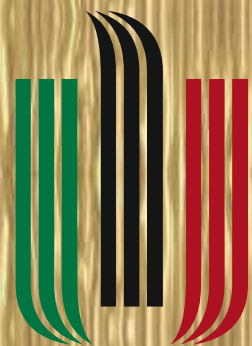


# **SZTUCZNE SYSTEMY SKOJARZENIOWE I ASOCJACYJNA SZTUCZNA INTELIGENCJA**



**Adrian Horzyk**  
**[horzyk@agh.edu.pl](mailto:horzyk@agh.edu.pl)**



**AGH**

**AGH Akademia Górniczo-Hutnicza**  
**Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki  
i Inżynierii Biomedycznej**  
**Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej**  
**Laboratorium Biocybernetyki**  
**30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30, paw. C3/206**

# SYLWETKA I ZAINTERESOWANIA BADAWCZE

## Modelowanie:

- ✓ układu nerwowego,
- ✓ mózgu,
- ✓ procesów kognitywnych,
- ✓ wiedzy,
- ✓ inteligencji.

## Metody z zakresu:

- ✓ inteligencji obliczeniowej,
- ✓ kognitywistyki,
- ✓ inżynierii wiedzy,
- ✓ sztucznej inteligencji.

INFORMATYKA

Adrian Horzyk

Sztuczne systemy skojarzeniowe  
i asocjacyjna sztuczna inteligencja



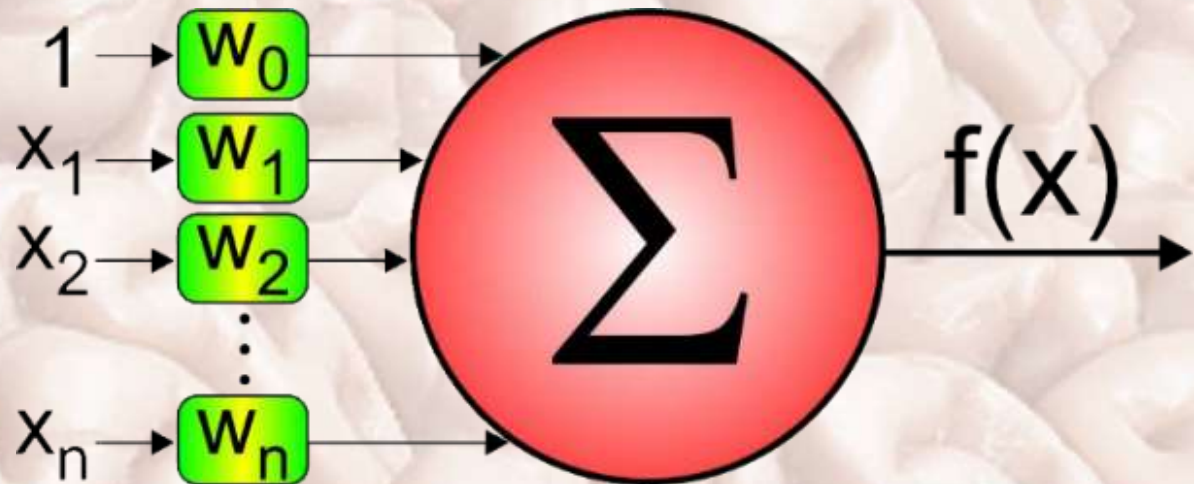
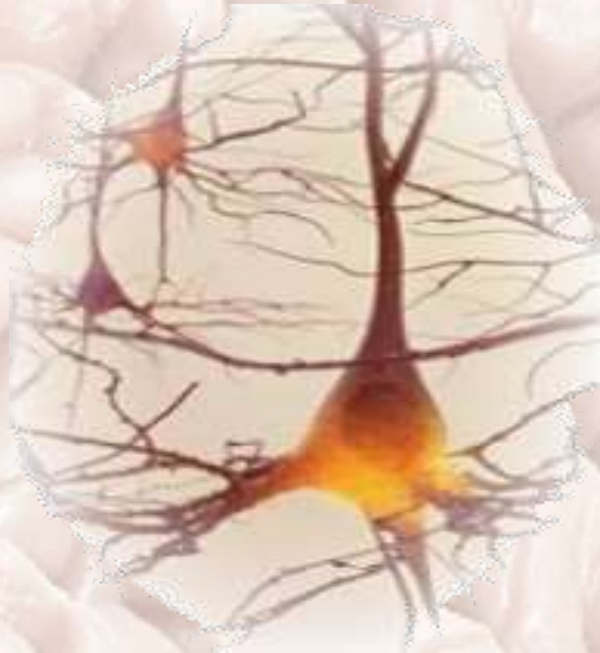
Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT  
Warszawa 2013

# **MÓZG**



- ✓ **Plastyczny**
- ✓ **Błyskawiczne reakcje**
- ✓ **Posiada mechanizmy aktywnej reprezentacji wiedzy**
- ✓ **Dostosowuje sposób swojego działania**
- ✓ **Umożliwia uczenie się i myślenie**
- ✓ **Uogólnia i jest kreatywny**
- ✓ **Siedliskiem inteligencji**

