

Redes neurais artificiais aplicadas na anemometria

Artificial neural networks applied in anemometry

RESUMO

Lucas Aloysio Rauber
rauber.2013@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Alex Lemes Guedes
alexlemes@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Mateus Elias Casa
eeiasmatheus@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Luan Luiz Rancan
luan.rancan@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

A necessidade de conhecer o comportamento do vento durante diferentes horas do dia, assim como de registrar efeitos destrutivos que este possa apresentar, impulsionou o aperfeiçoamento dos anemômetros, equipamentos capazes de medir direta ou indiretamente a velocidade do vento. Dentre os tipos de sensores disponíveis para esta aplicação, os baseados em ultrassom se destacam pela inexistência de partes móveis, possibilidade de leitura de altas velocidades de vento e robustez nas aplicações. Uma desvantagem, porém, é o atrito entre o vento e as estruturas de sustentação dos sensores, que causa anomalias nas medições devido à turbulência provocada pelo obstáculo presente na trajetória do ar. A modelagem da influência da estrutura na leitura de velocidade do vento é difícil de ser determinada devido à quantidade de variáveis que teriam que ser consideradas. Pensando nisso, propõem-se utilizar a metodologia de redes neurais artificiais (RNA) para melhorar a eficiência das leituras. Os resultados alcançados pelo estudo apontam que, em ambiente de simulação a generalização da rede demonstrou grande eficiência, apresentando erros de medida de até 1,34% da velocidade real do vento.

PALAVRAS-CHAVE: Redes neurais. Inteligência artificial. Anemômetro.

ABSTRACT

The need to know the behavior of the wind during different times of the day, as well as to record the destructive effects that it may present, drove the improvement of anemometers, equipment capable of measuring directly or indirectly the wind speed. Among the types of sensors available for this application, those based on ultrasound stand out for the lack of moving parts, the possibility of reading high wind speeds and robustness in applications. A disadvantage, however, is the friction between the wind and the sensor support structures, which causes measurement anomalies due to turbulence caused by the obstacle present in the air path. Modeling the influence of structure on wind speed reading is difficult to determine due to the number of variables that would have to be considered. With this in mind, we propose to use the artificial neural networks (RNA) methodology to improve readings efficiency. The results of the study indicate that, in a simulation environment, the generalization of the network showed great efficiency, presenting measurement errors of up to 1.34% of the real wind speed.

KEYWORDS: Neural networks. Artificial intelligence. Anemometer.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Estudos indicam que um dos principais motivos de quedas de torres de transmissão ocorrem devido ao vento (PRASAD Rao *et al.*, 2010; RUFFIER *et al.*, 2005; MAGINA, 2007). Em especial, na região sul do Brasil, onde a velocidade do vento pode alcançar cerca de 200 Km/h, linhas de transmissão geralmente sofrem danos de grandes proporções, apresentando assim a necessidade de conhecer de forma correta a velocidade dos ventos e aprimorar equipamentos de medição operantes.

Existem diversas ferramentas tecnológicas para auxiliar o desenvolvimento de novas tecnologias, capazes de solucionar problemas com maior complexidade em um curto tempo, entre estas estão as redes neurais artificiais (RNA). Uma das propriedades mais importantes de uma rede neural artificial é a capacidade de aprender por intermédio de exemplos e fazer inferências sobre o que aprendeu, melhorando gradativamente o seu desempenho.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

INTERAÇÃO ENTRE O VENTO E O SOM

A propagação da onda sonora depende de algumas características do meio como a temperatura e a densidade do material. Além disso, o movimento das partículas do próprio meio interfere na velocidade de propagação da onda sonora.

No caso onde o meio de propagação é o ar, e este está em movimento, haverá um deslocamento direcionado das partículas, transferindo energia e acrescentando velocidade as moléculas. Desta forma, quando uma onda sonora se propaga no mesmo sentido das partículas de ar, acarretará em um acréscimo da velocidade de propagação.

