

Inteligentne metody sterowania

Laboratorium

Sterowanie predykcyjne

1. Zapoznać się z blokiem **NN Predictive Controller** dostępnym w przyborniku **Neural Network Toolbox**. W Simulinku w oknie dostępnych bibliotek znaleźć bibliotekę **Neural Network Toolbox**, rozwinąć węzeł i wybrać pozycję **Control systems**. Uwaga! Wymagany jest zainstalowany przyborek **Neural Network Toolbox** w Matlabie.
2. Zbudować układ sterowania predykcyjnego z modelem neuronowym dla układu mechanicznego masa-sprężyna opisany następującym równaniem różniczkowym:

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + \frac{dy(t)}{dt} + y(t) + y^3(t) = u(t) \quad (1)$$

gdzie $u(t)$ oznacza zewnętrzną siłę przyłożoną do systemu, $y(t)$ – wychylenie systemu od położenia początkowego. System został zamodelowany w pakiecie Simulink (plik `springmass.mdl`).

- (a) Wybrać strukturę modelu neuronowego obiektu. Wykonać następujące czynności:
 - i. otworzyć plik `pred.mdl`, i kliknąć dwukrotnie myszą na blok regulatora predykcyjnego,
 - ii. kliknąć na opcję **Plant Identification**,
 - iii. wybrać liczbę neuronów, liczbę opóźnień sygnałów wejściowych i wyjściowych oraz ustawić czas próbkowania na $0,2s$.
- (b) Wygenerować sekwencje uczące:
 - i. dobrać zakres wartości sygnału wejściowego (pola **Maximum Plant Input** oraz **Minimum Plant Input**),
 - ii. dobrać zakres zmian czasów wystąpień skokowych zmian wartości sygnału wejściowego (pola **Maximum Interval Value** oraz **Minimum Interval Value**),
 - iii. jako model do wygenerowania danych wpisać plik `springmass.mdl`,
 - iv. wygenerować dane do eksperymentu,
 - v. po wygenerowaniu danych zaakceptować je (**Accept Data**) lub odrzucić (**Reject Data**) jeżeli użytkownik chce zmienić parametry sekwencji wejściowej.

- (c) Dokonać uczenia modelu:
- i. w sekcji **Training parameters** wybrać parametry uczenia: liczbę iteracji (**Training Epochs**), algorytm uczenia (**Training Function**),
 - ii. zaznaczyć opcje: **Use Validation Data** oraz **Use Testing Data**,
 - iii. kliknąć przycisk **Train**,
 - iv. uruchomi się skrypt wywołany z poziomu przybornika **NNET** z wizualizacją pokazującą postęp oraz jakość uczenia,
 - v. jeżeli wyniki uczenia są satysfakcjonujące należy model zaakceptować (przyciski **Apply** i następnie **OK**).
- (d) Sprawdzić działanie układu sterowania predykcyjnego opartego o model neuronowy:
- i. ustawić parametry sterowania predykcyjnego:
 - horyzont predykcji (**Cost Horizon**),
 - horyzont sterowania (**Control Horizon**),
 - człon kary na przyrosty sygnału sterującego (**Control Weighting Factor**),
 - krok zbieżności procedury optymalizującej (**Search Parameter**),
 - procedura optymalizacji (**Minimization Routine**),
 - liczba kroków algorytmu optymalizacji w każdej iteracji symulacji (**Iteration Per Sample Time**)
 - ii. wyznaczyć wskaźniki jakości regulacji: czas regulacji, przeregulowanie i uchyb,
 - iii. sprawdzić działanie układu regulacji dla różnych sygnałów zadanych.

Wykonać szereg eksperymentów, dobierając różne modele neuronowe i różne konfiguracje algorytmu sterowania predykcyjnego.

3. Zaprojektować neuronowy układ sterowania predykcyjnego dla zbiornika przepływowego w kształcie stożka opisanego równaniem różniczkowym:

$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{h^2\pi \operatorname{tg}(\alpha)^2} f(t) - \frac{k_{out}}{\sqrt{h^3\pi \operatorname{tg}(\alpha)^2}}, \quad (2)$$

gdzie $f(t)$ jest natężeniem przepływu, $h(t)$ oznacza poziom cieczy w zbiorniku, a $k_{out} = 10^{-4}$. Obiekt był rozważany w ćwiczeniu laboratoryjnym nr 3. Wykorzystać doświadczenie nabyte podczas realizacji zadania 2.

4. Zaprojektować neuronowy układ sterowania predykcyjnego dla wahadła matematycznego opisanego równaniem różniczkowym:

$$\frac{d^2\alpha(t)}{dt^2} + \frac{k}{ml} \frac{d\alpha(t)}{dt} + \frac{g}{l} \sin(\alpha(t)) = \frac{1}{ml^2} M(t), \quad (3)$$

gdzie l oznacza długość wahadła, m – masę wahadła, g – przyspieszenie grawitacyjne, k – współczynnik tarcia, $\alpha(t)$ – wychylenie wahadła i $M(t)$ – moment obrotowy przyłożony do wahadła. Obiekt był rozważany w ćwiczeniu laboratoryjnym nr 2. Wykorzystać doświadczenie nabyte podczas realizacji zadania 2.