# NEURONY BIOLOGICZNE I SZTUCZNE

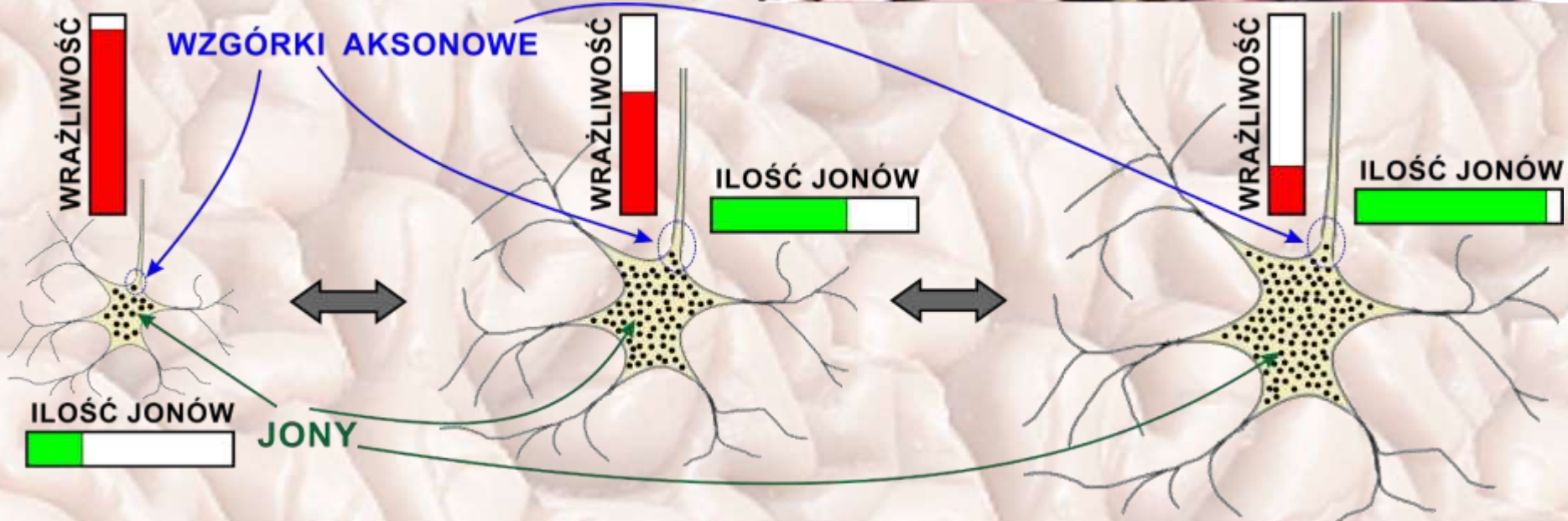
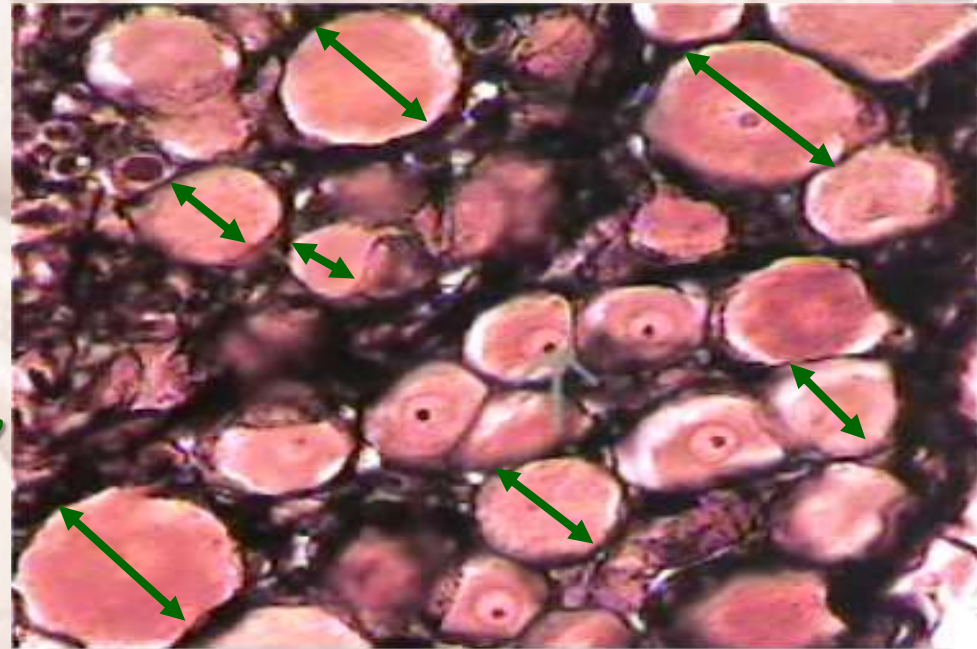


- **Neurony nie tylko sumują ważone sygnały wejściowe.**
- **Podlegają procesom relaksacji i refrakcji w czasie.**
- **Neurony posiadają progi aktywacji i swoją wrażliwość.**
- **Reprezentują kombinacje, umożliwiające im selektywne oddziaływanie na inne neurony.**

