

Método ANN-MoC com Pré-Processamento de Dados para Resolução de Problema Inverso de Transporte

Pedro C. dos Santos¹, Nelson G. Roman², Pedro H. A. Konzen²

¹IME-UFRGS, RS, Brasil

^{2,3}PPGMAp-IME-UFRGS, RS, Brasil

Problemas inversos em modelos de transporte de partículas neutras tem várias aplicações importantes na engenharia e na medicina (Bal, 2009). Protocolos de segurança, procedimentos de controle de qualidade e aplicações em medicina ótica podem ser desenvolvidas com base em soluções de problemas inversos. Neste trabalho, consideramos o seguinte modelo de transporte de partículas neutras

$$\forall \mu : \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} I(t, x, \mu) + \mu \frac{\partial I}{\partial x} + \sigma_t I = \sigma_s \Psi(t, x) + q(t, x, \mu), \quad (t, x) \in (0, t_f] \times \mathcal{D}, \quad (1a)$$

$$\forall \mu : I(0, x, \mu) = I_0(x, \mu), \quad x \in \mathcal{D}, \quad (1b)$$

$$\forall \mu > 0 : I(t, a, \mu) = I_{in,a}(t, \mu), \quad t \in (0, t_f], \quad (1c)$$

$$\forall \mu < 0 : I(t, b, \mu) = I_{in,b}(t, \mu), \quad t \in (0, t_f]. \quad (1d)$$

Considerando um problema de transporte radiativo (Modest, 2013), $I(t, x, \mu)$ (W/sr) denota a intensidade de radiação no tempo $0 \leq t \leq t_f$ (ps), no ponto $x \in D = [a, b]$ (m), e na direção $-1 < \mu < 1$, $\mu \neq 0$. A velocidade média da luz no meio é denotada por c (m/ps). O coeficiente de absorção total é denotada por $\sigma_t = \kappa + \sigma_s$ (1/m), onde κ (1/m) e σ_s (1/m) são, respectivamente, os coeficientes de absorção e de espalhamento. As fontes são denotadas por $q(t, x, \mu)$ (W/(m · sr)), no domínio, e $I_{in,a}(t, \mu)$, $I_{in,b}(t, \mu)$ (W/sr) nas fronteiras. Em $t = 0$, a condição inicial $I = I_0(x, \mu)$ (W/sr) é assumida. A densidade de partículas (W/sr) é definida por

$$\Psi(t, x) := \frac{1}{2} \int_{-1}^1 I(t, x, \mu) d\mu. \quad (2)$$

O método ANN-MoC consiste em treinar uma rede neural artificial (ANN, do inglês, *artificial neural network*) (Haykin, 2009) para a resolução do problema inverso. Os dados de treinamento são obtidos da resolução do associado problema direto pelo método das características (MoC, do inglês, *method of characteristics*) (Evans, 1998). Em nossos recentes trabalhos (Santos, 2022; Roman, 2023), observamos um grande potencial do método proposto, em especial na aplicação das redes neurais que têm fornecido estimativas com alta precisão.

Neste trabalho, avaliamos a aplicação de técnicas de pré-processamento de dados, com o objetivo de melhorar a performance do treinamento da rede neural. Pré-processamentos como rees-

calonamento, remoção da média e escalonamento à variância unitária são considerados. Como caso teste, consideramos o problema inverso de estimar o coeficiente de absorção a partir de medições do fluxo escalar nos extremos do domínio do modelo.

Este é um trabalho em desenvolvimento, em nossos testes usamos redes neurais do tipo perceptron multicamadas (MLP, do inglês, *multilayer perceptron*). Usamos arquiteturas de rede com tangente hiperbólica e função identidade como funções de ativação nas camadas escondidas e na camada de saída, respectivamente. As implementações computacionais foram feitas em linguagem Python com ajuda do pacote computacional PyTorch. Resultados parciais indicam que o uso de técnicas de pré-processamento reduzem o custo computacional no treinamento das redes neurais e implicam em resultados mais precisos.

Referências Bibliográficas

- Bal, G. (2009). Inverse transport theory and applications. *Inverse Problems*, 25, 053001.
- Evans, L.C. (1998). *Partial Differential Equations*, 1ed., AMS.
- Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*, 3ed., Pearson.
- Modest, M.F. (2013). *Radiative Heat Transfer*, 3ed., Elsevier.
- Santos, P.C.; Melo, G.R.; Konzen, P.H.A. (2022) “RNAs aplicadas a determinação e localização de fonte de partículas em problemas de transporte unidimensionais”. Em: *Anais do XXV ENMC/XIII ECTM/9^o MCSul/IX SEMENGO*, evento online, Brasil.
- Roman, N.G.; Santos, P.C.; Konzen, P.H.A. (2023) “ANN-MoC method for inverse transient transport problems in unidimensional domain”. Submetido para *XXVI ENMC/XIV ECTM*, Nova Friburgo, Brasil.