

**Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki**  
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

# **LABORATORIUM METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI**

## **Laboratorium nr 3**

Temat: **Uczenie neuronów liniowych**

## Uczenie jednowarstwowych sieci neuronowych

### 1. Cel ćwiczenia

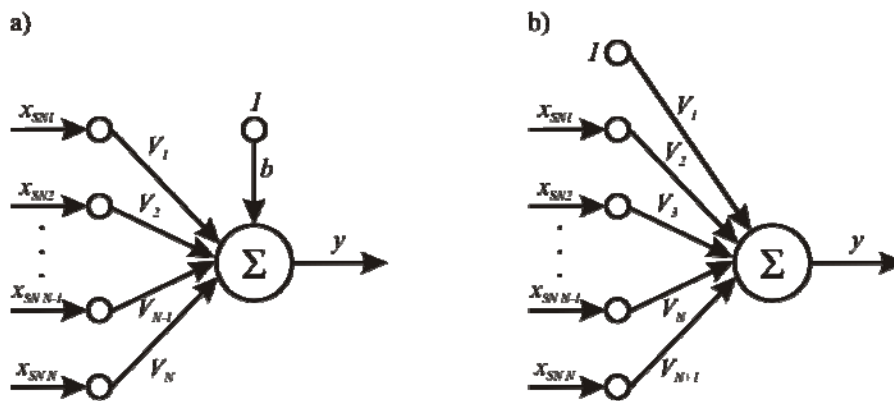
Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z gradientowymi metodami uczenia adaptacyjnego i wsadowego neuronów liniowych.

Zajmiemy się przypadkiem, gdy SN zbudowana jest tylko z jednego neuronu o **liniowej** funkcji aktywacji.

#### 1.1. Sieć neuronowa z liniowymi funkcjami aktywacji neuronów

Ogólnie, neuron liniowy o  $N$  wejściach schematycznie przedstawiono na rys. 1.a), gdzie  $V$ , to wektor wag warstwy wejściowej do sieci.

Schemat ten jest równorzędny ze schematem neuronu liniowego pokazanym na rys. 1.b), gdzie dla zwięzłego zapisu wartość progową neuronu  $b$ , włączono do wektora wag wejściowych  $V$ , przez co rozmiar wektora  $V$  wzrósł do  $N+1$ , oraz poszerzono wektor wejściowy neuronu do postaci  $x_v = [1, x_{SN}]^T$ , gdzie  $x_{SN}$  to wektor wejściowy  $x$ .



Rys. 1. Schemat neuronu liniowego: a) z wartością progową  $b$ , b) z poszerzonym wektorem wejściowym  $x_{SN}$

W procesie uczenia neuronu, uczeniu podlegać będą wagi warstwy wejściowej do sieci  $V$ .

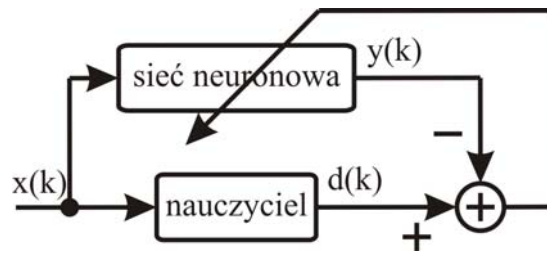
#### Uczenie sztucznych sieci neuronowych

Celem procesu uczenia jest taki dobór wag, który umożliwi odwzorowania sygnałów wejściowych w odpowiednie sygnały wyjściowe. Wyróżnia się dwa sposoby uczenia:

- **sposób przyrostowy (iteracyjny, adaptacyjny)** – aktualizacja wag następuje bezpośrednio po podaniu każdej pary uczącej; funkcja błędu zmniejsza się w każdym kolejnym kroku iteracyjnym,
- **sposób grupowy (wsadowy)** – korekta wag następuje po podaniu całego zestawu uczącego, wszystkich par uczących.

Z punktu widzenia systemu uczącego sieci neuronowe, można wyróżnić między innymi uczenie

- **pod nadzorem (z nauczycielem)**, co pokazano na rys. 2 – dla każdego wektora ze zbioru uczącego znana jest poprawna odpowiedź; korekcja wag przeprowadzana jest na podstawie różnicy pomiędzy odpowiedzią rzeczywistą sieci i odpowiedzią zadaną,



Rys. 2. Schemat uczenia pod nadzorem

## 1.2 Adaptacyjne uczenie neuronu liniowego

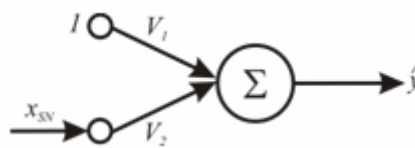
### Przykład. 1. Uczenie wag $V$ neuronu liniowego

Opiszmy liniową funkcję aktywacji neuronu przy pomocy zależności:

$$y = f(x) = \mathbf{w}x + \mathbf{b}, \quad (1)$$

gdzie przyjęto oznaczenie  $V_2 = w, V_1 = b$ .