# WIELKOŚĆ I PLASTYCZNOŚĆ NEURONÓW

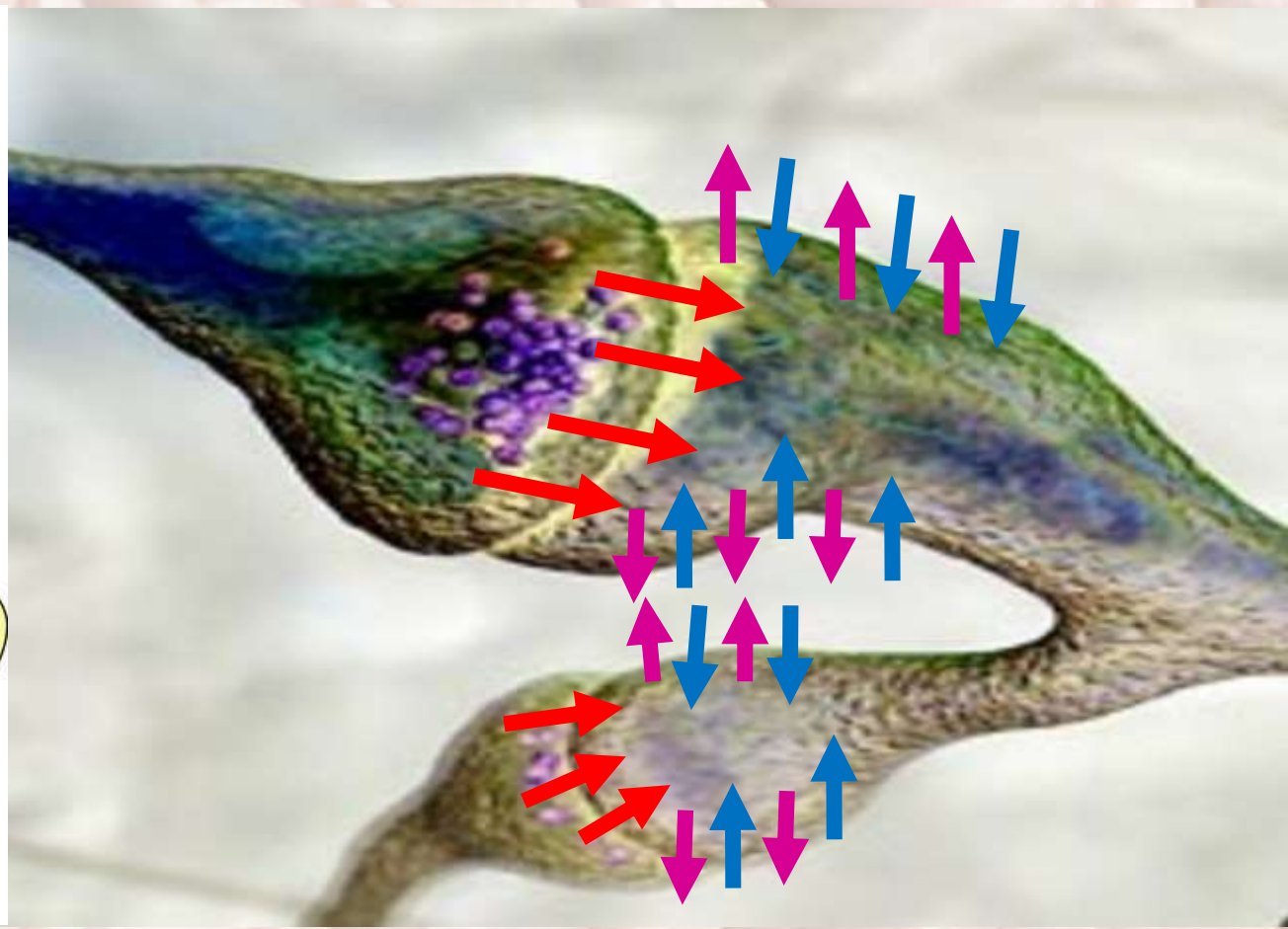
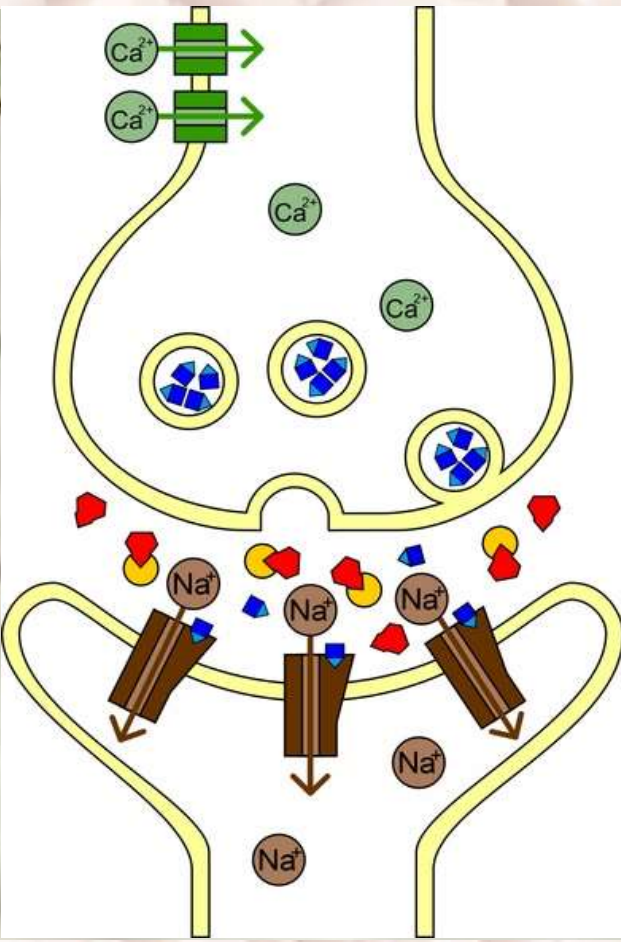
Neurony biologiczne różnią się:

- wielkością i pojemnością,
- wrażliwością i reaktywnością,
- reprezentowanymi zbiorami kombinacji bodźców (danych),
- połączeniami,
- i innymi cechami...



# POŁĄCZENIA I SYNAPSY

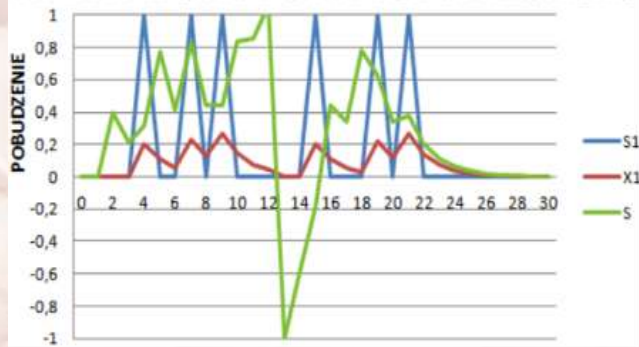
- Szybkie i wybiórcze przekazywanie informacji
- Adaptatywne reagowanie na nadchodzące sygnały
- Różnicowanie reprezentowanych kombinacji



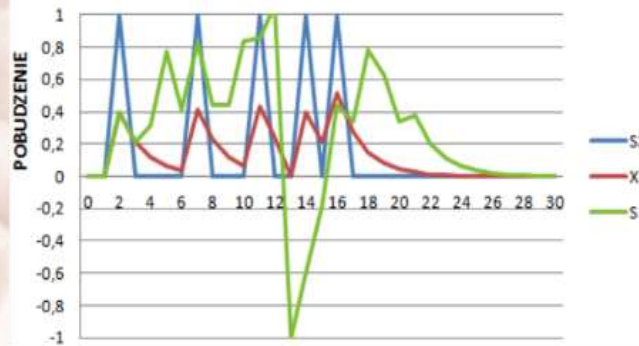
# STAN NEURONU

Zmienia się z upływem czasu pod wpływem wewnętrznych procesów, a nie tylko na skutek zewnętrznych oddziaływań.

