

**LABORATORIUM**  
**METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI**

**Laboratorium nr 9**

Temat: **Neuronowy algorytm sterowania  
układem dynamicznym**

Celem laboratorium jest zapoznanie się z inteligentnym sterowaniem układów dynamicznych z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych (SN).

### 1. Sterowanie neuronowe obiektem nieliniowym

W syntezie sterowania inteligentnego, zastosujemy sieć neuronową do aproksymacji nieliniowej funkcji występującej w sygnale sterowania. Przyjmuje się, że istnieją stałe, idealne wagi  $W$  sieci neuronowej takie, że nieliniowa funkcja może być zapisana jako:

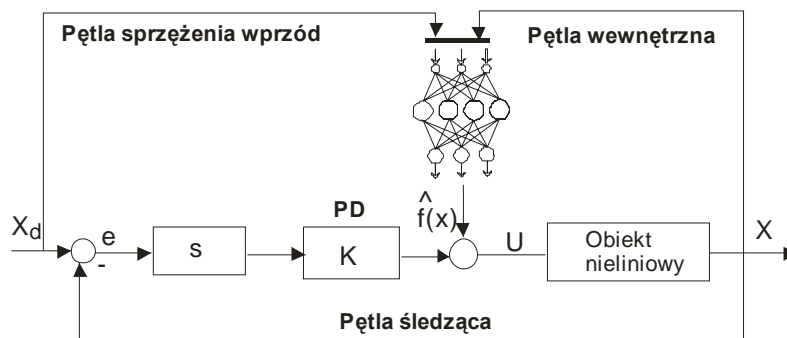
$$f(\mathbf{y}) = \mathbf{W}^T \mathbf{S}(\mathbf{y}) + \varepsilon \quad (1)$$

gdzie  $\mathbf{S}(\mathbf{y})$  jest wektorem funkcji aktywacji neuronów. Zdefiniujmy sieć neuronową, która aproksymuje nieliniową funkcję  $\hat{f}(\mathbf{y})$  występującą w sygnale sterowania

$$\hat{f}(\mathbf{y}) = \hat{\mathbf{W}}^T \mathbf{S}(\mathbf{y}), \quad (2)$$

gdzie  $\hat{\mathbf{W}}$  to oceny wag sieci (1), które należy wyznaczyć w procesie adaptacji.

Zaproponowany algorytm sterowania neuronowego pokazano na rys. 1.



Rys. 1. Struktura sterownika neuronowego

W układzie tym zadaniem sieci neuronowej jest kompensacja nieliniowości obiektu sterowania, a zadaniem regulatora PD jest stabilizacja zamkniętego układu sterowania.

Postępując podobnie jak omówiono na wykładzie, należy wyznaczyć prawo uczenia wag sieci oraz wykazać że sygnały  $s(t)$ ,  $e(t)$  i  $\dot{e}(t)$  są ograniczone.

### 2. Zadania do wykonania

- a). Wyznaczyć neuronowy układ sterowania oraz przeprowadzić badania symulacyjne dla trajektorii zadanej  $x_d(t) = \sin(t)$ .
- b). Zbudować neuronowy układ sterowania kompensujący nieliniowości sterowanego obiektu z zastosowaniem SN RVFL, dla obiektu dynamicznego opisanego równaniem:

- 1)  $\ddot{y} = -a \sin(y) - \dot{y} + u$ ,
- 2)  $\ddot{y} = -a y^2 - \dot{y} + u$ ,
- 3)  $\ddot{y} = -a \sin(y) + u$ ,
- 4)  $\ddot{y} = -a y^2 + u$ ,

$$5) \ddot{y} = -a \sin^2(\dot{y}) - y + u ,$$

$$6) \ddot{y} = -a \sin(y) - y + u ,$$

$$7) \ddot{y} = -a y^2 - \sin(y) + u ,$$

$$8) \ddot{y} = -a \sin(y) - y^2 + u ,$$

gdzie wartości współczynnika  $a$ , oraz parametrów układu sterowania (dla regulatora PD,  $K$ ,  $\lambda$ ) podano w tab. 1. Przykład opisu obiektu dynamicznego należy dobrać zgodnie z nr zespołu.

Tab. 1. Parametry układu sterowania oraz obiektu dynamicznego poszczególnych zespołów

nr zespołu	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
$K$	2	4	3	3.5	2	5	4	2.5
$\lambda$	1	0.5	0.8	0.6	0.9	0.4	0.3	0.7
$a$	4	2	8	1	3	4	6	5

Parametry SN dla poszczególnych zespołów przedstawiono w tab. 2.

Tab. 2. Parametry SN dla poszczególnych zespołów

nr zespołu	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
$m=l_{neur}$	6	7	5	8	9	10	12	6
$\beta$	2	3	1.5	4	2.5	5	3	4

Należy przeprowadzić badania symulacyjne dla neuronowego układu sterowania zbudowanego z zastosowaniem SN z **sigmoidalnymi unipolarnymi i bipolarnymi** funkcjami aktywacji neuronów, dla danych podanych w tab. 1 i 2 (pozostałe parametry dobrać samodzielnie w celu uzyskania zakładanej jakości sterowania nadążnego).

### Sprawozdanie powinno zawierać:

#### 1. Wstęp teoretyczny

- podstawowe wiadomości na temat zastosowanego neuronowego układu sterowania,
- podstawowe wiadomości na temat zastosowanych SN.

#### 2. Przebieg ćwiczenia

- a) symulacje procesu identyfikacji bez zakłócenia,
  - b) symulacje procesu identyfikacji z zakłóceniem parametrycznym **jednego parametru**  $\Delta a = 1$ ,
- listing kodu Matlaba służący do wygenerowania niezbędnych danych dla SN z sigmoidalnymi funkcjami aktywacji neuronów oraz parametrami niezbędnymi do uruchomienia modelu Simulinka,
  - obrazy modelu Simulinka neuronowego emulatora.

#### 3. Wyniki symulacji

- wykresy zmiennych stanu,
- przestrzeń stanu,
- wagi sieci.

#### 4. Do ilościowej oceny jakości estymacji zadanego odwzorowania zastosować wskaźniki jakości:

- suma kwadratów błędów,
- pierwiastek błędów średniokwadratowego.

#### 5. Wnioski