

TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADOS EM CONTROLE DE QUALIDADE

Júlia Bertelli Duarte, Laboratório de Acústica e Vibrações, juliabduarte@gmail.com

Marcus Antonio Viana Duarte, Laboratório de Acústica e Vibrações, mvduarte@mecanica.ufu.br

Resumo. A indústria tem como um dos principais desafios estabelecer critérios confiáveis para controle de qualidade de seus produtos e serviços. Porém, muitos desses critérios possuem deficiências e parâmetros subjetivos para se classificar e definir a qualidade do produto final, tendo como parâmetro a sensibilidade auditiva dos peritos para esta decisão. Neste trabalho, apresentou-se uma metodologia baseada em redes neurais auto-organizáveis (SOM) e otimização aplicada a sinais de vibração, sintomas vibroacústicos, que visa tirar a subjetividade do controle de qualidade do produto final. Para a escolha dos parâmetros, utilizou-se da SOM combinada à técnicas de otimização heurística, como Evolução Diferencial. Para este caso, os dados utilizados eram todos controlados, ou seja, os grupos conformes e não conformes eram conhecidos. Conseguiu-se bons resultados na segregação dos grupos, e a técnica de Evolução Diferencial demanda pouco tempo computacional para convergência e as funções objetivo tiveram valores baixos. Verificou-se que não é necessário um número muito elevado de sintomas para que se haja a convergência do sistema passa-não-passa. Ao aplicar a metodologia desenvolvida em um conjunto de compressores de linha de produção, verificou-se que o mesmo se mostrou eficiente. Concluiu-se então que as técnicas de otimização, juntamente com a SOM, se mostram como uma excelente ferramenta de seleção de sintomas vibroacústicos para fins de controle de qualidade.

Palavras chave: controle de qualidade, redes neurais auto-organizáveis, evolução diferencial, sintomas vibroacústicos

1. INTRODUÇÃO

A indústria tem como um dos principais desafios estabelecer critérios confiáveis para controle de qualidade de seus produtos e serviços. Porém, muitos desses critérios possuem deficiências e parâmetros subjetivos para se classificar e definir a qualidade do produto final, tendo como parâmetro a sensibilidade dos peritos para esta decisão. O ouvido humano apesar de ser uma ferramenta altamente sensível e largamente utilizada em controle de qualidade, é sensível a problemas emocionais e ambientais (ruídos de fundo), além de não resultar em valores mensuráveis, tanto solicitados e exigidos pelas normas atuais de padronização como pelas normas ISO(9000) e QS(9000).

A fim de tirar a subjetividade dos testes de controle de qualidade da linha de produção, desenvolveu-se, neste trabalho, uma metodologia que utiliza de análise de sinais e sintomas vibroacústicos que consiga separar os produtos não conformes dos produtos conformes sem a necessidade de se conhecer, a priori, um grupo dos produtos conformes e um grupo dos não conformes.

Como os processos de fabricação estão em constante mudança, os bancos de dados para análise de sinais em linhas de produção se tornam obsoletos muito rapidamente, o que demanda tempo do analista em sempre atualizar o banco de dados e faz com que os sistemas passa-não-passa comecem a recusar produtos que na verdade estão bons.

Para desenvolver este trabalho, optou-se por utilizar de técnicas de inteligência artificial, as redes neurais auto-organizáveis (SOM), que são um tipo de rede neural com aprendizado não supervisionado, usadas para construir uma representação estatística compacta de um conjunto de dados de entrada não-rotulados, ou seja, é capaz de reconhecer padrões e extrair características comuns e estatisticamente relevantes dos dados de entrada.

Da Cruz (2007), em sua dissertação de mestrado, realizou um estudo comparativo do desempenho de algoritmos de redes neurais competitivas em problemas de quantização vetorial e aplicações correlatas, tais como análise de agrupamentos e compressão de imagens. Este conclui que, independente do algoritmo escolhido, se o mesmo tiver seus parâmetros devidamente ajustados e seus desempenhos avaliados, as diferenças de desempenho entre os mesmos são desprezíveis, ficando como critério de desempate o custo computacional.

Aliadas às técnicas de inteligência artificial, deseja-se utilizar de técnicas de otimização para auxiliar na escolha do melhor grupo de dados de entrada para treinamento da rede, os algoritmos de Evolução Diferencial.