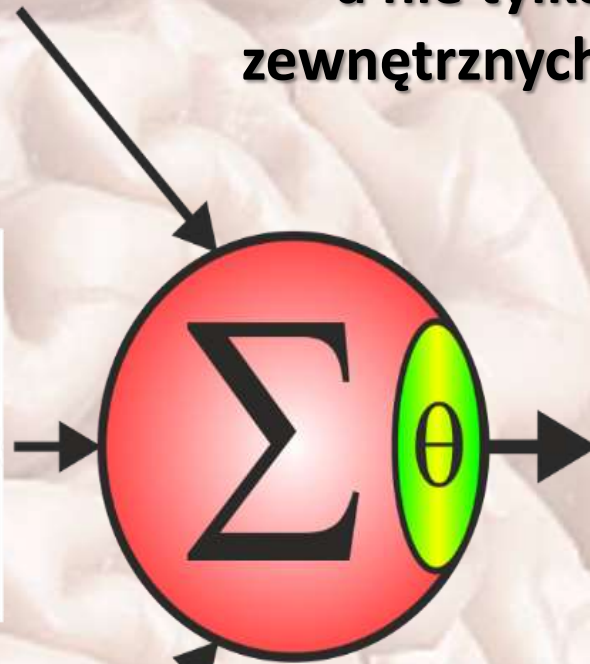
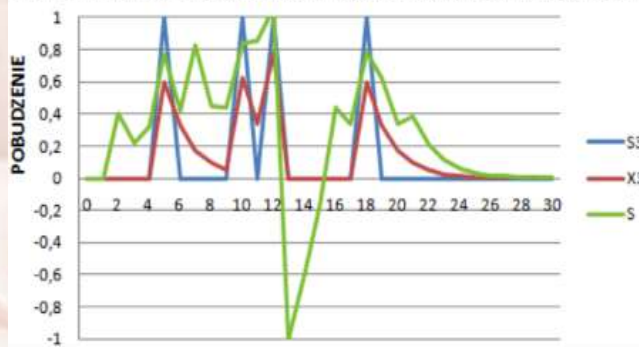
WPŁYW 1. SYNAPSY NA STAN NEURONU



WPŁYW 2. SYNAPSY NA STAN NEURONU



WPŁYW 3. SYNAPSY NA STAN NEURONU

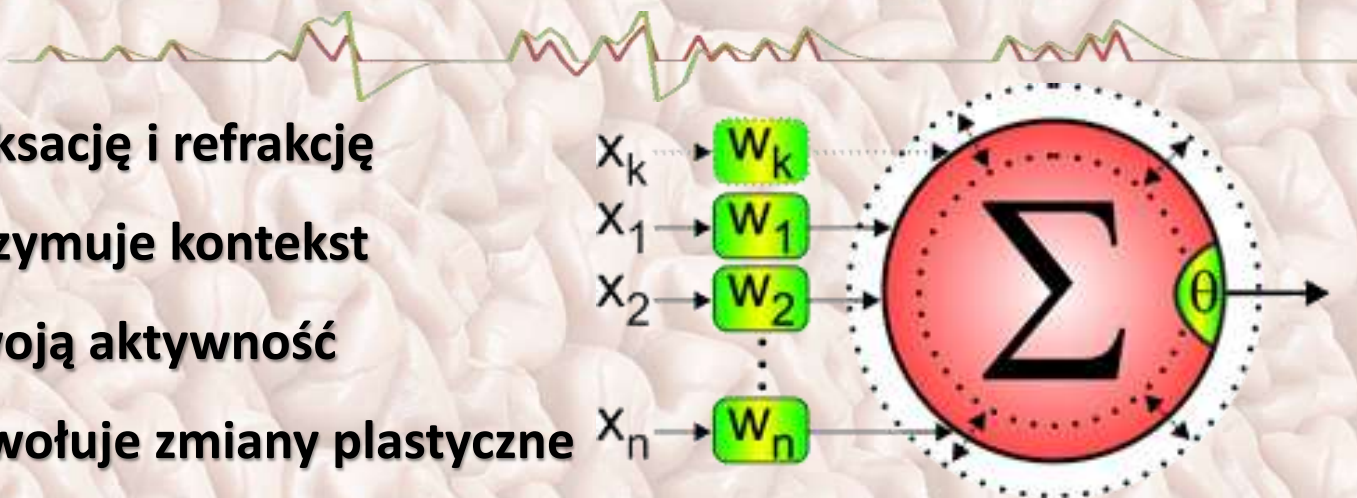


STAN POBUDZENIA NEURONU

Czas wspólnie z innymi czynnikami decyduje o stanie neuronów oraz ich zwiększonej lub zmniejszonej reaktywności.

# ASOCJACYJNY MODEL NEURONÓW - AS-NEURON

- Działa w czasie
- Uwzględnia relaksację i refrakcję
- Temporalnie utrzymuje kontekst
- Optymalizuje swoją aktywność
- Warunkowo wywołuje zmiany plastyczne
- Może równocześnie reprezentować wiele podobnych i różnych kombinacji



$$W_{SN, \widehat{SN}}^{ACON} = \frac{2 \cdot \delta_{SN, \widehat{SN}}^{act}}{\eta_{SN}^{act} + \delta_{SN, \widehat{SN}}^{act}}$$

$$\tau = t_{postsyn} - t_{presyn}$$

$$\delta_{SN, \widehat{SN}}^{act} = \sum_{\{\sim ACON_{\tau}: SN \sim \dots \sim \widehat{SN} \in AAT\}} \frac{1}{\tau}$$

$$s_{k+1} = \text{NRF}^{EXP}(s_k, t_k, t_{k+1}, x_{k+1}) =$$

$$= \begin{cases} x_{k+1} + s_k \cdot \gamma^{EXP} & 0 \leq x_{k+1} \wedge x_{k+1} + s_k \cdot \gamma^{EXP} < \theta \\ -\theta & 0 \leq x_{k+1} \wedge x_{k+1} + s_k \cdot \gamma^{EXP} \geq \theta \\ \text{sgn}(s_k) \cdot x_{k+1} + s_k \cdot \gamma^{EXP} & 0 > x_{k+1} \wedge |x_{k+1}| < |s_k| \cdot \gamma^{EXP} \\ 0 & 0 > x_{k+1} \wedge |x_{k+1}| \geq |s_k| \cdot \gamma^{EXP} \end{cases}$$