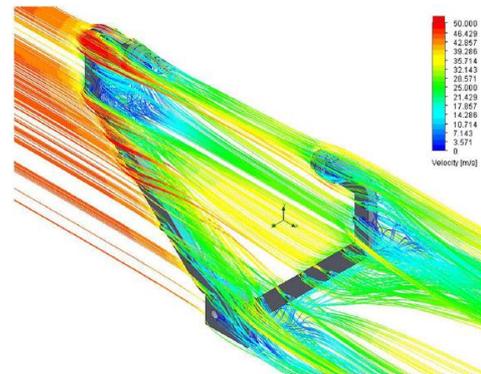
O anemômetro ultrassônico utiliza a propriedade de propagação da onda sonora pelo ar. Mantendo-se constante a temperatura ambiente, a velocidade de propagação do som no ar é uma constante, de modo que, se o ar está em movimento, uma distância fixa é percorrida pelo som em um tempo variável, dependente da velocidade e direção do vento (RIBEIRO, et al., 2014). O tempo entre a emissão e a recepção da onda sonora é chamada de tempo de trânsito.

ERROS NA MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO

Richiardone, Giampiccolo et al. (2008) citam uma forma de detecção de erro do instrumento devido a um desalinhamento entre a montagem dos transdutores e o pedestal do anemômetro sônico.

É necessário também considerar a influência que a estrutura terá no fluxo de vento, pois, se o mesmo a atinge antes do eixo de medição formado por dois sensores ultrassônicos, a velocidade mensurada será menor que a real (LOPES, et al., 2016). A Figura 1 é a simulação da velocidade do vento ao atingir a estrutura do anemômetro, onde a maior velocidade está representada em vermelho e a menor em azul.

Figura 1 - Influência da estrutura na velocidade do vento



Fonte: (Lopes, et al., 2016)

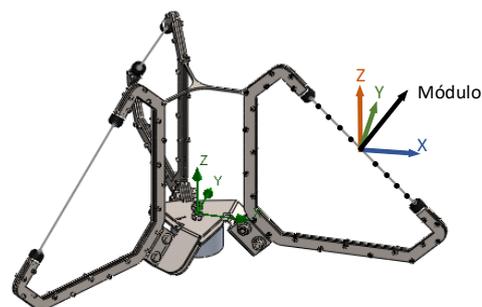
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Os neurônios artificiais são inspirados pela estrutura celular neuronal biológica. Os avanços sobre a estrutura neural e a descoberta de uma célula nervosa, ou neurônio, foram descritas no século 19 pelo neurologista espanhol Ramón y Cajal (KOVÁCS, 2006). As redes neurais perceptron de múltiplas camadas consistem em um sistema de neurônios interconectados e dispostos em camadas. Cada neurônio recebe os sinais de todos os neurônios da camada anterior, e propaga sua saída para os neurônios da camada posterior.

SISTEMA PROPOSTO

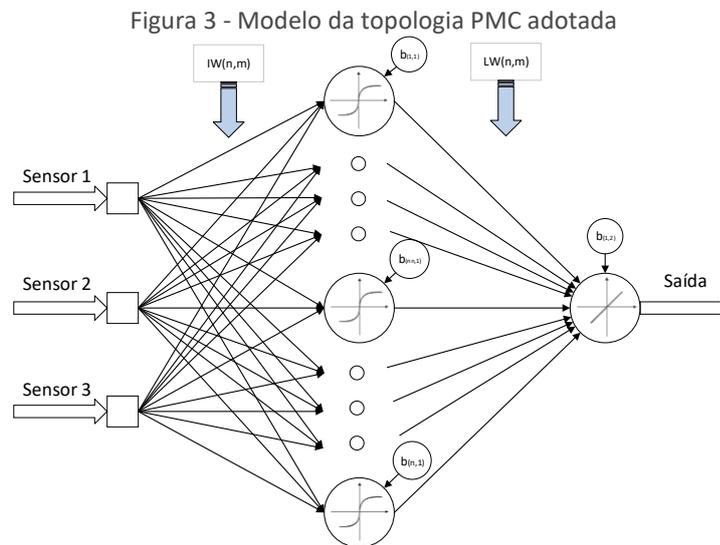
A simulação possibilita entender de maneira numérica as características do equipamento e do vento, emulando condições reais do sistema. Permite também desprezar erros provocados por componentes eletrônicos, transdutores descalibrados, estruturas defeituosas. O *software* utilizado para as simulações foi o SolidWorks®, que permite modelar e simular estruturas mecânicas 3D. Cada simulação resultará em valores numéricos de módulo, direção e sentido do vento em pontos existentes no eixo formado por dois sensores (Figura 2).

