

Inteligentne metody sterowania

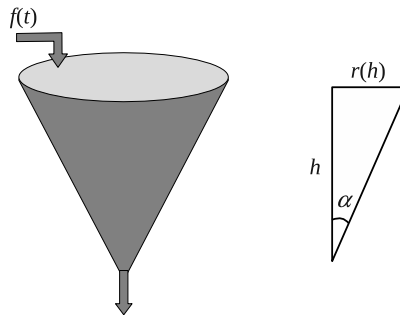
Laboratorium

Sterowanie z modelem odwrotnym

1. Zapoznać się z toolkitem NNCTRL5, a w szczególności z funkcjami `general`, `special1`, `special2`, `special3` i `invsim`. Uruchomić skrypt `invtest` i sprawdzić zasadę działania sterowania z modelem odwrotnym.
2. Zbiornik w kształcie stożka przedstawiony na rys. 1 zasilany cieczą o natężeniu przepływu $f(t)$ jest opisany następującym równaniem różniczkowym:

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

gdzie $h(t)$ jest poziomem cieczy w zbiorniku, a $k_{out} = 10^{-4}$. Zbiornik został zamodelowany w Simulinku (plik `zbiornik.mdl`).



Rys. 1. Zbiornik przepływowy w kształcie stożka.

- (a) Dla następujących ustawień: $h = 0.5m$, $\alpha = 20^\circ$, sprawdzić działanie zbiornika dla różnych wielkości przepływu $f(t) < 4 \cdot 10^{-4}$.
- (b) Wygenerować dane uczące pobudzając zbiornik sygnałem:
 - i. PRBS (ang. *Pseudo Random Binary Sequence*),
 - ii. losowymi skokami sygnału zadanego,
 - iii. dodając szum biały o małej amplitudzie do powyższych sygnałów. .
- (c) Zbudować model zbiornika postaci:

$$\hat{f}(k) = g(h(k+1), h(k), \dots, h(k-n_a+1), f(k-1), \dots, f(k-n_b+1)). \quad (2)$$

Dobrać liczbę neuronów ukrytych oraz liczbę opóźnień sygnałów wejściowego i wyjściowego. Wykorzystać funkcje `general` i `special1-special3`.

- (d) Zasymulować układ sterowania z modelem odwrotnym w pakiecie Simulink (wykorzystać s-funkcję `model_od`). Podczas symulacji zastąpić sygnał $y(t + 1)$ sygnałem referencyjnym $y_r(t + 1)$. Zbadać jakość sterowania stosując jako sygnał referencyjny skok jednostkowy oraz falę prostokątną. Amplituda sygnału referencyjnego nie powinna przekraczać wartości 0.5 metra (wysokość zbiornika). Wyznaczyć wskaźniki jakości regulacji: uchyb w stanie ustalonym oraz sumę kwadratów uchybów na zadanym horyzoncie regulacji.
3. System mechaniczny sprężyna-masa opisany jest następującym równaniem różnicowym:

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

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

- (a) Sprawdzić działanie systemu dla różnych sygnałów pobudzających. Znaleźć dopuszczalny zakres wartości sygnału wejściowego i odpowiadający mu zakres odpowiedzi systemu.
- (b) Wygenerować dane uczące z częstotliwością $f_s = 5\text{Hz}$ pobudzając system:
- losowymi skokami sygnału zadanego,
 - sygnałem "chirp signal".
- (c) Zbudować model odwrotny systemu mechanicznego. Dobrać liczbę neuronów ukrytych oraz liczbę opóźnień sygnałów wejściowego i wyjściowego. Do uczenia modelu odwrotnego wykorzystać funkcję `general`.
- (d) Zasymulować układ sterowania z modelem odwrotnym w pakiecie Simulink (wykorzystać s-funkcję `model_od`). Uwaga! W pliku `model_od` należy wpisać taką częstotliwość próbkowania z jaką były pobierane dane (zmienna `ts`, pierwsza pozycja). Zbadać jakość sterowania stosując jako sygnał referencyjny skok jednostkowy oraz falę prostokątną. Wyznaczyć wskaźniki jakości regulacji: uchyb w stanie ustalonym oraz sumę kwadratów uchybów na zadanym horyzoncie regulacji.