

EA072 – Inteligência Artificial em Aplicações Industriais (2s2020)
Exercícios Computacionais 3 – ECp3
Atividade Individual – Peso 3 – Data de Entrega: 18/12/2020

Questão 10)

Controle PID pelo método da “força bruta” da máquina, empregando um algoritmo evolutivo (meta-heurística de otimização em espaços contínuos).

Nesta atividade, iremos supor que o projetista não domina conceitos de projeto de controle PID, mas tem a tarefa de projetar um controlador PID visando atender três critérios de desempenho. Para tanto, o projetista está convidado a empregar uma versão de algoritmo evolutivo em Matlab / Octave, com operadores genéticos dedicados à otimização em espaços contínuos, fornecida pelo professor, sendo que se supõe que os parâmetros k_P , k_I e k_D excursionam no intervalo $[0,+20]$ e que a planta é dada por:

$$G(s) = \frac{400}{s(s^2 + 30s + 200)}.$$

Será realizada, portanto, uma busca empregando técnicas de inteligência computacional no espaço $[0,+20] \times [0,+20] \times [0,+20]$, visando maximizar a função de *fitness*. Os critérios a serem atendidos são:

1. Tempo de acomodação menor ou igual a 0,5 segundos;
2. Tempo de subida menor ou igual a 0,04 segundos;
3. Margem de fase em torno de 60 graus.

A função de *fitness* é tal que penaliza a violação das restrições na forma:

$$fitness(k_P, k_I, k_D) = \frac{1}{\left(p_1 + \frac{0.5}{0.04} p_2 + p_3 + 1\right)}.$$

tendo valor máximo em 1, quando todas as restrições forem atendidas. Cada termo de violação de restrição é dado por:

- $p_1 = 0$, se tempo de acomodação (t_s) é menor ou igual a 0,5 segundos e $p_1 = t_s - 0,5$ se tempo de acomodação é maior que 0,5 segundos.
- $p_2 = 0$, se tempo de subida (t_r) é menor ou igual a 0,04 segundos e $p_2 = t_r - 0,04$ se tempo de subida é maior que 0,04 segundos.
- $p_3 = (MF - 60)^2$, onde MF é a margem de fase do sistema de controle.

Repare que, a cada proposta candidata de ganhos k_P , k_I e k_D , o programa implementa o sistema de controle e obtém a resposta ao degrau, permitindo assim calcular o valor de *fitness* associado, ao extrair automaticamente informações pertinentes da resposta ao degrau com o comando **stepinfo_EA072**. Também é usado o comando **[margin]** para se obter a margem de fase.

Existem soluções que atendem os três critérios de desempenho, levando a um valor de *fitness* igual a 1, mas não há garantia de se chegar a alguma dessas soluções numa única execução do algoritmo. Para tanto, se necessário, re-execute o algoritmo de busca até obter *fitness* = 1. Pode-se aumentar o tamanho da população (o valor *default* é 50) e/ou o número de gerações (o valor *default* é 80). Apresente os 5 gráficos obtidos após uma execução bem-sucedida e interprete cada um deles. Para a Figura 2, observe o comportamento dos histogramas ao longo das gerações e associe com as Figuras 3 e 5. Com 50 soluções candidatas por geração e 80 gerações, são avaliados ao final da execução 4.000 soluções candidatas. Por fim, sabendo que tanto a margem

de fase quanto o sobre-sinal dependem do fator de amortecimento, estando assim relacionados, elimine o critério de margem de fase da função-objetivo e inclua a restrição de sobre-sinal menor que 20%, alterando o código onde pertinente e re-executando o programa. Apresente os resultados. Mais uma vez, o *fitness* deve bater em 1. O que ocorre se a restrição de sobre-sinal for menor que 15%? Tente explicar por que agora o *fitness* não chega em 1.

Material de Apoio

Projeto de controle PID por algoritmo evolutivo

- Ao se estudar projetos de controle PID (controle proporcional-integral-derivativo em malha fechada), é necessário definir os valores de k_P , k_D e k_I para se maximizar um determinado conjunto de critérios de desempenho. No controle PID, a ação de controle vai ser proporcional ao erro de saída da planta, à derivada deste mesmo erro e à integral deste mesmo erro.
- São vários critérios de desempenho que podem ser considerados no projeto (individualmente ou conjuntamente), como tempo de subida, tempo de acomodação, sobre-sinal, erro de regime, margem de ganho e margem de fase.
- Não é simples definir simultaneamente os valores dos ganhos k_P , k_D e k_I , pois há interferência entre esses ganhos. Mesmo assim, há formas sistemáticas de projeto, que são estudadas em EA721 e em EA722, incluindo o tradicional critério de Ziegler-Nichols (ZIEGLER & NICHOLS, 1942).
- O controle PID e suas variações continuam sendo as estratégias de controle predominantes na indústria (VILANOVA & VISIOLI, 2012; VISIOLI, 2012).

