



**Sociedade Brasileira de
Inteligência Computacional**
Brazilian Computational Intelligence Society
<http://sbic.ct.ufrn.br/>

**Learning
&
Nonlinear Models**

ISSN 1676-2789

*Special Issue on Time Series Analysis
and Prediction (Part 1)*

Volume 10 - Number 2

2012

Editor-in-Chief

Guilherme de Alencar Barreto
Universidade Federal do Ceará, Brazil

Editorial Board

Alexandre Pinto Alves da Silva
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

André Fabio Kohn
Universidade de São Paulo (Brazil)

Antonio Marcus Nogueira Lima
Universidade Federal da Paraíba (Brazil)

Jurandir Nadal
Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brazil)

Luis Antônio Aguirre
Universidade Federal de Minas Gerais (Brazil)

Luiz Pereira Calôba
Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brazil)

Marcelo Cunha Medeiros
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Brazil)

Mohamed Ali El-Sharkawi
University of Washington (USA)

Paul John Werbos
National science Foundation (USA)

Takashi Yoneyama
Instituto Tecnológico da Aeronáutica (Brazil)

Yaser Abu-Mostafa
California Institute of technology (USA)



**Sociedade Brasileira de
Inteligência Computacional**
Brazilian Computational Intelligence Society
<http://sbic.ct.ufrn.br/>

2012

Volume 10

Number 2

TABLE OF CONTENTS

Editorial	87-89
Vitor Hugo Ferreira (Editor Convidado)	
Uma Metodologia para Filtragem de Medições Anemométricas	90-98
José Francisco Moreira Pessanha, Valk Luiz de Oliveira Castellani, Thatiana Conceição Justino, Débora Dias Jardim Penna & Maria Elvira Piñeiro Maceira	
FUZZYFUTURE: Ferramenta de Previsão de Séries Temporais Baseada em Sistema Híbrido Fuzzy-Genético	99-108
Victor Barboza Brito, Marley Vellasco & Ricardo Tanscheit	
Série Temporal Fuzzy com “n” Diferenças para Identificação da Ordem do Modelo Via Função de Autocorrelação	109-118
José Gracildo de Carvalho Junior, Carlos Tavares da Costa Junior & João Caldas do Lago Neto	
Identificação e Previsão de Séries Temporais Utilizando LS-SVM Otimizado pelo Algoritmo de Cardumes	119-126
Leonardo Trigueiro dos Santos, Edgar Leite dos Santos Filho & Leandro dos Santos Coelho	
Previsão de Séries Temporais com Clusterização, Análise de Previsores e Comitê de Máquinas	127-136
Francisco Wagner Costa Aquino, Gustavo Augusto de Lima Campos, Jerffeson Teixeira de Souza & Abner Rodrigues Neto	
Monthly Electric Energy Demand Forecasting By Fuzzy Inference System	137-144
Ivette Luna and Rosangela Ballini	

Editorial da Edição Especial sobre Análise e Predição de Séries Temporais com Artigos Seleccionados do X Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional (CBIC'11) – Parte 1

A Revista **Learning and Nonlinear Models (L&NLM)** chega aos seus dez anos com uma história recheada de desafios e de conquistas permanentes. Sua gênese está intimamente ligada à **Sociedade Brasileira de Inteligência Computacional – SBIC (antiga Sociedade Brasileira de Redes Neurais - SBRN)** e desde sua criação em 2003 tem conseguido manter regularidade em suas publicações, contemplando dois números anuais no período de 2003 a 2009 e passando a contar com quatro números anuais a partir de 2010. Tal periodicidade mostra que o foco das áreas temáticas de sua linha editorial está em consonância com os interesses de uma ampla comunidade de pesquisadores brasileiros.

A **L&NLM** foi uma das primeiras revistas brasileiras a circular exclusivamente em mídia digital. Nesse sentido, seus mentores se posicionaram na vanguarda da editoração de revistas científicas eletrônicas, que hoje se mostra, em nível global, em diferentes áreas do conhecimento humano, uma alternativa viável e vencedora, num mundo editorial ditado por regras de mercado, muitas vezes com custos proibitivos. Exemplos de sucesso desse modelo não faltam.

O **Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional (CBIC)** é um evento científico bianual organizado e patrocinado pela **SBIC**. Anteriormente reconhecido pela sigla **CBRN (Congresso Brasileiro de Redes Neurais)**, o primeiro evento foi realizado no ano de 1994 na cidade de Itajubá, MG, passando em seguida pelas cidades de Curitiba, PR (1995), Florianópolis, SC (1997), São José dos Campos, SP (1999), Rio de Janeiro, RJ (2001), São Paulo, SP (2003), Natal, RN (2005), Florianópolis, SC (2007) e Ouro Preto, MG (2009), com sua décima edição sendo realizada em Fortaleza, CE, em 2011 onde oficialmente passou a ser denominado **CBIC**.

