

## **METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI**

### **Laboratorium nr 7**

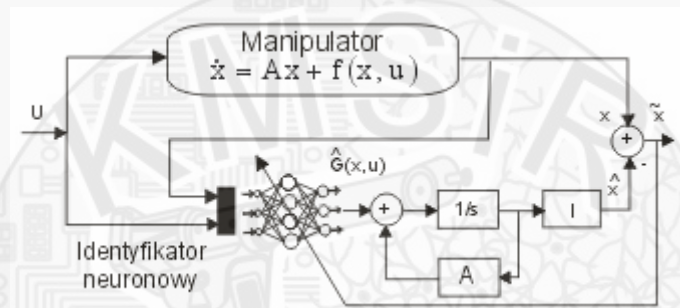
**Temat: Symulacja szeregowego neuronowego emulatora stanu układu dynamicznego z zastosowaniem sieci neuronowych jednowarstwowych**

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodami modelowania układów dynamicznych z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych (SN). Do aproksymacji funkcji nieliniowych modelowanego obiektu należy zastosować *funkcje sigmoidalne bipolarne*.

## 2. Modelowanie układów dynamicznych

Rozważać będziemy zadanie proste dynamiki układu dynamicznego opisanego równaniem różniczkowym drugiego rzędu, w strukturze szeregowego neuronowego emulatora, pokazanego na rys 1



Rys.1. Schemat układu identyfikacji w strukturze szeregowej

rozumianego jako układ identyfikacji z pełnym dostępem wektora stanu analizowanego obiektu opisanego w postaci

$$M(y)\ddot{y} + C(\dot{y}, y)\dot{y} + G(y) = u, \quad (1)$$

gdzie  $M(\cdot)$ ,  $C(\cdot)$  oraz  $G(\cdot)$  to nieznanne macierze,  $u$  jest wektorem sterowań.

### 2.1. Synteza szeregowego neuronowego emulatora

Przyjmując zmienne fazowe, przedstawmy dynamiczne równanie ruchu (1) w przestrzeni stanu

$$\dot{x} = f(x, u), \quad x(0) = x_0, \quad (2)$$

gdzie  $x$  jest wektorem stanu a  $f(\cdot)$  wektorem nieznannej funkcji, wynikających z przekształcenia równania (1) do postaci (2). Funkcje znajdujące się w wektorze  $f(\cdot)$  będziemy aproksymować przy pomocy SN. Dodając i odejmując wektor  $Ax$  od (2) otrzymamy

$$\dot{x} = Ax + G(x, u), \quad (3)$$

gdzie  $G(x, u) = f(x, u) - Ax$  i  $A$  jest macierzą Hurwitz'a.

Postępując według procedury podanej na wykładzie, zrealizować następujące zadania.

### 3. Zadania do wykonania

Wyznaczyć neuronowy emulator oraz przeprowadzić badania symulacyjne dla wymuszenia  $u(t)=1(t)$ . Zbudować model emulatora z zastosowaniem SN RVFL, dla obiektu dynamicznego opisanego równaniem:

a)  $b_2\ddot{y} + b_0\cos y = u$ ,

b)  $b_2\ddot{y} + b_1\dot{y} + b_0\cos y = u$ ,

c)  $b_2\ddot{y} + b_1\dot{y}^2 = u$ ,

d)  $b_2\ddot{y} + b_0\sin y = u$ ,

e)  $b_2\ddot{y} + b_1\dot{y} + b_0\cos y = u$ ,

f)  $b_2\ddot{y} + b_1\dot{y}^2 + b_0\dot{y} = u$ ,

g)  $b_2\ddot{y} + b_1\dot{y}^2 + \sin(b_0\dot{y}) = u$ ,

h)  $b_2\ddot{y} + b_1\dot{y}^2 + b_0\cos y = u$ ,

dla  $b_2, b_1, b_0$  to współczynniki, których wartości podano w tab. 1. Przykład opisu obiektu dynamicznego należy dobrać zgodnie z nr zespołu.

Tab. 1. Współczynniki  $b_2, b_1, b_0$  układu dynamicznego dla poszczególnych zespołów

nr zespołu	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
$b_2$	2	1	1	3	2	1	2.5	2
$b_1$	0	2	3	0	4	3	3.5	4
$b_0$	1	3	0	2	1	2	5	1

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

Należy przeprowadzić badania symulacyjne dla neuronowego emulatora zbudowanego z zastosowaniem SN z sigmoidalnymi bipolarnymi funkcjami aktywacji, dla danych podanych w tab. 1 i 2 (pozostałe parametry przyjąć jak w przykładzie 1). Wprowadzić zakłócenie parametryczne w obiekcie dynamicznym. Wszystkie symulacje ocenić stosując kryterium w postaci pierwiastka z błędu średniokwadratowego.

#### Sprawozdanie powinno zawierać:

1. Wstęp teoretyczny

- podstawowe wiadomości na temat zastosowanego neuronowego emulatora w strukturze szeregowej,
- podstawowe wiadomości na temat zastosowanych SN.

2. Przebieg ćwiczenia

- listing kodu Matlab-a służący do wygenerowania niezbędnych danych dla SN z sigmoidalnymi bipolarnymi funkcjami aktywacji neuronów oraz parametrami niezbędnymi do uruchomienia modelu Simulink'a,
- obrazy modelu Simulink'a neuronowego emulatora.

3. Wyniki symulacji (analogicznie jak w przykładzie 1)

4. Wnioski

Uwaga. Każdy realizowany podpunkt sprawozdania powinien być odpowiednio skomentowany.