Figura 2 - Modelo 3D do anemômetro mostrando as linhas e os vetores de um ponto infinitesimal obtido na simulação



Fonte: Autoria própria (2018)

A média dos valores dos pontos representa então a velocidade do vento entre cada par de sensor. Estes valores então, constituem a camada de entrada da rede neural. Sabendo que é desejado obter a velocidade do vento apenas no plano horizontal, duas redes foram implementadas, onde as saídas são as componentes X e Y no plano. A Figura 3 mostra um esquemático da rede, identificando as funções de ativação, a localização e a conexão das camadas.



Fonte: Autoria própria (2019)

A técnica de validação cruzada utilizada para determinar a quantidade de neurônios existentes na camada intermediária consistiu em aplicar conjuntos de 170 amostras no algoritmo de *Levenberg-Marquardt* disponível no toolbox do software Matlab® 2015, e utilizar como critério de parada o *Mean squared error* ou o número máximo de 1000 épocas. O treinamento foi feito utilizando 70% das amostras e o restante empregados no processo de validação, onde a escolha de quais valores pertencem ao treinamento ou na validação é gerenciado pelo software.

Para identificar com quantos neurônios na camada intermediária obtém-se o menor erro, foram feitos ensaios em redes com 3 a 40 neurônios, sendo que para cada ensaio foram executadas 30 repetições de treinamento e validação. Concluindo que as redes que determinam as componentes X e Y, devem ter respectivamente, 21 e 19 neurônios na camada escondida.

Sabe-se então, que cada uma das redes que generalizam as componentes X e Y são independentes entre si, então, cada uma apresentará seus próprios pesos sinápticos ($IW_{m,n}$ e $LW_{m,n}$) e bias ($b_{m,n}$).

RESULTADOS

A partir dos valores das coordenadas X e Y determinados pela rede é possível calcular e verificar se as respostas são coerentes com o esperado. Como pode ser visto na Tabela 1, o maior erro de módulo que a rede neural apresentou foi de 0,673072 m/s sendo aproximadamente 1,346% da velocidade esperada de 50m/s, já para o resultado de ângulo, o teste com pior desempenho apresentou um valor de 0,6560 graus a baixo do esperado.

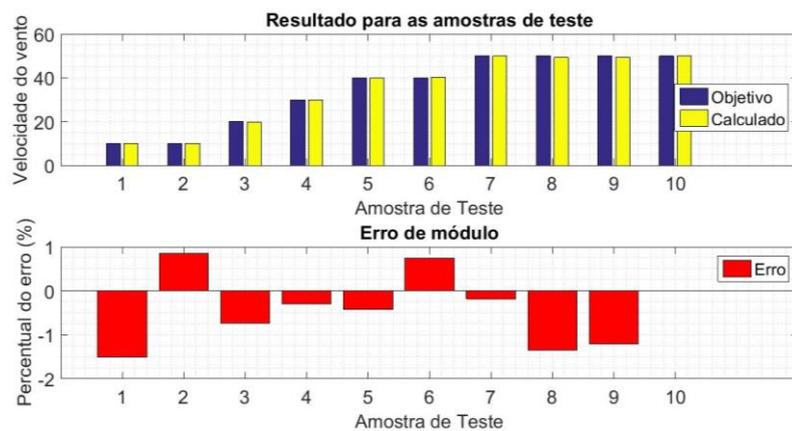
Tabela 1 - Resultados de módulo e ângulo obtidos pela rede treinada

