



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Group Method of Data Handling (GMDH) e Redes Neurais na Monitoração
e Detecção de Falhas em sensores de centrais nucleares**

Elaine Inacio Bueno

Tese apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Reatores

Orientador:
Prof. Dr. Antonio Teixeira e Silva

São Paulo
2011

*Dedico este trabalho aos meus pais, Gilberto e Marinezia
e aos meus irmãos, Wellington e Lucineide*

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Antonio Teixeira e Silva pela orientação e pela confiança depositada para a realização deste trabalho.

À Dra. Iraci Martinez Pereira que tem me acompanhado desde a iniciação científica até a realização do presente trabalho, exercendo a função de co-orientadora. Gostaria de agradecê-la pela amizade, dedicação, paciência e pelos valores que me foram ensinados durante todo este tempo em que trabalhamos juntas.

A todos os meus amigos e colegas do IPEN e IFSP, que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos Ridnal Nascimento, Alda Roberta Torres e Vanessa Z. Guirado pelas palavras de incentivo e pelos momentos de distração.

Aos demais amigos e colegas que sempre me apoiaram nos momentos de trabalho intenso oferecendo palavras de incentivo e apoio emocional, com o propósito de impedir que o nível de estresse e cansaço mental prejudicasse a minha pesquisa.

Aos meus pais, Marinezia e Gilberto, e aos meus irmãos, Wellington e Lucineide, pelo apoio recebido durante todo o meu trabalho e por terem me apoiado sempre em todas as minhas decisões.

Aos funcionários da CPG pelo apoio recebido durante a minha vida acadêmica.

*Dificuldades e obstáculos são fontes valiosas de saúde e força para qualquer
sociedade.
(Albert Einstein)*

GROUP METHOD OF DATA HANDLING (GMDH) E REDES NEURAIAS NA MONITORAÇÃO E DETECÇÃO DE FALHAS EM SENSORES DE CENTRAIS NUCLEARES

Elaine Inacio Bueno

RESUMO

A demanda crescente na complexidade, eficiência e confiabilidade nos sistemas industriais modernos têm estimulado os estudos da teoria de controle aplicada no desenvolvimento de sistemas de Monitoração e Detecção de Falhas. Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia inédita de Monitoração e Detecção de Falhas através do algoritmo GMDH e Redes Neurais Artificiais (RNA) que foi aplicada ao reator de pesquisas do IPEN, IEA-R1. O desenvolvimento deste trabalho foi dividido em duas etapas: sendo a primeira etapa dedicada ao pré-processamento das informações, realizada através do algoritmo GMDH; e a segunda o processamento das informações através de RNA. O algoritmo GMDH foi utilizado de duas maneiras diferentes: primeiramente, o algoritmo GMDH foi utilizado para gerar uma melhor estimativa da base de dados, tendo como resultado uma matriz denominada *matriz_z*, que foi utilizada no treinamento das RNA. Logo após, o GMDH foi utilizado no estudo das variáveis mais relevantes, sendo estas variáveis utilizadas no processamento das informações. Para realizar as simulações computacionais, foram propostos cinco modelos: Modelo 1 (Modelo Teórico) e Modelos 2, 3, 4 e 5 (Dados de operação do reator).

Após a realização de um estudo exaustivo dedicado a Monitoração, iniciou-se a etapa de Detecção de Falhas em sensores, onde foram simuladas falhas na base de dados dos sensores. Para tanto as leituras dos sensores tiveram um acréscimo dos seguintes valores: 5%, 10%, 15% e 20%.

Os resultados obtidos utilizando o algoritmo GMDH na escolha das melhores variáveis de entrada para as RNA foram melhores do que aqueles obtidos utilizando apenas RNA, o que viabiliza o uso da nova metodologia de Monitoração e Detecção de Falhas em sensores apresentada.

