

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 6 – Classificação de Padrões

Solicitado: 07 de Maio de 2008

Entrega: 16 de Maio de 2008

Descrição do Contexto:

Imagine que a mesma série usada no exercício 5 corresponda a amostras de um sinal cerebral, de uma região de controle motor, e que ela é captada por um sensor não invasivo, exterior ao crânio. Nessas condições, o sinal captado apenas reflete muito confusamente os sinais elétricos que representam os movimentos desejados pelo paciente (imagine uma pessoa que necessita de um braço protético, por exemplo). Digamos que, para alguns movimentos, como fechar a mão e dobrar o braço, outros engenheiros / pesquisadores já conseguiram modelar o sistema cerebral e de sensoriamento adequadamente, após extensa observação das séries temporais, e fórmulas empíricas do tipo abaixo foram obtidas ("sacadas") com sucesso, para esses dois movimentos específicos, envolvendo as amostras do sinal captado pelo sensor não invasivo, e permitindo separar (reconhecer) os cenários / padrões que indicam o desejo desses dois movimentos:

Padrão de sinais que indicam desejo de fechar a mão (movimento 1):

- se $\{[A(n-3)/A(n-7) - \sin(A(n-1))]>2$ E a média de valores da últimas 12 amostras for positiva}, a série temporal indica que o individuo quer fechar a mão;
- se $\{[\ln(A(n-3)/A(n-7)) - A(n-1)]\leq 2*A(n-8)$ OU Média de valores da últimas 12 amostras for negativa}, a série temporal indica que o individuo não tem intenção de fechar a mão.

Padrão de sinais que indicam desejo de dobrar o braço (movimento 2):

- se $\{[A(n-2)*A(n+7) + A(n-1)]>21$ OU a série for monotonicamente crescente por cinco amostras OU há queda maior de 10% em entre duas amostras consecutivas na janela $[n-4$ a $n-1]$, a série temporal indica que o individuo quer dobrar o braço;
- se $\{[A(n-2)*A(n+7) + A(n-1)]\leq 21$ E a série não for monotonicamente crescente por cinco amostras NEM houver queda maior de 10% em entre duas amostras consecutivas na janela $[n-4$ a $n-1]$, a série temporal indica que o individuo não tem intenção de dobrar o braço.

Podemos dizer que as fórmulas acima (hipotéticas, e elaboradas para efeito de exemplificação apenas) viabilizam classificações binárias automáticas (feitas pelo computador) permitindo detectar aqueles padrões cerebrais que indicam intenções de interesse, e que tal procedimento se enquadra no que se conhece como de reconhecimento automático de padrões.

O Desafio para um projeto com RNAs como reconhecedor de padrões: "movimento 3"

É feita uma encomenda onde é desejado expandir a lista de intenções de movimentos detectáveis pelo sistema de monitoração dos sinais cerebrais e correspondente manipulação da prótese de braço. A idéia é utilizar uma rede neural para realizar uma terceira tarefa de reconhecimento de padrões (movimento 3), similar as duas acima listadas, mas ainda não equacionada adequadamente.

Deseja-se utilizar a rede neural como um reconhecedor daqueles padrões na série temporal, a mesma do exercício 5, que indicam o desejo de mover o polegar (movimento 3). Para tal, uma série de experimentos envolvendo seções com o paciente, em que vários movimentos são imaginados por esse individuo, inclusive

movimentos de polegar, mas não exclusivamente, e em que há a verbalização por ele/ela, relatando quais movimentos correspondem a movimentos de polegar e quais movimentos não correspondem a movimentos do polegar. Dessa forma, podemos ter uma base de dados (conjunto de treinamento) com vários trechos de séries temporais acompanhados das diferenciações entre movimentação do polegar e não movimentação do polegar, devidamente registradas, com base nas verbalizações feitas pelo indivíduo.

As verbalizações foram rotuladas na forma de uma série temporal binária: ao se mover o polegar, temos um rótulo +1; caso seja outro movimento qualquer ou ausência de movimento, -1. Tal série de rótulos acompanha a série temporal do sinal do sensor.

Assumindo uma janela de tempo envolvendo as últimas 15 amostras de tempo como sendo as mais importantes para a classificação / detecção do movimento desejado pelo indivíduo, construa pares de treinamento do tipo (15 amostras consecutivas; controle do polegar mecânico do tipo mova / não mova) e treine uma rede neural para realizar tal controle a partir do sinal cerebral.