Referências

- Vilanova, R. & Visioli, A. (eds.) “PID Control in the Third Millennium”, Springer, 2012.
- Visioli, A. “Research trends for PID controllers”, Acta Polytechnica, vol. 52, no. 5, pp. 133-154, 2012.
- Ziegler, J.G. & Nichols, N.B. “Optimum settings for automatic controllers”, Transactions of the ASME, vol. 64, pp. 759-768, 1942.

Questão 11) Redes bayesianas

Opção 1:

Você pode resolver esta questão operando com o pacote de software **Bayes Net Toolbox for Matlab**, em sua versão mais simplificada disponibilizada pelo professor. Para tanto, siga o Manual do Usuário e construa uma rede bayesiana para o arquivo de dados fornecido (dados_Q11_ECp3.mat). Este toolbox vai fornecer as tabelas de probabilidade associadas a cada nó da rede, mas não será necessário coletá-las, pois elas são apresentadas mais abaixo. Colete apenas a rede bayesiana obtida.

Opção 2:

Existe também a opção de rodar o programa em: <https://jiajin.shinyapps.io/shinyBN/>

Para tanto, vá para [Network input], selecione [Individual level Data(.csv)], tire a seleção de [Header?], escolha [Spaces] como [Separator], escolha [K2 score] em [Scores] e, finalmente, carregue o arquivo dados_Q11_ECp3.csv em [Choose your Individual level Data(.csv)]. A partir de então, o programa carrega automaticamente os dados e constrói a rede bayesiana, fazendo todos os cálculos necessários. Após a conclusão desta etapa, vá para [Render Graph] e colete a imagem da rede bayesiana para o seu relatório, usando o estilo de visualização [Layer].

Para chegar na rede bayesiana, com qualquer uma das duas opções, foram produzidas tabelas de probabilidades associadas a cada nó da rede, que são apresentadas a seguir:

X ₁			
X ₈	X ₉	X ₁ = 1	X ₁ = 2
1	1	1,0	0,0
1	2	0,0	1,0
2	1	0,0	1,0
2	2	1,0	0,0

X ₂							
X ₅	X ₂ = 1	X ₂ = 2	X ₂ = 3	X ₂ = 4	X ₂ = 5	X ₂ = 6	X ₂ = 7
1	0,2633	0,1904	0,1769	0,1641	0,1182	0,0655	0,0216
2	0,1159	0,1414	0,1283	0,1261	0,1657	0,1548	0,1677

X ₃		
X ₄	X ₃ = 1	X ₃ = 2
1	0,3373	0,6627
2	0,9802	0,0198

X ₄		
X ₅	X ₄ = 1	X ₄ = 2
1	0,5949	0,4051
2	0,7509	0,2491

X ₅	
X ₅ = 1	X ₅ = 2
0,1481	0,8519

X ₆			
X ₅	X ₈	X ₆ = 1	X ₆ = 2
1	1	0,8788	0,1212
1	2	0,5888	0,4112
2	1	0,0528	0,9472
2	2	0,1587	0,8413

X ₇	
X ₇ = 1	X ₇ = 2
0,5028	0,4972

X ₈	
X ₈ = 1	X ₈ = 2
0,4820	0,5180

X ₉	
X ₉ = 1	X ₉ = 2
0,5022	0,4978

- (a) Apresente as características dos dados fornecidos: número de amostras, número de atributos, valores assumidos pelos atributos (no caso de atributos binários, 1 é falso e 2 é verdadeiro);