***GROUP METHOD OF DATA HANDLING AND NEURAL NETWORKS APPLIED IN
MONITORING AND FAULT DETECTION IN SENSORS IN NUCLEAR POWER
PLANTS***

Elaine Inacio Bueno

ABSTRACT

The increasing demand in the complexity, efficiency and reliability in modern industrial systems stimulated studies on control theory applied to the development of Monitoring and Fault Detection system. In this work a new Monitoring and Fault Detection methodology was developed using GMDH (Group Method of Data Handling) algorithm and Artificial Neural Networks (ANNs) which was applied to the IEA-R1 research reactor at IPEN. The Monitoring and Fault Detection system was developed in two parts: the first was dedicated to preprocess information, using GMDH algorithm; and the second part to the process information using ANNs. The GMDH algorithm was used in two different ways: firstly, the GMDH algorithm was used to generate a better database estimated, called matrix_z, which was used to train the ANNs. After that, the GMDH was used to study the best set of variables to be used to train the ANNs, resulting in a best monitoring variable estimative. The methodology was developed and tested using five different models: one Theoretical Model and four Models using different sets of reactor variables.

After an exhausting study dedicated to the sensors Monitoring, the Fault Detection in sensors was developed by simulating faults in the sensors database using values of 5%, 10%, 15% and 20% in these sensors database.

The results obtained using GMDH algorithm in the choice of the best input variables to the ANNs were better than that using only ANNs, thus making possible the use of these methods in the implementation of a new Monitoring and Fault Detection methodology applied in sensors.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação para o trabalho	1
1.2. Objetivo	4
1.3. Organização da tese	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3. PRINCIPAIS ASPECTOS DO REATOR IEA-R1	12
3.1. Descrição do Reator IEA-R1	12
3.1.1. Descrição da instalação	13
3.2. Sistema de Aquisição de Dados (SAD).....	15
3.3. Modelo Teórico do reator IEA-R1	18
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	21
4.1. Group Method of Data Handling (GMDH).....	21
4.2. Descrição da metodologia GMDH	22
4.3. Redes Neurais Artificiais (RNA)	26
4.3.1. Introdução.....	26
4.3.2. Aspectos Históricos.....	27
4.3.3. Modelo matemático de neurônio.....	29
4.3.4. Arquiteturas de Redes Neurais Artificiais (RNA).....	32
4.3.4.1. Redes de camadas múltiplas (MLP)	34
4.3.5. Principais Algoritmos de Treinamento	35
4.3.6. Aprendizagem Hebbiana	36
4.3.7. Aprendizagem por competição.....	37
4.3.8. Aprendizagem por Correção de Erro	37
4.3.9. Regra Delta ou Método do Gradiente Descendente	38
4.3.10. Algoritmo de Retropropagação	39
5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	42
5.1. Base de dados do Sistema de Monitoração	43
5.1.1. Modelo 1 - teórico	43
5.1.2. Modelo 2 – dados de operação.....	44