Módulo (m/s)	Módulo desejado (m/s)	Erro módulo (m/s)	Ângulo (graus)	Ângulo desejado (graus)	Erro ângulo (graus)
9,8495	10	0,150493	10,0383	10	0,038330
10,0849	10	0,084870	90,3108	90	0,310816
19,8516	20	0,148357	319,9600	320	0,039999
29,9107	30	0,089309	230,4485	230	0,448504
39,8310	40	0,168952	70,2705	70	0,270502
40,2960	40	0,295995	169,9753	170	0,024700
49,9096	50	0,090392	359,7111	360	0,288919
49,3269	50	0,673072	29,9836	30	0,016371
49,3982	50	0,601783	139,3439	140	0,656090
50,0049	50	0,004941	300,5391	300	0,539095

Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados do módulo pode ser visualizado na Figura 4, que apresenta o módulo da velocidade esperada e a velocidade calculada pela rede PMC, além disso, é possível identificar que, em porcentagem, o teste com pior desempenho foi para 10m/s a 10 graus, que apresentou 1,505% de erro em seu módulo.

Figura 4 - Resultado de modulo com amostras de teste



Fonte: Autoria própria (2019)

CONCLUSÃO

A aplicação de redes neurais artificiais com o objetivo de minimizar erros nas medições do anemômetro 3D apresentou resultados bastante satisfatórios, levando em consideração que o range de velocidades de vento simulado é bastante abrangente em comparação a outros anemômetros, porém, estes resultados estão aplicados apenas para ventos no plano horizontal, sendo necessários estudos para ventos em diversas direções.

AGRADECIMENTOS

Os participantes deste projeto agradecem ao auxílio financeiro do núcleo de extensão e inovação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira. Agradecem também ao professor que acompanhou cada etapa orientando da melhor maneira pra que se alcançasse o resultado apresentado.

REFERÊNCIAS

KOVÁCS. (2006). Redes Neurais artificiais: Fundamentos e aplicações. São Paulo: Livraria da Física.

LOPES, G. M., JUNIOR, D. P., ELIAS, P., RIBEIRO, L. d., FRANÇA, M. B., FRANÇA, J. A., & LOPES, G. M. (2016). Development of 3D ultrasonic anemometer with non-orthogonal geometry for the determination of high-intensity winds. IEEE Transactions on instrumentation and measurement, 10.

MAGINA, F. C. (2007) "Aquisição Automática e Tratamento de Dados Meteorológicos Aplicáveis ao Projeto e Operação de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica", Dissertação de Mestrado, UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ.

PRASAD Rao, N.; SAMUEL Knight, G.M.; Lakshmanan, N.; Nagesh R. Iyer (2010), "Investigation of transmission line tower failures, Engineering Failure Analysis", Volume 17, Issue 5, July 2010, Pages 1127-1141, ISSN 1350-6307, DOI: 10.1016/j.engfailanal.2010.01.008.

RIBEIRO, L. D., SILVA JUNIOR, D. P., Moreira, M., Guedes, A. L., De França, J. A., & De Moraes França, M. B. (2014). Uma nova técnica de cálculo de velocidade do vento para anemômetros ultrassônicos baseado da fusão de dados entre múltiplos tempos de trânsito e correlação cruzada entre envoltórias de recepção. XX Congresso Brasileiro de Automática. Belo Horizonte.

RICHIARDONE, R., GIAMPICCOLO, E., FERRARESE, S., & MANFRIN, M. (8 de Julho de 2008). Detection of Flow Distortions and Systematic Errors. Boundary Layer Meteorology manuscript, p. 30.

RUFFIER, A. P.; SILVA FILHO, J. I; ESTRELLA Jr, L. F e LISBOA, E. F. A (2005) Determinação de cargas de vento segundo metodologias diversas e suas influências no projeto estrutural, Trabalho Técnico da CEPEL.