Przeprowadźmy proces uczenia SN z liniowymi funkcjami aktywacji neuronów, zbudowanej z jednego neuronu liniowego, której schemat przedstawiono na rys.3.



Rys.3. Schemat SN zbudowanej z pojedynczego neuronu liniowego

Zadaniem SN jest aproksymacja nieznanego odwzorowania na podstawie dyskretnych danych pomiarowych zgromadzonych w czasie eksperymentu (np. pomiar rezystancji potencjometru w zależności od wysunięcia suwaka), przedstawionych w **tab. 1**.

Wartości wejścia  $x$  oraz nieznanego odwzorowania  $f(x)$  podane w tab. 1 będą stanowiły zbiór wzorców uczących (danych treningowych) w procedurze adaptacji wag warstwy wejściowej  $V$  SN z neuronem liniowym.

Zastosowanie metody gradientowej (metody najszybszego spadku), powszechnie stosowanej w teorii optymalizacji, do adaptacji wag  $V$  warstwy wejściowej SN z liniowymi funkcjami aktywacji neuronów, pozwala na iteracyjne wyznaczanie kolejnych przybliżeń optymalnych wag sieci (w rozważanym przypadku neuronu) w kierunku ujemnego gradientu funkcji błędu.

**Stosując wiadomości podane na wykładzie należy zrealizować poniższe zadania.**

## 2. Zadania do wykonania

**Zrealizować dla tych samych danych uczenie adaptacyjne i wsadowe.**

**2.1.** Przeprowadzić proces uczeni SN zbudowanej z jednego neuronu typu liniowego, metodą **adaptacyjną i wsadową** dla odwzorowania zadanego w **tab. 1** dla poszczególnych zespołów.

**Zespoły: 1, 5** - pomiar rezystancji potencjometru w zależności od wysunięcia suwaka.

**Zespoły: 2, 6** - pomiar mocy rozwijanej przez elektrownię wiatrową w zależności od bieżącej prędkości wiatru.

**Zespoły: 3, 7** - pomiar wydatku przepływu paliwa w funkcji czasu otwarcia wtryskiwacza przy stałej prędkości obrotowej silnika spalinowego z zapłonem iskrowym.

**Zespoły: 4, 8** - pomiar wartości przepływu czynnika chłodzącego w zależności od poziomu otwarcia zaworu.

**2.2.** Zbadać wpływ zmiany współczynnika wzmocnienia uczenia  $\eta$  na jakość aproksymacji zadanej funkcji oraz szybkość zbieżności procesu adaptacji wag  $V$ .

**2.3.** Zbadać wpływ członu momentum na proces uczenia.

**2.4. Do ilościowej oceny jakości estymacji** zadanego odwzorowania zastosować wskaźniki jakości:  
- suma kwadratów błędów, - pierwiastek błędów średniokwadratowego.

**Tab. 1. Parametry SN dla poszczególnych zespołów, dane pomiarowe**

nr	typ f. aktywacji	$\eta$	Zadane nieznane odwzorowanie										
			[cm]	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
1.	liniowa	0.5	[ $\Omega$ ]	137	195	261	307	338	398	434	484	544	611
			[m/s]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.	liniowa	0.4	[MW]	0.03	0.32	0.46	0.68	0.74	0.89	0.86	0.95	1.03	1.01
			[ms]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.	liniowa	0.3	[g/s]	1.14	2.88	4.11	5.86	6.7	8.01	9.87	11.59	12.56	14.4
			[%]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4.	liniowa	0.8	[hl/min]	0.16	0.31	0.59	0.62	0.72	0.83	0.93	0.91	0.91	1.02
			[cm]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5.	liniowa	0.7	[k $\Omega$ ]	8.97	8.59	7.95	7.63	6.85	6.3	6.03	5.69	4.88	4.5
			[m/s]	5.0	6.2	7.4	8.6	9.8	11.0	12.2	13.4	14.6	15.8
6.	liniowa	0.6	[MW]	0.09	0.23	0.53	0.54	0.65	0.78	0.9	0.87	0.88	1.02
			[ms]	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
7.	liniowa	0.5	[g/s]	3.15	6.21	9.8	14.36	16.85	20.54	24.41	28.67	32.56	37.01
			[%]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
8.	liniowa	0.4	[hl/min]	0.2	0.39	0.68	0.72	0.81	0.9	0.98	0.95	0.95	1.0

**Sprawozdanie powinno zawierać:**

- opis matematyczny rozwiązywanego problemu,
- dane przyjęte w symulacji,
- listingi programów,
- otrzymane wykresy (każdy wykres powinien być opisany i skomentowany),
- wnioski.