Os algoritmos de Evolução Diferencial (ED) estão sendo largamente utilizados, principalmente para resolver problemas que possuem mais de um objetivo e não apenas em problemas aplicados à engenharia. Muitos trabalhos apresentando revisões sobre esta técnica juntamente com aplicações foram publicados. Sreedhar; Rajan (2013) apresentam uma revisão sobre ED baseados em problemas multiobjetivos, apresentando os diferentes tipos de algoritmo de ED para aplicação multiobjetivo. Zhang et al (2013), em seu trabalho, apresenta uma ED adaptativa e multiobjetivo, juntamente com uma rede neural caótica, aplicadas à operações em hidrelétricas, considerando os problemas ambientais.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

As redes neurais artificiais, de acordo com Haykin (2001), representam uma tecnologia que tem raízes em muitas disciplinas e encontram aplicações em campos diversos, tais como modelagem, análise de séries temporais, reconhecimento de padrões, processamento de sinais e controle em virtude de ter como propriedade a habilidade de aprender a partir de dados de entrada supervisionados ou não.

Assim, Haykin (2001) define rede neural, vista como uma máquina adaptativa, como:

um processador maciçamente paralelamente distribuído constituído de unidades de processamento simples, que tem a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos: o conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem; e forças de conexão entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido.

Casos em que se conhece a entrada e a saída desejada da rede neural, quando do seu treinamento, são chamados de redes neurais de aprendizado supervisionado. Caso tenha-se disponível apenas os padrões de entrada da rede, essas são conhecidas como redes neurais de aprendizado não supervisionado. De acordo com Silva; Spatti; Flauzino (2010), a maioria das redes com esse padrão não supervisionado se auto-organizam por meio de métodos de treinamento competitivos, os quais tem capacidade de detectar similaridades, regularidades e correlações entre os padrões do conjunto de entrada, agrupando-os em classes, conhecidas como *clusters*.

Essas redes são conhecidas como redes neurais competitivas, e uma das mais difundidas de acordo com Silva; Spatti; Flauzino (2010) são os mapas auto-organizáveis propostos por Teuvo Kohonen, ou simplesmente redes de Kohonen ou SOM (Self-organized Map). Kohonen (1998) publicou um artigo resumindo como funcionam as SOM.

O método de Evolução Diferencial (ED) foi proposto, em 1995, por Storn and Price e é um algoritmo evolutivo usado para resolver problemas de otimização. Uma das principais características dessa metodologia é que esta apresenta uma concepção puramente matemática, baseada em operações vetoriais. Por isso, a mesma é considerada como uma abordagem estrutural (Coelho, 2003 *apud* Lobato, 2008).

O método consiste em gerar aleatoriamente uma população de indivíduos, onde cada indivíduo representa um ponto de busca no espaço de soluções de um determinado problema. Caso não se conheça a priori o problema, a população inicial é gerada através de uma distribuição uniforme.

Basicamente, as ED seguem as seguintes etapas (Lobato, 2008):

1º) Geração da população inicial. Esta deve ter soluções aceitáveis para o problema em estudo e os valores atribuídos às variáveis não violam as fronteiras de projeto;

2º) Seleção de um indivíduo, de maneira randômica, para ser substituído. Seleciona-se três diferentes indivíduos para serem os genitores, e apenas um é selecionado como genitor principal;

3º) Modificação de cada variável do genitor principal, de acordo com uma probabilidade;

4º) Adição da diferença entre as duas outras variáveis, oriundas dos genitores secundários, ao valor atual da variável oriunda do genitor principal, ponderada por uma taxa de perturbação. Este procedimento é conhecido como cruzamento;

5º) Avaliação do vetor resultante. Caso este apresente uma função de adaptação melhor que o genitor principal, ele o substitui, senão, esse vetor é mantido na população.

3. METODOLOGIA

Este trabalho tinha por objetivo escolher os parâmetros principais a serem utilizados como critério em linhas de produção. Para isso, coletou-se sinais de compressores que foram avaliados como conformes e não conformes por peritos dos compradores, ou seja, pelo cliente final. Vale ressaltar que esses sinais foram adquiridos em uma câmara semianecoica. Por fim, o mesmo grupo de sinais que foi avaliado pelos clientes foi utilizado para treinar a rede neural autoorganizável e escolher os parâmetros principais de entrada, através da utilização de técnicas de otimização.