$\eta_{SN}^{act}$  – ilość aktywacji neuronu  $SN$  dla określonego zbioru sekwencji uczących  $S$

$\delta_{SN, \widehat{SN}}^{act}$  – współczynnik skuteczności połączenia synaptycznego  $SN \sim \widehat{SN}$ , określony poprzez sumę ważoną ilości skutecznych aktywacji neuronu postsynaptycznego  $\widehat{SN}$  przez neuron presynaptyczny  $SN$ , gdzie waga określona jest poprzez upływ czasu pomiędzy aktywacją neuronu presynaptycznego i postsynaptycznego.



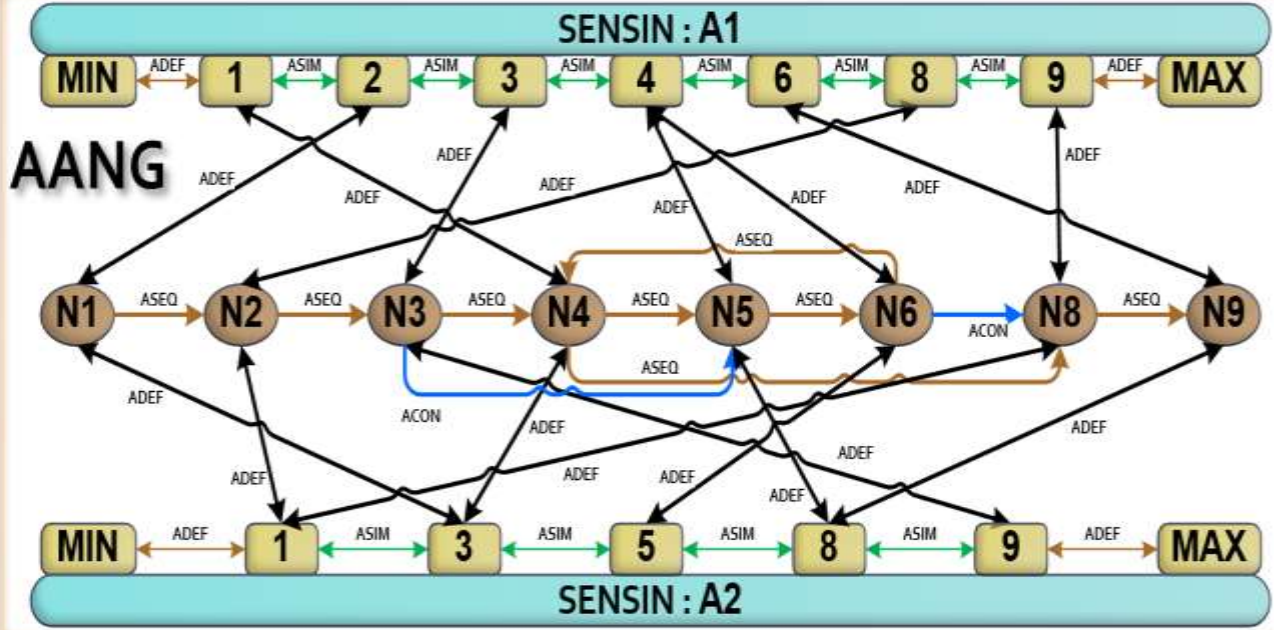
# AKTYWNA I PASYWNA REPREZENTACJA DANYCH

PASYWNA STRUKTURA DANYCH  
WYMAGAJĄCA ALGORYTMÓW

ASOCJACYJNA STRUKTURA AKTYWNI  
REPREZENTUJĄCA DANE I ICH ZWIĄZKI  
DZIĘKI NEURONOWYM REAKTYWNYM  
MECHANIZMOM ICH REPREZENTACJI

## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8



**Pamięci komputerowe  
przechowują dane:**

**Systemy skojarzeniowe  
reprezentują dane:**

- względnie bezpiecznie,
- pasywnie.



- zagregowane,
- aktywnie.

# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



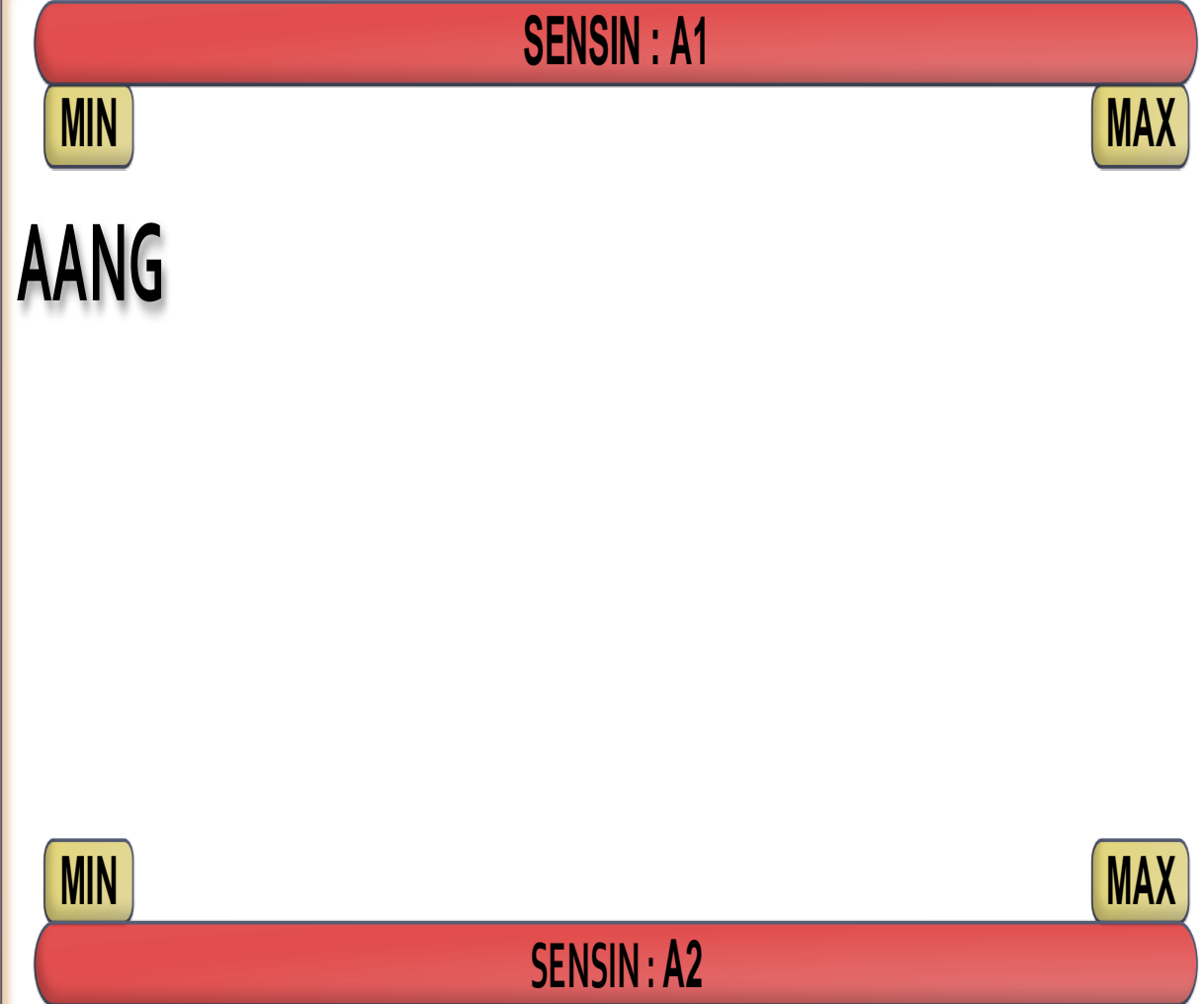
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(A)



A1 A2



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



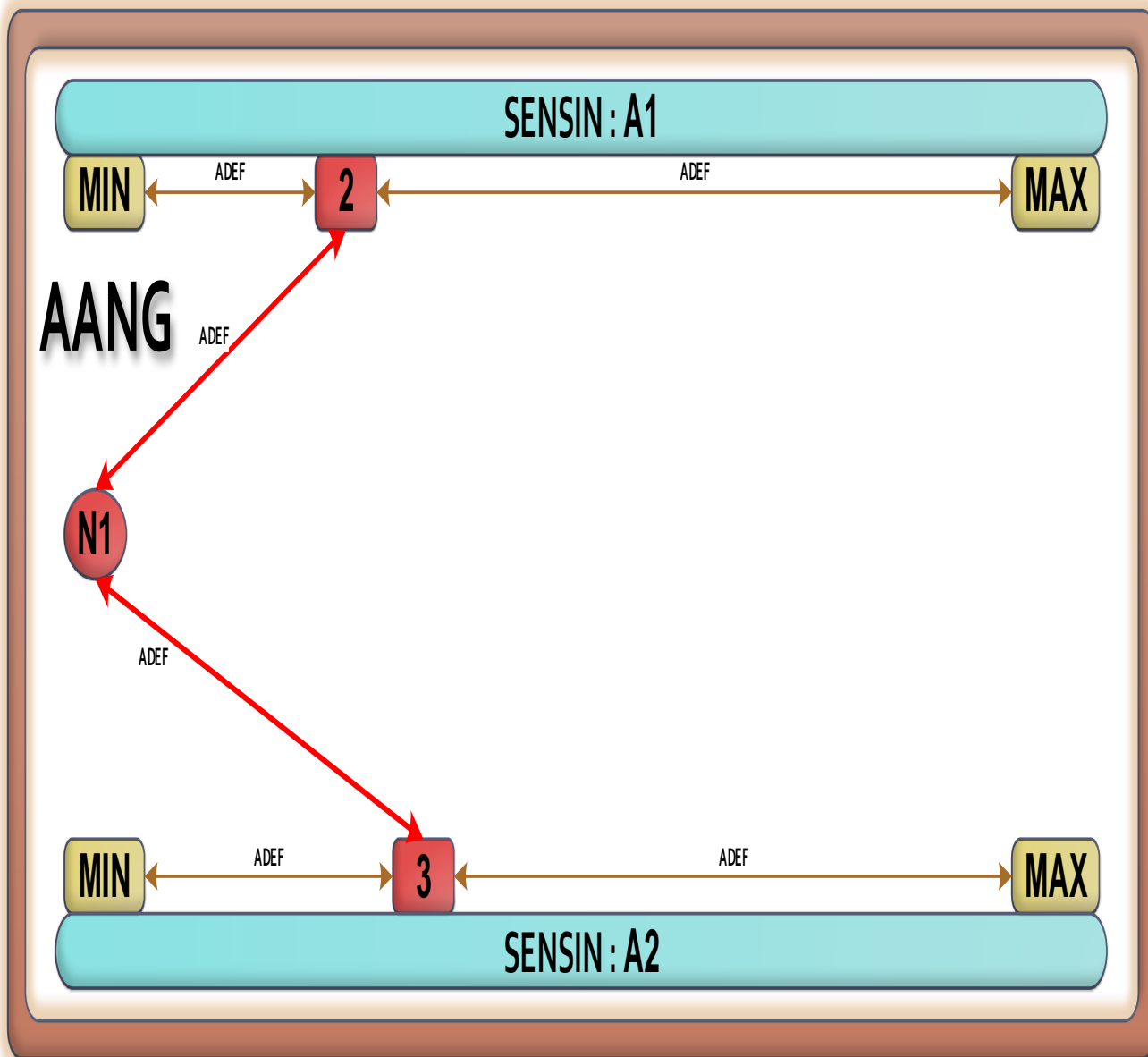
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

