



POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

SIECI NEURONOWE I NEUROSTEROWNIKI

## Sprawozdanie z projektu

*Michał Leś, Jędrzej Kozal*

prowadzący  
Dr Piotr CISKOWSKI

2017-10-01

# 1 Wstęp

Podstawowym założeniem projektu jest zaznajomienie się z neurosterownikami, ich zasadami działania oraz przygotowanie modelu predykcyjnego prostego obiektu dynamicznego. Dodatkowo przyjęto że bardziej interesujące będzie przyjęcie jakiegoś rzeczywistego obiektu niż badanie reakcji na teoretyczne charakterystyki jakie mogą posiadać obiekty.

Neurosterowniki są sposobem zaadresowania w Automatyce kwestii sterowania obiektami mocno nieliniowymi, z którymi tradycyjne metody sterowania jak sterowniki PID nie dają sobie rady. U podstaw działania neurosterowników leży idea działania sieci neuronowej, które ostatnio zdominowały pole uczenia maszynowego. Są one wykorzystywane w wielu dziedzinach nauki i techniki do rozpoznawania obrazów (computer vision), klasyfikacji, sterownia ruchem ulicznym, wspomagania użytkowników różnych aplikacji (jak np. podpowiadanie słów w trakcie pisanie na smartphonie), czy nawet eksperymenty społeczne. W niniejszej pracy postawiono zbadać w jaki sposób szerokie możliwości oferowane przez sieci neuronowe mogą być wykorzystane w automatyce.

## 2 Podstawy teoretyczne

### 2.1 Przyjęty model obiektu

Obiekt w automatyce jest traktowany jako czarna skrzynka, która posiada wejścia i wyjścia. Na pobudzenie na wejściu reaguje odpowiedzią na wyjściu. Odpowiedź systemów dynamicznych zależy nie tylko od aktualnej wartości wejścia, ale także stanu obiektu w poprzednich chwilach. Zgodnie z tym można zapisać model nieliniowego obiektu dynamicznego jako:

$$\begin{cases} \mathbf{x}(k+1) &= \phi(\mathbf{x}(k), \mathbf{u}(k)) \\ \mathbf{y}(k) &= \psi(\mathbf{x}(k)) \end{cases} \quad (1)$$

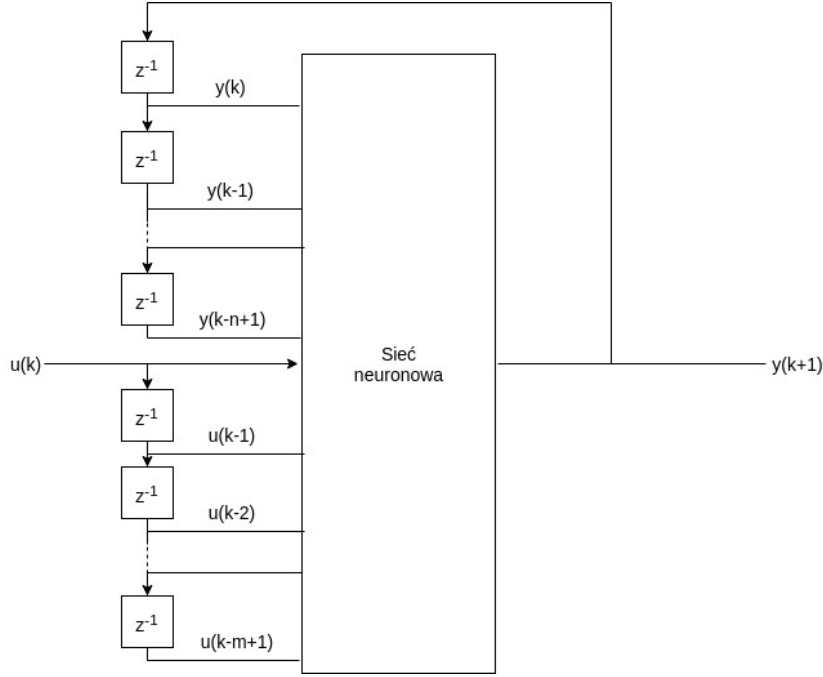
Układ 1 przedstawia równania stanu. Pierwsze równanie wiąże wewnętrzny stan obiektu z pobudzeniem, a drugie równanie wiąże stan obiektu z wyjściem. System opisywany tymi równaniami jest niezmienny w czasie (angl. time-invariant) -  $\phi$  i  $\psi$  nie zależą bezpośrednio od czasu.

Jeśli zastąpimy funkcje nieliniowe przez odpowiednie macierze zyskamy system liniowy:

$$\begin{cases} \mathbf{x}(k+1) &= A\mathbf{x}(k) + B\mathbf{u}(k) \\ \mathbf{y}(k) &= C\mathbf{x}(k) + D\mathbf{u}(k) \end{cases} \quad (2)$$

W rzeczywistych systemach w równaniach oprócz stanu  $x$  i pobudzenia  $u$  pojawiają się także zakłócenia  $z$ , które nie będą tutaj rozważane.

