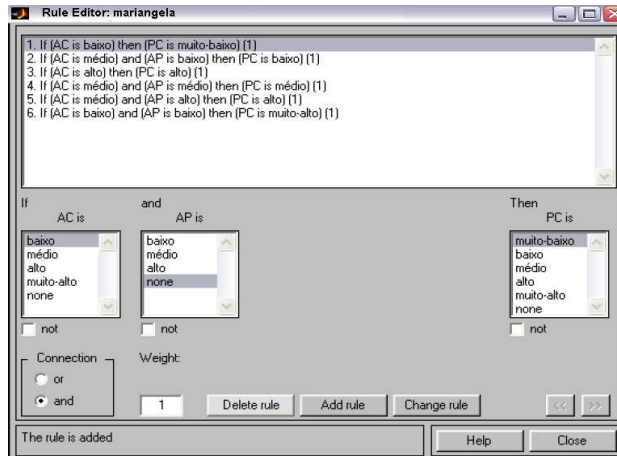


Figura 5: Base de Regras.

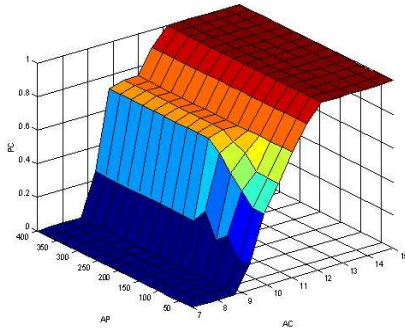


Figura 6: Superfície gerada a partir das regras da figura 4 (SUGENO).

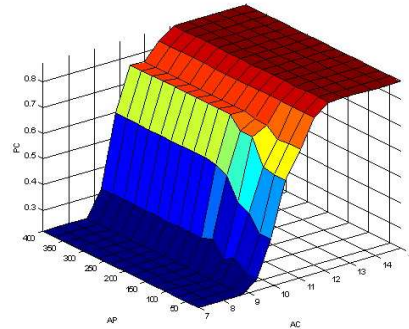


Figura 7: Superfície gerada a partir das regras da figura 4 (MAMDANI).

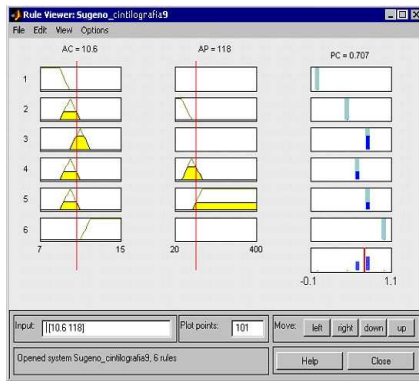


Figura 8: Reprodução do Exemplo $AC = 10,6$ mg/dl, $AP = 118$ pg/ml e valor resultante para $PC = 0,712$ (SUGENO).

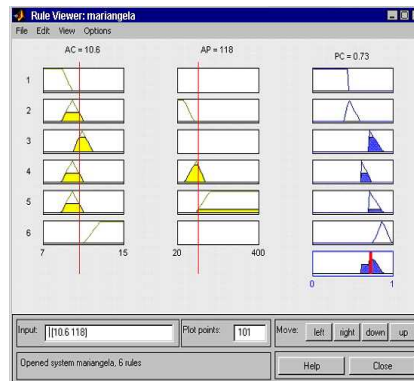


Figura 9: Reprodução do Exemplo $AC = 10,6$ mg/dl, $AP = 118$ pg/ml e valor resultante para $PC = 0,73$ (MAMDANI).

4 Conclusões

Esta investigação, a exemplo da original, menos comprometida com o objeto específico da indicação de cintilografia de paratiróides, mostrou um exercício de desenvolvimento metodológico para o processamento de informações que viabilizam a tomada de decisão. Além disso, permitiu a familiaridade do uso do

modelo Sugeno, até então pouco utilizado nas diversas áreas, bem como confirmou a ação fundamental do especialista no estabelecimento da escolha do modelo a ser utilizado, o que, neste caso, revela o modelo de Sugeno como o adequado.

5 Agradecimentos

Ao Dr. Julio César Rodrigues Pereira, pelo incentivo à realização desta investigação.

Referências

Amendola, M., Souza, A. L., e Barros, L. C. (2005). Manual do uso da teoria dos conjuntos fuzzy no matlab[®] 6.5. Manual apresentado no Ciclo de Palestras/2004, realizado na FEAGRI/UNICAMP. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~biomat/revistas.htm>.

Souza, C. A., Duarte, P. S., e Pereira, J. C. R. (2005). Teoria dos conjuntos fuzzy e regressão logística na tomada de decisão para realização de cintilografia das paratiróides. *Revista de Saúde Pública*, (Submetido à análise dos revisores).