( B )



R1	2	3
----	---	---



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



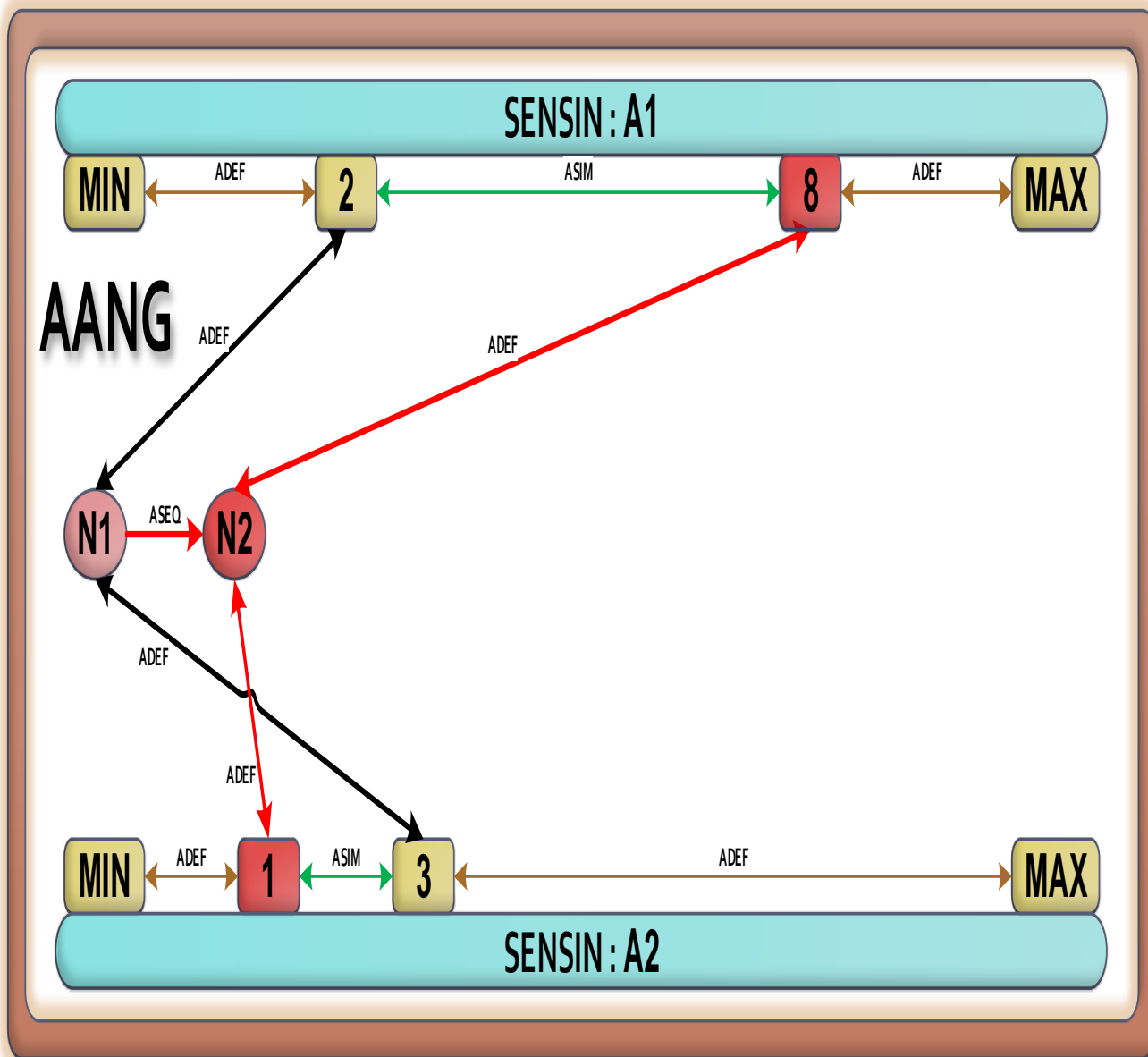
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(C)