Estes parâmetros foram definidos através da utilização de otimizadores heurísticos e, após o fim da otimização, uma análise dos boxplots dos sintomas escolhidos foi realizada. Neste trabalho, utilizou-se a evolução diferencial. Das funções objetivo tentadas, a melhor foi: sabendo-se que os sinais considerados bons foram colocados primeiro que os sinais considerados ruins, o objetivo era fazer com que o otimizador aproximasse dessa configuração, ou seja, forçar a rede neural a separar os grupos da maneira como foram montados.

Para o algoritmo de evolução diferencial, as configurações utilizadas foram:

- critério de parada de 10^{-20} ;
- tamanho da população de 50;
- 100 gerações;
- taxa de perturbação de 0,5;
- probabilidade de cruzamento de 0,8;
- estratégia 7 (ver Lobato, 2008).

A rede neural utilizada foi a *newc* do programa MATLAB®, que é uma rede neural auto-organizável baseada nos mapas de Kohonen, configurada para fazer uma separação em dois grupos, ou seja, utilizou-se dois neurônios.

4. RESULTADOS

A Tab. 1 apresenta os resultados obtidos, número de parâmetros de entrada, valor da função objetivo e sintomas escolhidos para a otimização via ED.

Tabela 1. Resultados obtidos via ED

Número de Parâmetros	Função Objetivo	Sintomas Escolhidos
2	245	4; 114
3	245	114; 117; 144
4	254	104; 116; 134; 144
5	254	71; 80; 106; 116; 144

Da análise da Tab. 1, observa-se que a função objetivo se manteve estável entre todos os parâmetros de entrada. O sintoma 144 é o que repete em quase todos os casos. Os sintomas calculados via técnica de envelope, como o 114, 116 e 117, também foram escolhidos como bons sintomas para a classificação via técnica de estatística clássica. Para dois parâmetros de entrada, os sintomas escolhidos foram os mesmos para a estatística clássica.

Os sintomas 114, 116, 117 e 144 são definidos, respectivamente, como: diferença entre máximo e mínimo do envelope filtrado com filtro passa-alta em 10.000 Hz; diferença entre máximo e mínimo do envelope filtrado com filtro passa-alta em 12.000 Hz; nível de energia do sinal filtrado com filtro passa-baixa em 40 Hz e nível de energia do sinal filtrado com filtro passa-banda entre 500 e 7.000 Hz.

A Fig. 1 mostra as saídas da rede neural obtidas para cada um dos casos.

