

Inteligentne metody sterowania

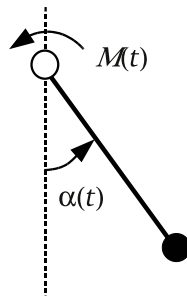
Laboratorium

Modelowanie systemów dynamicznych

1. Zapoznać się z toolkitem `NNSYSID20`, a w szczególności z funkcjami `nnarx`, `nnoe`, `nnsimul` i `nnvalid`. Uruchomić skrypty `test2`, `test5` i `test7` i sprawdzić możliwości modelowania sieci neuronowych.
2. Wahadło matematyczne opisane jest następującym równaniem różniczkowym:

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

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. Wahadło zostało zamodelowane w pakiecie Simulink (plik `wahadlo.mdl`).



Rys. 1. Wahadło matematyczne.

- (a) Dla następujących ustawień: $l = 1m$, $m = 1kg$, $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$, $k = 1$ sprawdzić działanie wahadła dla różnych warunków początkowych (α_0 i ω_0) i różnych pobudzeń $M(t)$ w zakresie $(-8, 8)[Nm]$.
- (b) Wygenerować dane uczące pobudzając wahadło sygnałem:
 - i. sygnałem sinusoidalnym o okresie 2 sekund,
 - ii. sygnałem o zmiennej częstotliwości, tzw. chirp signal.
- (c) Za pomocą funkcji `nnarx` zbudować model wahadła postaci:

$$\hat{\alpha}(t) = f(\alpha(t-1), \alpha(t-2), \dots, \alpha(t-n), M(t-1), M(t-2), \dots, M(t-m)). \quad (2)$$

Sprawdzić jak wpływa liczba neuronów, liczba opóźnionych sygnałów wejściowych i liczba opóźnionych sygnałów wyjściowych na jakość modelowania.

- (d) Za pomocą funkcji `nnoe` zbudować model wahadła postaci:

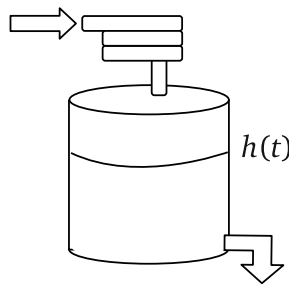
$$\hat{\alpha}(t) = f(\hat{\alpha}(t-1), \hat{\alpha}(t-2), \dots, \hat{\alpha}(t-n), M(t-1), M(t-2), \dots, M(t-m)). \quad (3)$$

Sprawdzić jak wpływa liczba neuronów, liczba opóźnionych sygnałów wejściowych i liczba opóźnionych sygnałów wyjściowych na jakość modelowania.

- (e) Sprawdzić odpowiedź swobodną modeli neuronowych (dla $M(t) = 0$) i porównać z odpowiedzią swobodną wahadła przyjmując $\alpha_0 = \frac{\pi}{2}$ i $\omega_0 = 0$.
- (f) Sprawdzić działanie zbudowanych modeli neuronowych w pakiecie Simulink. Wykorzystać s-funkcje `model_nnarx` i `model_nnoe`.
- (g) Sprawdzić jakość modeli neuronowych dla sygnałów wejściowych innych niż uczące. Wykorzystać sygnał pasmowo ograniczony biały szum (band limited white noise) z parametrami `Noise power` równym 10 i `Sample time` równym 1.
- (h) Zbudować model liniowy wahadła za pomocą modelu ARX (funkcja `arx` pakietu MATLAB), sprawdzić jego jakość działania oraz porównać z modelami neuronowymi (2) i (3).
- (i) Znaleźć optymalną strukturę modeli neuronowych za pomocą funkcji `nnprune`. Porównać końcową strukturę z tymi znalezionymi w punktach 3c i 3d.
3. Cylindryczny zbiornik o polu powierzchni podstawy S i swobodnym wypływie (ciecz wypływa przez rurę o polu powierzchni przekroju A) zasilany cieczą o wielkości przepływu $f(t)$ poprzez węzownicę opóźniającą o czasie opóźnienia T jest opisany równaniem różniczkowym:

$$S \frac{dh(t)}{dt} + A \sqrt{2gh(t)} = f(t - T), \quad (4)$$

gdzie $h(t)$ jest poziomem cieczy w zbiorniku, a g – przyspieszeniem grawitacyjnym.



Rys. 2. Zbiornik przepływowy.

- (a) Dla następujących ustawień: $h = 0.5m$, $S = 0.03m^2$, $A = 0.0003m^2$, sprawdzić działanie zbiornika dla różnych wielkości przepływu $f(t)$.
- (b) Wygenerować dane uczące pobudzając zbiornik sygnałem:
- i. sumą sygnałów sinusoidalnych,
 - ii. sygnałem składającym się ze skoków jednostkowych o różnej amplitudzie.

- (c) Za pomocą funkcji `nnarx` zbudować model zbiornika postaci:

$$\hat{h}(t) = f(h(t-1), h(t-2), \dots, h(t-n), f(t-1), f(t-2), \dots, f(t-m)). \quad (5)$$

Sprawdzić jak wpływa liczba neuronów, liczba opóźnionych sygnałów wejściowych i liczba opóźnionych sygnałów wyjściowych na jakość modelowania.

- (d) Za pomocą funkcji `nnoe` zbudować model zbiornika postaci:

$$\hat{h}(t) = f(\hat{h}(t-1), \hat{h}(t-2), \dots, \hat{h}(t-n), f(t-1), f(t-2), \dots, f(t-m)). \quad (6)$$

Sprawdzić jak wpływa liczba neuronów, liczba opóźnionych sygnałów wejściowych i liczba opóźnionych sygnałów wyjściowych na jakość modelowania.

- (e) Sprawdzić odpowiedź modeli neuronowych na skok jednostkowy

$$f(t) = \begin{cases} 0.0006m^3 & \text{dla } t \geq 0 \\ 0 & \text{dla } t < 0, \end{cases} \quad (7)$$

i porównać z odpowiedzią zbiornika.

- (f) Sprawdzić działanie zbudowanych modeli neuronowych w pakiecie Simulink. Wykorzystać s-funkcje `model_nnarx` i `model_nnoe`.
- (g) Zbudować model liniowy wahadła za pomocą modelu ARX (funkcja `arx` pakietu MATLAB), sprawdzić jego jakość działania oraz porównać z modelami neuronowymi (5) i (6).