

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

INSTYTUT AUTOMATYKI I INŻYNIERII INFORMATYCZNEJ

ZAKŁAD STEROWANIA I ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ



NEURONOWY OBSERWATOR STANU

METODY INTELIGENCJI MASZYNOWEJ W AUTOMATYCE

MATERIAŁY DO ZAJĘĆ LABORATORYJNYCH

MGR INŻ. ADRIAN WÓJCIK

ADRIAN.WOJCIK@PUT.POZNAN.PL

I. CEL

Celem zajęć jest zapoznanie się z tematyką modeli i obserwatorów (estymatorów) neuronowych. Poznanie sposobów treningu (optymalizacji) modeli i obserwatorów neuronowych. Implementacja obserwatora neuronowego dla obiektu dynamicznego z wykorzystaniem pakietu Neural Network Toolbox.

II. POLECENIA KOŃCOWE

Dokończ zadania niewykonane w trakcie zajęć. Przygotuj raport z przeprowadzonych zajęć. Jeden raport może być przygotowany przez maksymalnie 2 osoby. W raporcie zamieść:

1. Udokumentowanie wykonania poszczególnych zadań z podziałem na poszczególne etapy.
2. Rysunki lub fotografie ilustrujące poprawne działanie opracowanych zadań..
3. Listingi opracowanych skryptów / funkcji.

Raport należy przygotować i przekazać do kolejnego spotkania. Raporty przekazywane później nie będą oceniane.

Na ocenę raportu będą miały wpływ następujące elementy (łącznie 5 punktów):

1. spełnienie wymogów redakcyjnych (1p),
2. wykonanie, udokumentowanie oraz opis wykonanych zadań (4p).

III. PRZYGOTOWANIE DO ZAJĘĆ

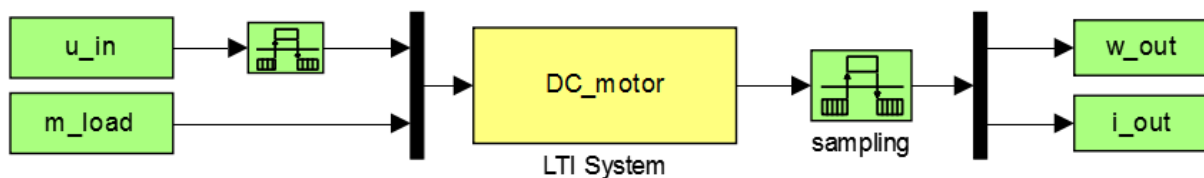
a) ZAPOZNANIE Z PRZEPISAMI BHP

Wszystkie informacje dotyczące instrukcji BHP laboratorium są zamieszczone w sali laboratoryjnej oraz u prowadzącego zajęcia. Wszystkie nieścisłości należy wyjaśnić z prowadzącym laboratorium. Wymagane jest zaznajomienie i zastosowanie do regulaminu.

Na zajęcia należy przyjść przygotowanym zgodnie z tematem zajęć. Obowiązuje również materiał ze wszystkich odbytych zajęć.

b) WPROWADZENIE DO NEURONOWEGO OBSERWATORA STANU DLA SILNIKA DC

Model symulacyjny przedstawiony na rys. 1. zawiera obiekt klasy `state-space`, reprezentujący liniowy, stacjonarny model silnika DC w postaci (1).

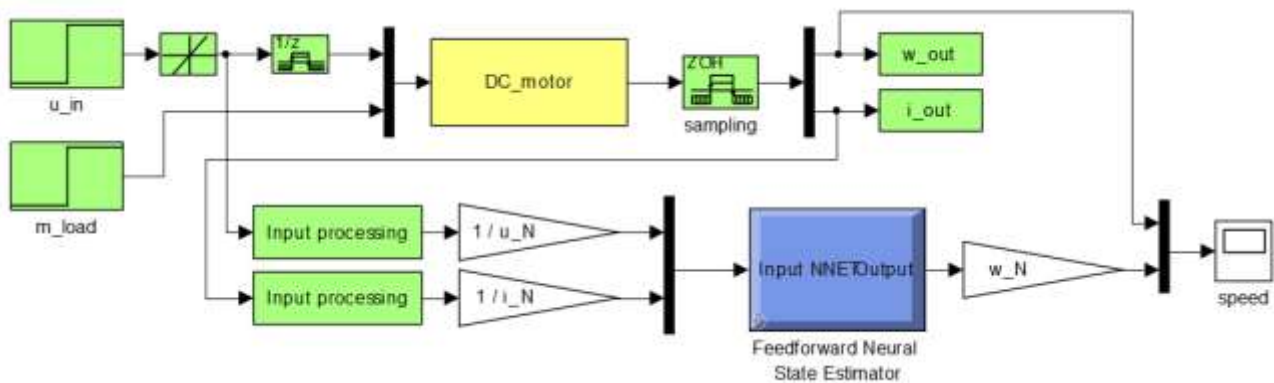


Rys. 1. Schemat modelu symulacyjnego silnika DC

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{k}{L} \\ \frac{k}{J} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ m_{load} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\underline{y} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ m_{load} \end{bmatrix}$$