A série de conferências **CBRN/CBIC** tornou-se o principal fórum nacional para cientistas, engenheiros, educadores e estudantes compartilharem ideias a respeito de novas teorias, técnicas, métodos e aplicações de sistemas artificiais bioinspirados (Redes Neurais, Lógica Fuzzy e Computação Evolucionária), assim como de áreas de pesquisa emergentes relacionadas às áreas anteriormente mencionadas, tais como Sistemas Híbridos, Computação Orgânica, Sistemas Complexos, Computação Quântica e outros.

O **CBIC** tem por objetivo criar um ambiente amigável que possa levar ao estabelecimento ou fortalecimento de cooperações científicas entre seus participantes. A área de inteligência computacional é estratégica, de elevado valor agregado, abrangendo uma diversidade de áreas como Engenharias (Elétrica, Computação, Biomédica, dentre outras) e Ciências Exatas (Computação e Sistemas de Informação, Estatística, Matemática Computacional, Estatística, dentre outras), além de áreas como Biologia, Neurociências e Psicologia. As aplicações são inúmeras, em produtos e serviços na indústria, serviços e comércio, além do setor público.

Em síntese, o **CBIC** constitui um importante espaço de integração para a troca de experiências acadêmico-científicas, sendo reconhecido como um dos encontros mais representativos na área de Inteligência Computacional no Brasil. O **CBIC** vem se consolidando como um evento de referência em âmbito nacional, capacitando e alavancando o desenvolvimento da tecnologia e da ciência nacional, preocupação que também está presente na filosofia que norteia a linha editorial da Revista **L&NLM**.

O aumento da representatividade do **CBIC** trouxe consigo um incremento natural na qualidade dos trabalhos publicados nesta conferência. Neste sentido, a **L&NLM** apresenta duas edições especiais com a seleção de 12 artigos apresentados no **CBIC'11**. Os critérios que nortearam a escolha dos 12 trabalhos estão em absoluta consonância com o *ranking* estabelecido pelo sistema **JEMS** da Sociedade Brasileira de

Computação (SBC), contando com pareceres emitidos na modalidade *blind-review* pelos membros do Comitê Científico que integraram o referido evento. Vale salientar que cada artigo passou pelo crivo de, pelo menos, três pareceristas. Na 10ª edição do CBIC, realizada no período de 08 a 11 de Novembro de 2011 no Hotel Praia Centro em Fortaleza, CE, foram submetidos mais de 360 artigos submetidos, com o evento contando com mais de 300 participantes.

Diante da miríade de aplicações existentes na área de Inteligência Computacional, estas duas edições especiais da L&NLM trazem artigos sobre Análise e Previsão de Séries Temporais. Esta área de pesquisa originária da Estatística apresenta uma gama ampla de aplicações, que vão desde Meteorologia, Recursos Hídricos e Energia Elétrica até Finanças, Economia e Medicina. Diante do leque de aplicações, técnicas de Inteligência Computacional vêm sendo aplicadas com sucesso ao longo dos últimos anos para Análise e Previsão de Séries Temporais. Algumas destas técnicas são apresentadas nos artigos integrantes destas duas edições especiais.

O primeiro número especial da Revista L&NLM dedicado exclusivamente aos artigos submetidos ao CBIC'11 apresenta seis trabalhos. O primeiro artigo apresenta uma metodologia híbrida combinando análise de agrupamentos e regressão linear local para preenchimento de dados faltantes e filtragem de dados discrepantes em séries temporais de velocidade do vento. O tratamento de dados faltantes e/ou discrepantes é vital para o sucesso da etapa de previsão, visto que a introdução destes dados sem uma análise prévia compromete o ajuste dos modelos de previsão, implicando na perda da precisão das previsões de velocidade do vento. Foram utilizados históricos de velocidade do vento registrada a cada dez minutos, com os resultados obtidos demonstrando o potencial da metodologia proposta.

O segundo artigo apresenta uma ferramenta computacional para previsão de séries temporais baseada em uma metodologia híbrida combinando sistemas de inferência fuzzy (SIF) e algoritmos genéticos. O uso de SIFs permite uma maior interpretabilidade dos modelos e das previsões, fornecendo ao analista melhor compreensão sobre os resultados oferecidos pelo sistema de previsão. Contudo, o uso de SIFs requer a presença de especialistas tanto para criação da base de regras do sistema de inferência como também para definição dos diversos parâmetros que definem tal sistema, tais como variáveis linguísticas, tipos de funções de pertinência, dentre outros. Na ferramenta híbrida proposta, algoritmos genéticos são utilizados para especificação automática dos parâmetros do SIF, tendo como objetivo a minimização do erro absoluto percentual médio para um conjunto de validação especificado pelo usuário. A ferramenta proposta foi avaliada considerando dados públicos de séries temporais de periodicidade mensal, apresentando resultados comparáveis aos encontrados na literatura.