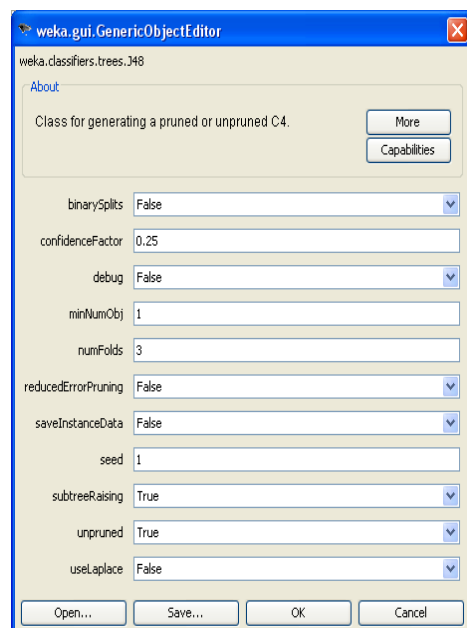
- (b) Apresente a rede bayesiana resultante, incluindo as tabelas de probabilidades associadas a cada nó da rede (fornecidas acima). Não é mais necessário, mas caso se queira ter acesso às tabelas de probabilidade, na Opção 1, esta informação deveria ser obtida com o uso do mouse, ao clicar sobre o número da variável. Mas como passou a haver alguma incompatibilidade de recursos gráficos entre versões do Matlab (o toolbox recomendado corresponde a uma versão antiga e mais simples), a melhor opção é salvar a rede gerada (Network → Save), carregar o arquivo *.mat salvo (load .\network\filename.mat) e digitar [tables.cpt] na linha de comando do Matlab. As tabelas vão aparecer na ordem do número de cada variável da rede. Na opção 2, parece não haver acesso a essas tabelas de probabilidade.
- (c) Procure justificar por que o atributo 7 não possui conexões a outros nós.
- (d) Qual é a probabilidade do atributo 5 ser verdade?
- (e) Qual é a probabilidade do atributo 6 ser verdade dado que 5 é falso e 8 é verdade?
- (f) Observando a tabela de probabilidades apresentada pelo atributo 1, qual é a relação lógica que você supõe existir entre ele e os atributos 8 e 9?
- (g) Qual é a probabilidade do atributo 5 ser verdade, dado que 3 é verdade?
Observação: Aqui são necessários cálculos a partir das tabelas de probabilidades, enquanto os itens (d) e (e) saem direto de campos dessas tabelas.

Observação: Para aqueles que não conseguirem ler o arquivo *.mat, há a opção em TXT, mas deve-se lembrar que o conteúdo do arquivo *.mat é uma única matriz denominada [data].

Questão 12) Árvore de decisão

Utilizando o pacote de software WEKA (<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>), construa uma árvore de decisão capaz de classificar os dados fornecidos no arquivo <dados_AD_ECp3.arff>. Os passos são os seguintes:

- (1) Entre com a opção Weka Explorer.
- (2) Na aba Preprocess, abra o arquivo fornecido (Open file). O arquivo <dados_AD_ECp3.arff> contém dados reais vinculados à presença ou não de um espécime em certos locais de observação, sob certas condições ambientais.
- (3) Reporte quais são os atributos e estatísticas acerca de seus intervalos de excursão. Existem atributos numéricos? Existem atributos categóricos?
- (4) Vá para a aba Classify.
- (5) Em Choose, escolha trees/J48. Esta é a versão em Java do C4.5. Clique com o botão direito do mouse logo à frente de J48 e você vai abrir uma janela de parâmetros. Procure definir a configuração de parâmetros apresentada no quadro ao lado.



- (6) Em Test options, escolha Cross validation Folds 10.
- (7) Pressione o botão **Start** e analise os resultados. Indique a porcentagem de classificação correta e apresente a árvore de decisão. Apresente também a matriz de confusão, indicando o que ela informa.
- (8) Apresente também a árvore de decisão na forma de regras SE ⟨?⟩ ENTÃO ⟨classe é ?⟩. Isso não envolve copy-and-paste.
- (9) Altere ao menos os parâmetros **minNunObj** e **unpruned** (um de cada vez) e analise os resultados em comparação com o obtido na configuração anterior. Qual é o significado de **minNunObj**? Qual é o significado de **unpruned**?
- (10) **Tome algum outro conjunto de dados de classificação, de preferência envolvendo atributos categóricos**, e ajuste os parâmetros do J48 visando bom desempenho da ferramenta. Repare que você vai precisar elaborar um cabeçalho nos moldes do arquivo <*.arff> fornecido. Analise os resultados, indicando a porcentagem de classificação correta e apresentando a árvore de decisão obtida.