

**PSI-2533 Modelagem em Processamento de Sinais**  
**Módulo de Redes Neurais e Aprendizado**

**Professor Emilio Del Moral Hernandez**  
emilio@lsi.usp.br

**Monitor: Humberto Sandmann**  
sandmann@lsi.usp.br

**Exercício de Estimação em Séries Temporais**

Solicitado: 24 de Abril de 2009  
Entrega: 14 de Maio de 2009 às 12h00

Sinais foram adquiridos de uma fonte geradora desconhecida. É desejado construir um estimador neural capaz de prever os valores do sinal no instante posterior, isto é, dado o valor do sinal nos instantes  $n$  e anteriores (ex.:  $n-1$ ,  $n-2$ , ...), o estimador deve dizer o valor para o instante  $n+1$ . A raiz quadrada do erro quadrático médio (equação 5.1) tolerável para o preditor é de 0,05 sobre o conjunto de treinamento. Para resolver esse problema, é proposto o uso de uma rede neural capaz de estimar funções.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{\mu} (y_{rede} - y^{\mu})^2} \quad (5.1)$$

$$E_{QM} = \frac{1}{M} \sum_{\mu} (y_{rede} - y^{\mu})^2 \quad (5.2)$$

Dica como ponto de partida: o exercício já foi resolvido pelo monitor, com sucesso, utilizando a seguinte configuração:

- uma rede neural do tipo MLP com 2 camadas (uma camada escondida + 1 nó de saída);
- a camada oculta com 25 neurônios;
- 15 dimensões de entrada (não implica que a ordem do gerador seja 15, pois é desconhecida, significa apenas que assumimos que cada amostra futura depende predominantemente de no máximo 15 anteriores);
- função de transferência sigmóide do tipo tangente hiperbólica;
- na solução foi utilizado como um dos critérios de parada a raiz quadrada do erro quadrático médio de 0,05 (equação 5.1) sobre o conjunto de treinamento, ou seja, o erro quadrático médio ( $E_{qm}$ ) de 0,0025 (equação 5.2).
- número máximo de 100.000 iterações para aprendizado (apenas sugestão, para não gastar muito tempo);
- taxa de aprendizagem ( $\eta$ ) de 0,9;
- atualização dos pesos em batelada (em *batch*);
- **normalização** dos valores de entrada e saída. Para isso foi observado que todos os sinais adquiridos estão no domínio [5; 115], logo, foi utilizado o conjunto de [0; 120] como domínio presumido da função, para normalização no conjunto [-0,5; +0,5]. Note que esta normalização sugerida é adequada a todos os sinais adquiridos, e esta levando em conta que todos os sinais são provenientes de fontes geradoras com excursões de valores similares;

- inicialização dos pesos de forma aleatória, no conjunto  $[-0,5; 0,5]$ ;
- conjunto de treinamento com 7.000 exemplares, sendo cada exemplar uma janela formada por 15 amostras de entrada e 1 de saída. Por exemplo, entrada: **série(n), série(n-1), série(n-2), ..., série(n-14)**; saída: **série(n+1)**;
- conjunto de testes com os 3.000 exemplares restantes, sendo organizados da mesma forma que o conjunto de treinamento.

**Observação:** a definição destes parâmetros sugeridos não implica que o aluno tenha que utilizá-los, estes foram obtidos por experimentação e forneceram bons resultados. Quando forem obtidos resultados considerados satisfatórios, o aluno pode alterar a configuração para obter uma otimização em seu sistema, por exemplo, aumentando ou diminuindo o número de graus de liberdade da rede neural.

É pedido um relatório de ensaios com os seguintes conteúdos:

- um gráfico com a evolução da raiz quadrática do erro quadrático médio (RMS) e da raiz quadrática do erro quadrático máximo (o que aliás é igual ao erro máximo), com o decorrer da adaptação (erros avaliados sobre o conjunto de treinamento);
- a raiz quadrática do erro quadrático médio (RMS) e a raiz quadrática do erro quadrático máximo do conjunto de testes (após encerramento do aprendizado) ESTES INDICAM A QUALIDADE DO SEU PREDITOR!!!;
- um gráfico com um trecho da série original contrastada com o trecho correspondente da série prevista (por volta de 100 amostras consecutivas, para inspeção visual, indicando a qualidade do preditor);
- um arquivo no formato matlab (.m) com as duas variáveis **V** e **W** (matrizes de pesos da rede). Não se esqueça que as matrizes devem conter os pesos dos *bias*/polarização também;
- referências bibliográficas e fontes de código, caso se aplique;
- código do programa em anexo.

REFLETIR E RESPONDER A PERGUNTA: o que você acha que deveria ser modificado na rede neural para atingir valores da raiz quadrática do erro quadrático médio sobre a aproximação menores que 0,01, em lugar dos 0,05 sugeridos neste exercício?

**DICA QUE VALE TEMPO/DICAS DE METODOLOGIA:** no início de seus ensaios com a rede utilize números de neurônios e amostras baixos, assim como valor de erro grande. Desse modo, irá antes garantir que os códigos de treino e de ensaios funcionam, sem grandes esforços computacionais, e somente depois fazer testes com a configuração mais complexa sugerida acima.

**O Exercício deve ser resolvido em grupos de até 3 (três) participantes e cada grupo terá um conjunto de treino e um conjunto de testes exclusivos.** Consulte o monitor em caso de dúvidas ou problemas na solução do exercício, **não deixe para última hora**. Sala A2-49 (ramal 9740), quintas das 09h30 às 10h30.

**OS SINAIS ESTÃO DISPONÍVEIS NO SÍTIO DO MONITOR SOBRE O MÓDULO DA DISCIPLINA:**

<http://www.lsi.usp.br/~sandmann/psi2533/2009/>

**NOTÍCIAS E DICAS DE ESTUDOS:**

<http://www.lsi.usp.br/icone/psi2533/>

#### Regras para Entrega:

Os exercícios deverão ser entregues até as 12h00 do dia 14 de Maio de 2009 na SECRETARIA do PSI, para Nelson Bernardo. Não serão aceitos exercícios entregues “no corredor”, na sala do professor, ou através do monitor da disciplina. A implicação de um ou mais dias de atraso está registrada na tabela 1, que apresenta a nota máxima do exercício de acordo com a data de entrega.

Dia de Maio / 2009	Dia da semana	Pontos de Exercício
14, até as 12h00	Quinta	10 pontos
14, após as 12h00	Quinta	9 pontos
15, após as 12h00	Sexta	8 pontos
18, após as 12h00	Segunda	6 pontos
19, após as 12h00	Terça	4 pontos
20, após as 12h00	Quarta	2 pontos
21, após as 12h00	Quinta	Sem nota

**Tabela 1 – Valor máximo do exercício de acordo com a data de entrega.**

Na capa do relatório técnico o grupo deve identificar claramente o professor, a disciplina, a data do enunciado, a data e hora que está sendo feita a entrega, os componentes do grupo e suas respectivas assinaturas de anuência.

#### Esclarecimento de Dúvidas:

Monitor Humberto Sandmann  
Local sala **A2-49**, ao chegar na porta de vidro ligue para o ramal **9740**  
Horários Quinta - 09h30 às 10h30

#### Consulte sempre o site da disciplina:

<http://www.lsi.usp.br/icone/psi2533/>