

**SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO BASEADOS EM REGRAS FUZZY: UMA
GENERALIZAÇÃO DA INTEGRAL DE CHOQUET POR T-NORMAS.**

**LUCCA, Giancarlo; DE VARGAS, Rogério; DE MATTOS, Viviane L. Dias;
BUSTINCE, Humberto; SANZ, José Antônio e BEDREGAL, Benjamín Callejas.**

DIMURO, Graçaliz Pereira.

giancarlolucca@furg.br

**Evento: Encontro de Pós-Graduação.
Área do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra.**

Palavras-chave: Sistemas Fuzzy; Funções de Agregação; Problema de classificação.

1 INTRODUÇÃO

Sempre que nos deparamos com a tarefa de organizar objetos em várias categorias pré-definidas seguindo diferentes propriedades/características destes objetos, nós temos o chamado problema de classificação [Ishibuchi, 2007]. Em geral, aplica-se um algoritmo de aprendizagem, cujo, baseado nas informações disponíveis sobre os objetos, proporcionam processos de decisão a fim de realizar a classificação.

Na literatura, sistemas de classificação fuzzy baseados em regras (FRBCS em inglês) são amplamente conhecidos por suas características que permitem descrever naturalmente as propriedades dos objetos, por meio de variáveis linguísticas. A escolha de um Método de Raciocínio Fuzzy (FRM) executa uma tarefa importante em qualquer FRBCS. Um FRM é um processo de inferência que utiliza a informação contida na base de conhecimento para determinar a qual classe objetos/exemplos serão classificados.

O uso da função de agregação *máximo* para obter a informação global é muito comum na literatura [Beliakov, 2007]. Contudo, considerando para cada classe apenas a informação dada por uma regra tendo a maior compatibilidade com o exemplo, faz com que as informações oriundas de todas as outras regras do sistema sejam ignoradas. Considerando isto, [Barrenechea, 2013] propôs um FRM que leva em consideração a informação dada por todas as regras fuzzy do sistema, utilizando a integral de Choquet como operador de agregação.

O objetivo deste trabalho é introduzir uma proposta inicial para a generalização do conceito apresentado por [Barrenechea, 2013] utilizando normas triangulares (t-normas) para agregar os valores e o resultado da medida fuzzy.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma importante classe de operadores fuzzy são os chamados *operadores de agregação*:

Definição 1: Uma função $A: [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ é dita um operador de agregação se satisfazer duas condições:

- (1) A é crescente em cada condição: para cada $i \in \{1 \dots n\}$, se $x_i \leq y$, então $A(x_1, \dots, x_n) \leq A(x_1, \dots, x_{i-1}, y, x_{i+1}, \dots, x_n)$;
- (2) Condição de contorno: $A(0, \dots, 0) = 0$ e $A(1, \dots, 1) = 1$.

Definição 2: Um operador de agregação $T : [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ é uma t-norma se, para cada $x, y, z \in [0,1]$, satisfaz as seguintes propriedades:

- (1) Comutatividade: $T(x, y) = T(y, x)$;
- (2) Associatividade: $T(x, T(y, z)) = T(T(x, y), z)$;
- (3) Elemento Neutro: $T(x, 1) = x$.

Alguns exemplos de t-normas utilizados neste trabalho, são: Produto, Mínimo e Lukasiewicz.

Definição 3: Seja m uma medida fuzzy em N e $x \in [0, \infty]^n$. A integral de Choquet discreta de x com respeito à m é definida por:

$$C_m(x) = \sum_{i=1}^n (x_{(i)} - x_{(i-1)}) * m(A_i)$$

Onde, $(x_{(1)}, \dots, x_{(n)})$ é uma permutação crescente de x , isto é $0 \leq x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$ com a convenção $x_{(0)} = 0$ e $A_{(i)} = \{A_{(i)}, \dots, A_{(n)}\}$.

3 MATERIAIS E MÉTODOS (ou PROCEDIMENTO METODOLÓGICO)

Este trabalho foi executado utilizando o software matlab, responsável por fazer todo o processo de classificação, sendo o mesmo código utilizado pelo trabalho de [Barrenechea, 2013] nas mesmas dezessete bases de dados. Após, feita a classificação é calculado a média de acertos do algoritmo, para cada t-norma salvando os resultados em diferentes tabelas do software excel. Por fim, é utilizado o software estatístico SPSS, para auxílio na análise dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com esta generalização apresentam-se muito promissores. Visto que foi utilizado o mesmo modelo de validação cruzada e a medida fuzzy apresentada por [Barrenechea, 2013] aprendida geneticamente. É possível notar que o uso da t-norma do mínimo apresenta um comportamento satisfatório enquanto a de Lukasiewicz consegue um resultado inferior quando observada a taxa de precisão padrão para cada partição gerada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integral de Choquet executa um importante papel em sistemas de classificação, combinando as entradas de tal maneira que não somente a importância da entrada e sua magnitude são consideradas, mas também a importância de seus grupos e ligações. Além disso, a integral de Choquet oferece uma grande flexibilidade em modelos de agregação.

REFERÊNCIAS

Ishibuchi, H.; Nakashima, T.; Nii, M. - Classification and Modeling with Linguistic Information Granules: Advanced Approaches to Linguistic Data Mining. Berlin: Springer, 2005.

Beliakov, G.; Pradera, A.; Calvo, T. - Aggregation Functions: A Guide for Practitioners. Berlin: Springer, 2007.

Barrenechea, E.; Bustince, H.; Fernandez, J.; Paternain, D.; Sanz, J. A. - Using the Choquet integral in the fuzzy reasoning method of fuzzy rule-based classification systems," Axioms, vol. 2, no. 2, pp. 208–223, 2013.