O terceiro artigo discute a utilização das funções de autocorrelação para identificação de modelos autoregressivos aplicados à análise de séries temporais fuzzy. A metodologia proposta foi aplicada a uma série temporal anual disponível na literatura, com os resultados obtidos mostrando o papel fundamental que estas funções desempenham na identificação da ordem de modelos de séries temporais fuzzy, sobretudo em processos autoregressivos sazonais integrados com médias móveis (*seasonal autoregressive integrated moving average* – SARIMA). As funções de autocorrelação constituem ferramenta fundamental para determinação do número de diferenças a serem aplicadas à série fuzzy visando aproximar esta série da condição de estacionariedade necessária para aplicação dos modelos autoregressivos com média móvel (*autoregressive moving average* – ARMA).

O quarto artigo traz a aplicação de máquinas de vetores suporte de mínimos quadrados (*least squares support vector machines* – LSSVMs) à previsão de um indicador econômico relacionado ao preço da soja no Estado do Paraná (CEPEA/ESALQ). As LSSVMs são uma variante das populares máquinas de vetor suporte (*support vector machines* – SVMs), modelos neurais esparsos baseados em kernel desenvolvidos originalmente por *Vladimir Vapnik* para problemas de classificação de padrões. Tendo como principais vantagens a preocupação explícita com a capacidade de generalização do modelo e a definição automática da estrutura, estes modelos requerem a especificação de alguns parâmetros, os quais são definidos neste artigo através do uso do algoritmo de cardumes. A metodologia proposta foi aplicada a uma série temporal do índice CEPEA/ESALQ com periodicidade diária, sendo obtidos resultados satisfatórios tanto em termos

de precisão das previsões quanto em termos do tempo computacional requerido pelo método.

O penúltimo artigo desta edição especial trata da aplicação de métodos de agrupamento e comitês de modelos para previsão de séries temporais. A etapa de agrupamento é utilizada para segmentação dos dados disponíveis para treinamento, sendo desenvolvidos modelos neurais independentes para cada cluster. Mapas auto-organizáveis de Kohonen são utilizados na etapa de clusterização, com perceptrons de múltiplas camadas sendo utilizados para modelagem dos dados em cada grupo. A previsão é obtida a partir da combinação das previsões fornecidas pelos diferentes modelos definidos para cada cluster. A metodologia proposta é testada utilizando uma série temporal econômica com periodicidade diária, com a utilização do comitê de máquinas apresentando resultados superiores quando comparado com a utilização de modelos individualizados.

O sexto e último artigo apresenta os resultados da previsão da demanda mensal de energia elétrica de uma concessionária da região sudeste brasileira utilizando um sistema Fuzzy do tipo Takagi-Sugeno (TS), com o número de regras sendo obtido através de um algoritmo de agrupamento de dados. As séries históricas de demanda mensal são divididas em classes de consumo, a saber: residencial, industrial e comercial. A base de regras do sistema Fuzzy é gerada para cada classe de consumo, com os parâmetros do respectivo sistema de inferência sendo ajustados utilizando um algoritmo baseado na maximização da verossimilhança. Além de parcelas autoregressivas, os modelos de previsão propostos utilizam variáveis explicativas de natureza macroeconômica. O desempenho do modelo é verificado por meio de medidas de erro calculadas dentro e fora da amostra, com os resultados indicando que o sistema de inferência nebuloso atinge índices de desempenho na ordem anual de 3%.

Os seis artigos desta Edição são um extrato das diversas contribuições apresentadas no **CBIC'11** na área de Inteligência Computacional Aplicada à Análise e Previsão de Séries Temporais. A décima primeira edição do **CBIC** será realizada em 2013 na cidade de Recife, PE, e desta forma, aproveitamos a oportunidade para convidar os leitores da **L&NLM** para submeterem seus trabalhos e participar do evento. Da mesma forma, convidamos também todos os leitores a participar do amadurecimento e consolidação da **SBIC**, seja através da sua filiação à sociedade, participação nos eventos promovidos, e/ou submissão de artigos, divulgação e citação de trabalhos publicados na **L&NLM**. Somente com o apoio dos leitores da **L&NLM** e dos membros da **SBIC** conseguiremos alavancar a representatividade da **L&NLM** e da **SBIC** junto à comunidade científica e à sociedade civil.

Gostaríamos ainda de aproveitar a oportunidade e agradecer ao atual Presidente da **SBIC**, Prof. Dr. José Alfredo F. da Costa, ao atual Vice-Presidente da **SBIC**, Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis, e especialmente ao atual Secretário da **SBIC** e Editor Chefe da **L&NLM**, Prof. Dr. Guilherme de Alencar Barreto, pelo convite para atuar como Editor Convidado desta ilustre revista e pela oportunidade em publicar esse volume especial em uma área de aplicação tão vasta e importante dentro da nossa linha de pesquisa em Inteligência Computacional.

Por fim, nossos agradecimentos aos autores e a todos os intervenientes que têm contribuído para a construção coletiva da Revista **L&NLM** e do **CBIC**.

Vitor Hugo Ferreira
Editor Convidado