5.1.3. Modelo 3 – dados de operação do reator.....	44
5.1.4. Modelo 4 – dados de operação do reator.....	44
5.1.5. Modelo 5 – dados de operação do reator.....	45
5.2. Pré-processamento.....	45
5.2.1. Nova estimativa das variáveis de entrada (GMDH + RNA).....	45
5.2.2. Variáveis mais relevantes (RNA seleção).....	46
5.3. Processamento.....	50
5.3.1. Arquitetura das RNA.....	50
6. MONITORAÇÃO.....	52
6.1. Nova estimativa das variáveis de entrada (GMDH + RNA).....	52
6.1.1. Modelo 1 – dados teóricos.....	52
6.1.1.1. Análise dos resultados obtidos.....	59
6.1.2. Modelo 2 - dados de operação do reator.....	60
6.1.2.1. Análise dos resultados obtidos.....	65
6.2. Variáveis mais relevantes (RNA seleção) e Nova estimativa das variáveis de entrada (GMDH +RNA).....	66
6.2.1. Modelo 3.....	66
6.2.1.1. Análise dos resultados obtidos.....	76
6.2.2. Modelo 4.....	77
6.2.2.1. Análise dos resultados obtidos.....	85
6.2.3. Modelo 5.....	86
6.2.3.1. Análise dos resultados obtidos.....	132
7. DETECÇÃO DE FALHAS.....	134
7.1. Falha em T3.....	134
7.2. Falha em R1M3.....	137
7.3. Falha em N2.....	140
8. CONCLUSÕES.....	144
8.1. Recomendações para trabalhos futuros.....	145
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
Tabela 1.	Variáveis monitoradas pelo SAD.....	16
Tabela 2.	Variáveis do modelo teórico do reator IEA-R1	19
Tabela 3.	Resultados obtidos na Monitoração - modelo 1.....	59
Tabela 4.	Resultados obtidos na Monitoração - modelo 2.....	65
Tabela 5.	Resultados obtidos na Monitoração - modelo 3.....	76
Tabela 6.	Resultados obtidos Monitoração - modelo 4	85
Tabela 7.	Resultados obtidos na Monitoração - modelo 5.....	132
Tabela 8.	Resíduos obtidos – Detecção de Falha em T3	137
Tabela 9.	Resíduos obtidos – Detecção de Falha em R1M3	140
Tabela 10.	Resíduos obtidos – Detecção de Falha em N2.....	143

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1.	Diagrama esquemático do reator IEA-R1	12
Figura 2.	Interface do programa desenvolvido.....	20
Figura 3.	Estrutura do modelo auto-organizável GMDH com m entradas e k gerações.....	21
Figura 4.	Nó do algoritmo GMDH.....	22
Figura 5.	Curva RMIN calculado a cada geração	25
Figura 6.	Neurônio Biológico	27
Figura 7.	Modelo matemático de neurônio	30
Figura 8.	Transformação afim produzida pelo bias.....	31
Figura 9.	(a) Função limiar, (b) Função linear por partes (c) Função sigmóide com parâmetro de inclinação a variável.....	32
Figura 10.	Redes com propagação para frente de uma camada	33
Figura 11.	Redes do tipo MLP (Camadas múltiplas com propagação para frente).....	34
Figura 12.	Redes Recorrentes	34
Figura 13.	Resumo - implementação da metodologia desenvolvida.....	42
Figura 14.	Pré-processamento através da matriz z	46
Figura 15.	Pré-processamento – estudo das variáveis mais relevantes	47
Figura 16.	Monitoração de N2 – Comparação entre as metodologias	53
Figura 17.	Monitoração de T1 – Comparação entre as metodologias.....	54
Figura 18.	Monitoração de T2 – Comparação entre as metodologias.....	54
Figura 19.	Monitoração de T3 – Comparação entre as metodologias.....	55
Figura 20.	Monitoração de T4 – Comparação entre as metodologias.....	56
Figura 21.	Monitoração de T6 – Comparação entre as metodologias.....	56
Figura 22.	Monitoração de T7 – Comparação entre as metodologias.....	57
Figura 23.	Monitoração de T8 – Comparação entre as metodologias.....	58
Figura 24.	Monitoração de T9 – Comparação entre as metodologias.....	59
Figura 25.	Monitoração de N2 – Comparação entre as metodologias	61
Figura 26.	Monitoração de T3 – Comparação entre as metodologias.....	62
Figura 27.	Monitoração de T4 – Comparação entre as metodologias.....	62
Figura 28.	Monitoração de T7 – Comparação entre as metodologias.....	63
Figura 29.	Monitoração de T8 – Comparação entre as metodologias.....	64
Figura 30.	Monitoração de T9 – Comparação entre as metodologias.....	64
Figura 31.	Monitoração de R1M3 – Comparação entre as metodologias	65
Figura 32.	Monitoração de N2 – Comparação entre as metodologias	67

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