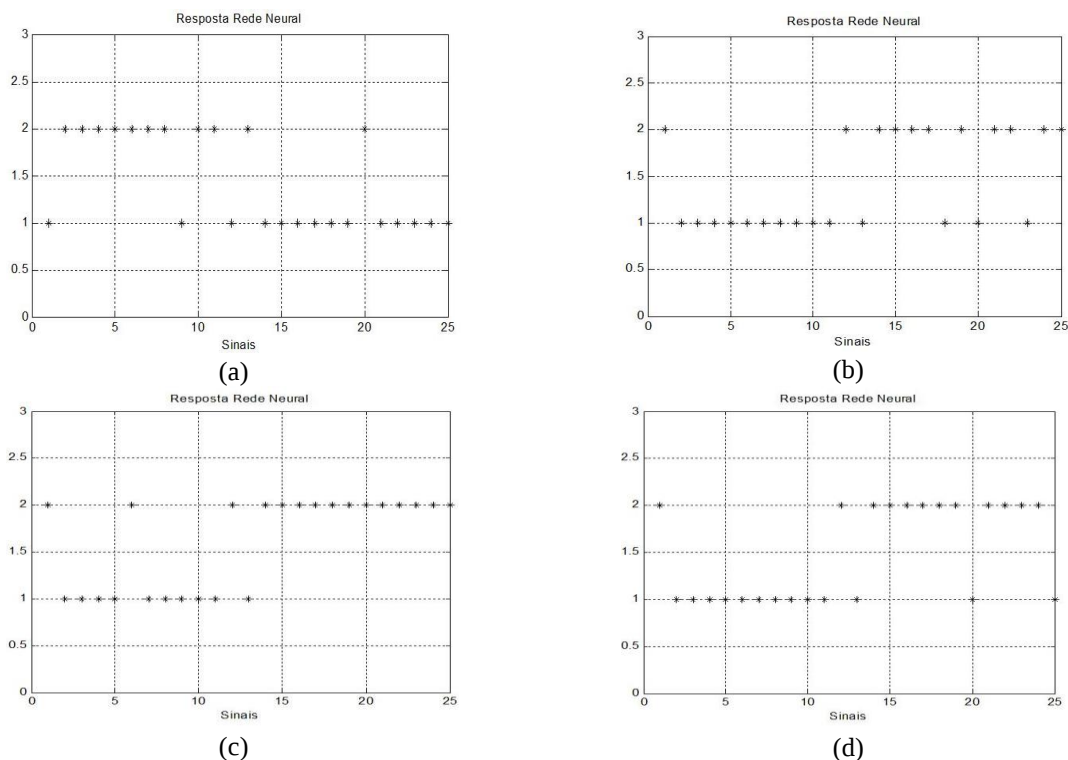


Figura 1. Respostas da saída da SOM para: (a) dois parâmetros, (b) três parâmetros, (c) quatro parâmetros e (d) cinco parâmetros de entrada para otimização via ED.

Da análise da Fig. 1, observa-se que ao utilizar cinco sintomas, a resposta fica mais próxima da ideal. Porém, para todos os casos, a função objetivo obteve resultados semelhantes e a divisão nos dois grupos foi bem coerente com a esperada. Em teoria, a rede deve separar em dois grupos distintos, o primeiro com os primeiros 11 sinais sequenciais e o segundo grupo composto pelos últimos sinais. O valor um e dois depende da saída da rede e não tem grande relevância para o trabalho, ou seja, não importa qual grupo obtém o valor um ou dois.

4. CONCLUSÕES

Após a realização do trabalho, pode-se concluir que:

- A rede neural auto-organizável SOM é capaz de identificar e separar os grupos estatisticamente diferentes ao utilizar todos os sintomas vibroacústicos calculados para este trabalho;
- Ao comparar todos os resultados, observa-se que os métodos computacionais se mostraram uma boa ferramenta para avaliação de sinais conformes e não conformes, para este caso;
- Ao analisar os resultados obtidos pela combinação SOM e otimização via ED, observou-se que a função objetivo se manteve estável entre todos os parâmetros de entrada, ou seja, não existe uma melhor configuração;
- A partir dos resultados obtidos, é possível ao analista construir critérios passa-não passa em linhas de produção, utilizando de computação, sem a necessidade da pré-existência de sinais dos produtos considerados bons e ruins e da análise desses sinais para se criar um banco de dados. Vale ressaltar que, para evitar defeitos oriundos de aquisição de sinais, deve-se fazer a aquisição automatizada.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Mecânica pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao CNPq pela ajuda financeira.

À Tecumseh pelos sinais e compressores utilizados neste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- Da Cruz, M.A., “Avaliação de Redes Neurais Competitivas em Tarefas de Quantização Vetorial: Um Estudo Comparativo.”, Fortaleza – CE, Universidade Federal do Ceará – Engenharia de Teleinformática, 2007, 119p. Dissertação de Mestrado.
- Haykin, S., “Redes Neurais – Princípios e Prática.”, 2ª Ed., Ed. Bookman, Porto Alegre, 2001.
- Kohonen, T., “The Self-organizing Map.”, Neurocomputing, vol. 21, pp. 1 – 6, 1998.
- Lobato, F. S., “Otimização Multi-objetivo para o Projeto de Sistemas de Engenharia.”, Uberlândia – MG, Universidade Federal de Uberlândia, Engenharia Mecânica, 2008, 354 p. Tese de Doutorado.
- Silva, I. N., Spatti, D. H., Flauzino, R. A., “Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas”, Artliber Editora Ltda, São Paulo, 2010.
- Sreedhar, D., Rajan, B. M. R., “Differential Evolution based Multiobjective Optimization – A Review.”, International Journal of Computer Applications, vol. 63, nº 15, pp. 14 – 19, 2013.
- Zhang, H., Zhou, J., Fang, N., Zhang, R., Zhang, Y., “An Efficient Multi-objective Adaptive Differential Evolution With Chaotic Neuron Network and its Application on Long-term Hydropower Operation With Considering Ecological Environment Problem.”, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 45, Issue 1, pp. 60 – 70, 2013.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.