Klasa systemów liniowych jest od dawna dobrze znana. Znalezione wiele sposobów badania i algorytmów sterowania obiektami liniowymi. O wiele trudniejsze w sterowaniu są obiekty nieliniowe. Nawet znając funkcję  $\psi$  oraz  $x(k)$  samo stworzenie modelu mogącego dokonać identyfikacji takiego obiektu jest



Rysunek 1: Model identyfikacji obiektu z wykorzystaniem sieci neuronowej.

trudne, ze względu na kumulujące się z czasem błędy numeryczne, oraz poprzez konieczność poczynienia założeń co do stabilności systemu.

Najprostsza reprezentacja systemu dynamicznego nie zawiera wewnętrznego stanu, który w wielu wypadkach może być pominięty

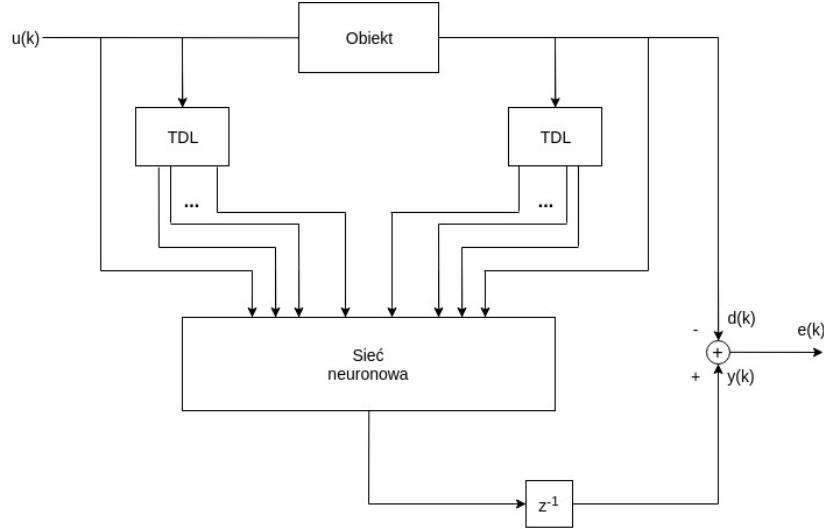
$$\mathbf{y}(k+1) = f(\mathbf{y}(k), \mathbf{u}(k)) \quad (3)$$

## 2.2 Zadanie identyfikacji obiektu

Zadanie identyfikacji sprowadza się do wyznaczeniu modelu reagującego na pobudzenie w sposób zbliżony do reakcji rzeczywistego obiektu:

$$\|\hat{y} - y\| < \epsilon \quad (4)$$

Uzyskanie takiego modelu umożliwia sterowanie adaptacyjne, co znacznie ułatwia pracę z obiektami nieliniowymi. Celem sterowania w ogólności jest uzyskanie na wyjściu obiektu  $\mathbf{y}(k)$  wartości jak najbardziej zbliżonej do wartości zadanej  $\mathbf{y}_m(k)$ . W przypadku sterowania adaptacyjnego oznacza to znalezienie takiego pobudzenia  $\mathbf{u}(k)$  aby została spełniona zależność:



Rysunek 2: Schemat podłączenia sieci neuronowej w trakcie uczenia.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|\mathbf{y}(k) - \mathbf{y}_m(k)\| < \epsilon \quad (5)$$

Często do takiego zadania są wykorzystywane sieci neuronowe przedstawione na rys. 1. Na wejście sieci podaje się wejścia systemu, oraz wyjścia z poprzednich chwil. Zadaniem sieci jest przewidzenie zachowania systemu w kroku  $k+1$ . Szereg bloków opóźniających będzie dalej oznaczany w pracy jako TDL (Tapped Delay Line).

W trakcie identyfikacji sieć neuronowa jest zwykle włączana sposob szeregowo-równoległy, co zostało zilustrowane na rys 2. Taka konfiguracja umożliwia badanie błędu i minimalizację błędu zgodnie z nierównością 4. Sieć neuronowa nieustannie próbuje przewidzieć wyjście obiektu w następnej chwili. Różnica  $e(k)$  jest wykorzystywana w procesie uczenia sieci. W [1] zaproponowano taką metodę oraz zaprezentowano wykorzystanie modelu do predykcji wyjścia filtru Butterwortha szóstego rzędu dla pobudzenia sygnałem trójkątnym oraz tłumionym sygnałem sinusoidalnym.

### 3 Zrealizowane zadania oraz otrzymane wyniki

### 4 Wnioski

## Literatura

- [1] Stanisław Osowski. *Sieci Neuronowe w ujęciu algorytmicznym* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996
- [2] Strona prowadzącego,  
<http://staff.iiar.pwr.wroc.pl/piotr.ciskowski/skrypt/SNwMATLABie.htm>
- [3] J. Rhim, S. W. Lee *A neural network approach for damage detection and identification of structures* Springer-Verlag 1995
- [4] Jerzy Lipski *Identyfikacja procesów dynamicznych z zastosowaniem sieci neuronowych* Nauka i technika 2001