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

- uma rede neural do tipo MLP com 2 camadas;
- 1 camada oculta com 20 neurônios;
- 15 dimensões de entrada, pois 15 foi citado como o número de amostras mais importantes para classificação;
- uma função sigmóide do tipo tangente hiperbólica;
- raiz quadrada do erro quadrático médio foi inferior a 0,03 sobre o conjunto de treinamento;
- número máximo de 25.000 iterações para aprendizado (apenas sugestão, para não gastar muito tempo);
- taxa de aprendizagem (η) de 0,7;
- atualização dos pesos em batelada (em *batch*, ou lote);
- **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 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 uma mesma fonte geradora;
- inicialização dos pesos de forma aleatória, no conjunto [-0,5; 0,5];
- conjunto de treinamento com 444 exemplares, sendo cada exemplar uma janela formada por 15 amostras de entrada. Por exemplo, entrada: **n, n-1, n-2, ..., n-14**. Já o valor de saída, é um valor de classificação binária e está no arquivo de rótulo correspondente à série temporal do grupo. Para facilitar o processo de classificação, os sinais adquiridos e respostas dos estímulos do experimento, já foram retirados problemas de atrasos e de defasagens entre sinal e verbalização de rótulo. Logo, o conjunto de amostras de n=1 até n=15, corresponde, no arquivo de rótulos, à saída da faixa n=1 até n=15, sendo +1 ou -1, por exemplo. Assim, ao se escolher uma faixa de exemplo como entrada, deve-se assumir apenas um valor da saída na série de rótulos, +1 ou -1, dependendo do que foi rotulado naquele intervalo;
- conjunto de testes com os 222 exemplares restantes, sendo organizados da mesma forma que o conjunto de treinamento. Note que existem rótulos com o valor 0 ao final da série, isso ocorre porque a aquisição do sinal foi interrompida sem que fosse terminado o ciclo do sinal, logo, foram descartados os trechos finais do sinal adquirido;

Com esta configuração foi obtido, pelo monitor, o seguinte resumo de resultados:

- Erro de treinamento com a raiz do erro quadrático médio menor que 0,03;
- Acerto de classificação sobre o conjunto de treinamento em **100%**; uuuuu!!!
- Acerto de classificação sobre o conjunto de teste em valor superior a **98%**.

É pedido um relatório de ensaios com os seguintes conteúdos:

- um gráfico com a evolução do erro quadrático médio (Eqm) e do erro quadrático máximo, com o decorrer da adaptação (erros avaliados sobre o conjunto de treinamento);
- uma matriz de confusão sobre a classificação do conjunto de treinamento;

- uma matriz de confusão sobre a classificação do conjunto de testes; ESTE INDICA A QUALIDADE DO SEU CLASSIFICADOR!!!;
- um arquivo no formato matlab (.m) com as duas variáveis **V** e **W** das 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;
- espera-se que os resultados obtidos sejam compatíveis com os resultados já obtidos experimentalmente pelo monitor.

REFLETIR E RESPONDER A PERGUNTA: como é possível obter valores de taxas de acerto de 100%, quando a raiz do erro quadrático médio usado durante o treinamento como critério de parada foi de 0,03? (isto não levaria a expectativas de 97% de taxa de erro?)

DICA QUE VALE TEMPO/DICAS DE METODOLOGIA: utilize números de neurônios e amostras baixos, assim como um número de erro grande no início de seus ensaios com a rede. Desse modo, irá garantir que o algoritmo funciona sem grandes esforços computacionais antes de fazer testes com a configuração mais complexa sugerida acima.

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 os graus de liberdade da rede neural.

O Exercício deve ser resolvido em grupos de 3 (três) participantes. Consulte o monitor em caso de dúvidas ou problemas na solução do exercício, **não deixe para última hora.** Sala A2-49 (ramal 9740), terças das 10h00 às 11h00 e quintas das 14h30 às 15h30.

OS SINAIS E SEUS RÓTULOS ESTÃO DISPONÍVEIS NO SÍTIO SOBRE O MÓDULO DA DISCIPLINA:

<http://www.lsi.usp.br/~sandmann/psi2533/2008.html>

NOTÍCIAS E DICAS DE ESTUDOS:

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

Emilio: http://www.lsi.usp.br/icone/membros/emilio_del_moral_hernandez.html

Humberto: http://www.lsi.usp.br/icone/membros/humberto_sandmann.html

Regras para Entrega:

Os exercícios deverão ser entregues seja no horário de aula, seja até às 16h00 na SECRETARIA do PSI, para Nelson Bernardo. Não serão aceitos exercícios entregues “no corredor”, na sala do professor, ou através do monitor da disciplina. Cada dia útil de atraso implica em **desconto de 1 ponto**.

Na capa do relatório técnico o grupo deve identificar claramente o professor, a disciplina, a data do enunciado, a data 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 | Terça das 10h00 às 11h00 e Quinta das 14h30 às 15h30 |

Consulte sempre o site da disciplina:

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