Model symulacyjny przedstawiony na rys. 2. zawiera dodatkowo bloki wstępnego przetwarzania wejść (opóźnianie i skalowanie), sieć neuronową po procesie treningu oraz skalowanie wyjścia. Prawidłowo nauczona sieć neuronowa powinna na podstawie informacji nt. napięcia i prądu twornika dokonywać obserwacji (estymacji) prędkości kątownej wału silnika.



Rys. 2. Schemat neuronowego obserwatora stanu dla silnika DC

IV. SCENARIUSZ DO ZAJĘĆ

a) ŚRODKI DYDAKTYCZNE

Sprzętowe: ▪ Komputer PC

Programowe: ▪ Środowisko programistyczne MATLAB (z pakietem NNTtoolbox)

b) PRZEBIEG ZAJĘĆ

1. Implementacja referencyjnego modelu symulacyjnego

- Stwórz model symulacyjny obcowzbudnego silnika prądu stałego w oparciu o klasę **state-space** oraz bloczek **LTI**. Przyjmij wartości znamionowe oraz parametry modelu podane przez prowadzącego (np. $\omega_N = 157 \text{ rad/s}$; $m_N = 525 \text{ Nm}$; $u_N = 420 \text{ V}$; $i_N = 127 \text{ A}$; $R = 0.472 \Omega$; $L = 7.85 \text{ mH}$; $k = 4.13 \text{ Vs}$; $J = 0.32 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$).
- Przyjmij okres próbkowania przynajmniej 10-krotnie krótszy niż elektryczna stała czasowa modelu.

2. Przygotuj dane uczące

- Stwórz wektor napięcia wejściowego $u(kT_s)$ o czasie trwania 10 s, o kroku równym przyjętemu okresowi próbkowania. Każde kolejne N próbek wypełnij losową wartością w zakresie $<0, u_N>$ (jako wartość N przyjmij np. $N = 100$).
- Uzyskaj odpowiedź modelu symulacyjnego w postaci wektorów prądu twornika $i(kT_s)$ oraz prędkości kątovej wału $\omega(kT_s)$.
- Wykorzystaj sygnał napięcia oraz prąd twornika formując wektor wejściowy postaci:

$$\begin{bmatrix} \frac{u(kT_s)}{u_N} & \frac{u((k-1)T_s)}{u_N} & \frac{u((k-2)T_s)}{u_N} & \frac{i(kT_s)}{i_N} & \frac{i((k-1)T_s)}{i_N} & \frac{i((k-2)T_s)}{i_N} \end{bmatrix}$$

- Wykorzystaj sygnał prędkości kątovej jako cel (target) w procesie treningu sieci. Podobnie jak sygnały wejściowe, przeskaluj wektor przez wartość znamionową ω_N .

3. Sztuczna sieć neuronowa. Trening sieci.

- Za pomocą konstruktora obiektu `network` lub funkcji `feedforwardnet` stwórz obiekt jednokierunkowej, w pełni połączonej sieci neuronowej o 1 warstwie ukrytej (12 neuronów), 6 wejściach (rozmiar wektora wejściowego) oraz 1 wyjściu (aktualna próbka prędkości). Jako funkcję aktywacji warstwy ukrytej przyjmij `tansig`. Jako funkcję aktywacji warstwy wyjściowej przyjmij `purelin`.
- Za pomocą funkcji `train` dokonaj optymalizacji (treningu) sieci na podstawie znanego celu (targetu).
- Wygeneruj model sieci za pomocą funkcji `gensim`. Rozbuduj kopie modelu symulacyjnego o blok wstępnego przetwarzania danych wejściowych (formowanie wektora wejściowego). Pamiętaj o denormalizacji sygnału wyjściowego. Porównaj odpowiedzi modelu referencyjnego i obserwatora na zadane sygnały wejściowe (np. skok jednostkowy napięcia do połowy wartości znamionowej).
- Sprawdź zachowanie uzyskanego obserwatora neuronowego po załączeniu obciążenia. Czy estymacja przebiega prawidłowo?