

Usando Informação Especialista para uma Filtragem *Online* com um *Ensemble* de Redes Neurais em um Ambiente Finamente Segmentado e com Alta Taxa de Eventos

Edmar E. P. Souza¹, Leonardo J. C. P. Gama¹, Eduardo F. S. Filho¹, Paulo C. M. A. Farias¹,
José M. Seixas, Werner S. Freund²

¹Laboratório de Sistemas Digitais, PPGEE/UFBA,

²Laboratório de Processamento de Sinais, COPPE/UFRJ

1. Histórico, Motivação e Objetivo

Técnicas de aprendizagem de máquina ganham importância em problemas que envolvem seleção eficiente de eventos raros, em ambientes com elevada taxa de ruído. Neste contexto, um *ensemble* de redes neurais artificiais (RNA) (Neural Ringer - NR) [1] foi implementado para operar no segundo nível de filtragem *online* no ATLAS, um dos principais experimentos para detecção de partículas do LHC (*Large Hadron Collider*). O NR tem o objetivo de detectar partículas eletromagnéticas e explora a geometria cônica do chuveiro de partículas, que incide no sistema de calorimetria do detector. Para isso, estima a energia depositada em anéis concêntricos em torno da célula mais energética (RoI). Ao todo, 100 anéis são gerados e concatenados em um vetor de características, utilizado como entrada para o ensemble de RNA. O *ensemble* é treinado para faixas específicas de energia e de regiões do detector. Visando a melhoria na eficiência de classificação do NR este trabalho propõe a adição de informação especialista a sua cadeia de funcionamento. A proposta explora o fato de que chuveiros hadrônicos (ruído de fundo) apresentam um perfil de deposição lateral mais largo em relação a chuveiros eletromagnéticos. Tal informação (a quantidade Rp) [2], mede o tamanho do perfil lateral do chuveiro produzido, conforme equação 01:

$$Rp = \frac{E_i^\alpha r_i^\beta}{\sum_{i \in \Theta_{RoI}} E_i^\alpha}, \quad (1)$$

onde E_i representa a energia depositada em cada anel, Θ_{RoI} constitui o conjunto de células pertencentes a RoI e r_i a distância Euclidiana da célula ao centro. Os parâmetros α e β representam peso associado às variáveis. Seus valores podem ser ajustados por uma busca em grade.

2. Declaração de Contribuição / Métodos

Para investigação do método proposto foi selecionado a região do calorímetro η_0 [0.00 – 0.60], com eventos na faixa de energia entre 15 e 20 GeV. Em seguida, foi aplicado o mapeamento RP nos anéis. Adotou-se um método de validação cruzada para o treinamento dos classificadores, realizando 10 sorteios dos conjuntos de treino (80%), teste (10%) e validação (10%). Para cada sorteio, 10 inicializações de treinamento foram efetuadas. A melhor combinação das variáveis α e β foi encontrada, variando estes parâmetros no intervalo de 0 e 3, com passos de 0,1, repetindo o processo de validação cruzada para cada combinação. Os classificadores foram projetados com uma única camada oculta, com 16 neurônios ocultos e um único neurônio de saída, treinados utilizando o algoritmo *Resilient-Backpropagation*.

3. Resultados, discussão e conclusões

A metodologia proposta com $\alpha = 2,5$ e $\beta = 0,5$ ocasionou redução de 0,98 pontos percentuais na taxa de falso alarme, em relação ao algoritmo NR, quando comparados com a mesma taxa de detecção (97,47%). A metodologia proposta encontrou cerca de 4,77% de falso alarme enquanto o NR obteve 5,75%. Os resultados encontrados motivam a exploração da metodologia proposta, nas demais faixas de ocorrência em energia e posição de interação da partícula com o detector.

Referências

- [1] Pinto, J. V., “An ensemble of neural networks for online filtering implemented in the ATLAS trigger system,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1162, p. 012039, jan 2019.
- [2] J. Seixas, et al “Neural second-level trigger system based on calorimetry,” *Computer Physics Communications*, vol. 95, no.2, pp.143–157,1996.