R2	8	1
----	---	---



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



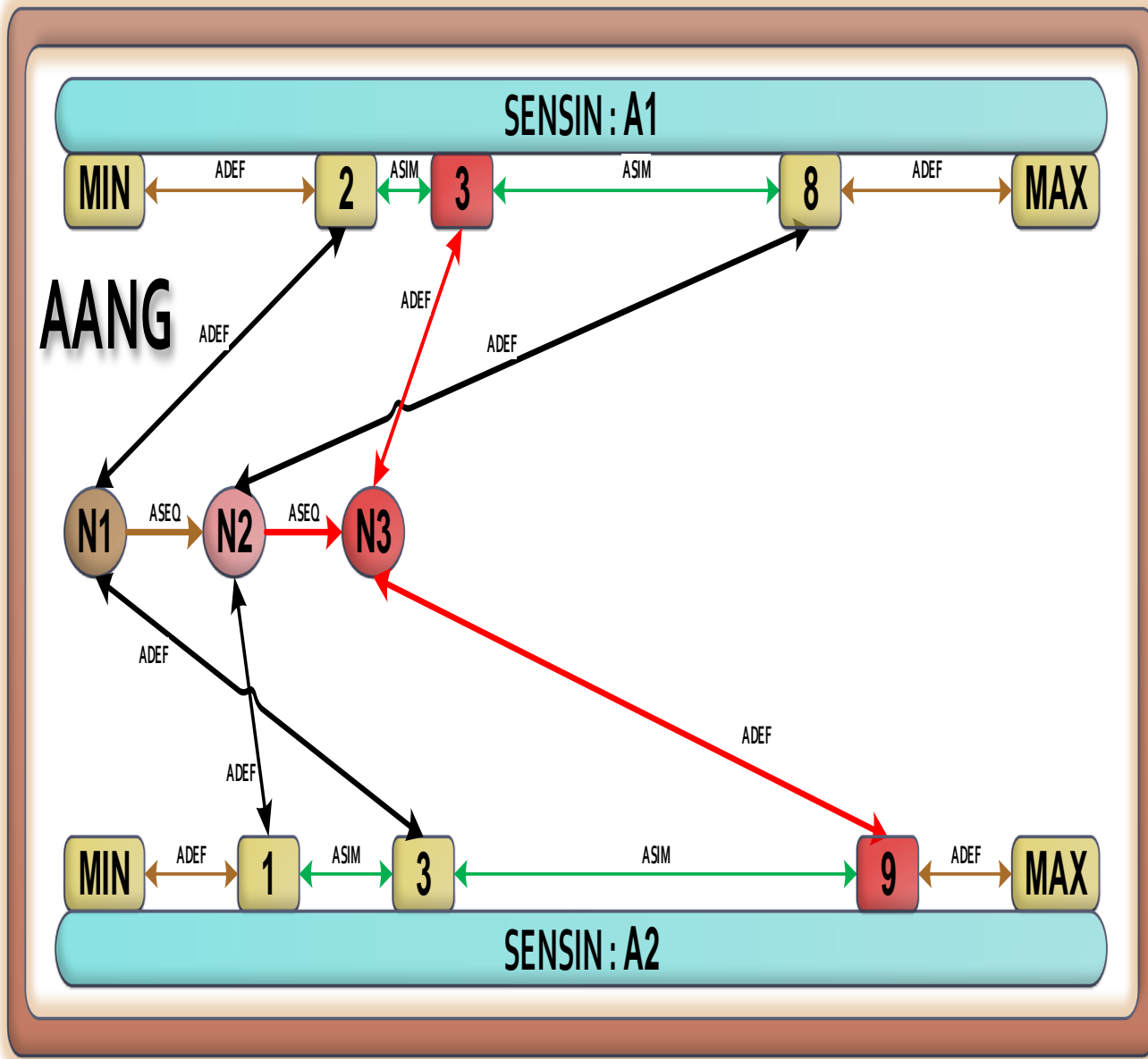
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(D)



R3 3 9



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



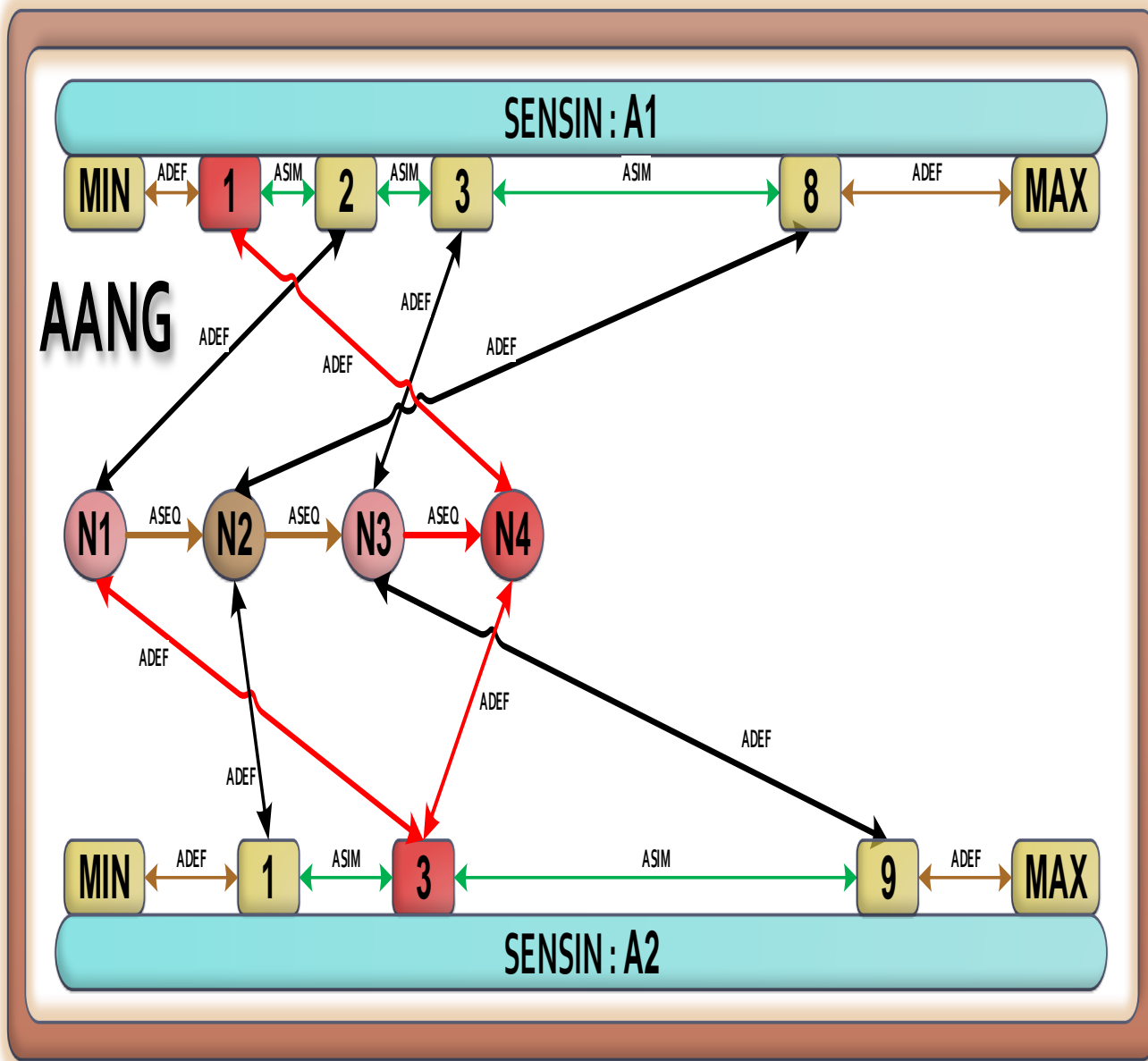
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(E)



R4 1 3



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



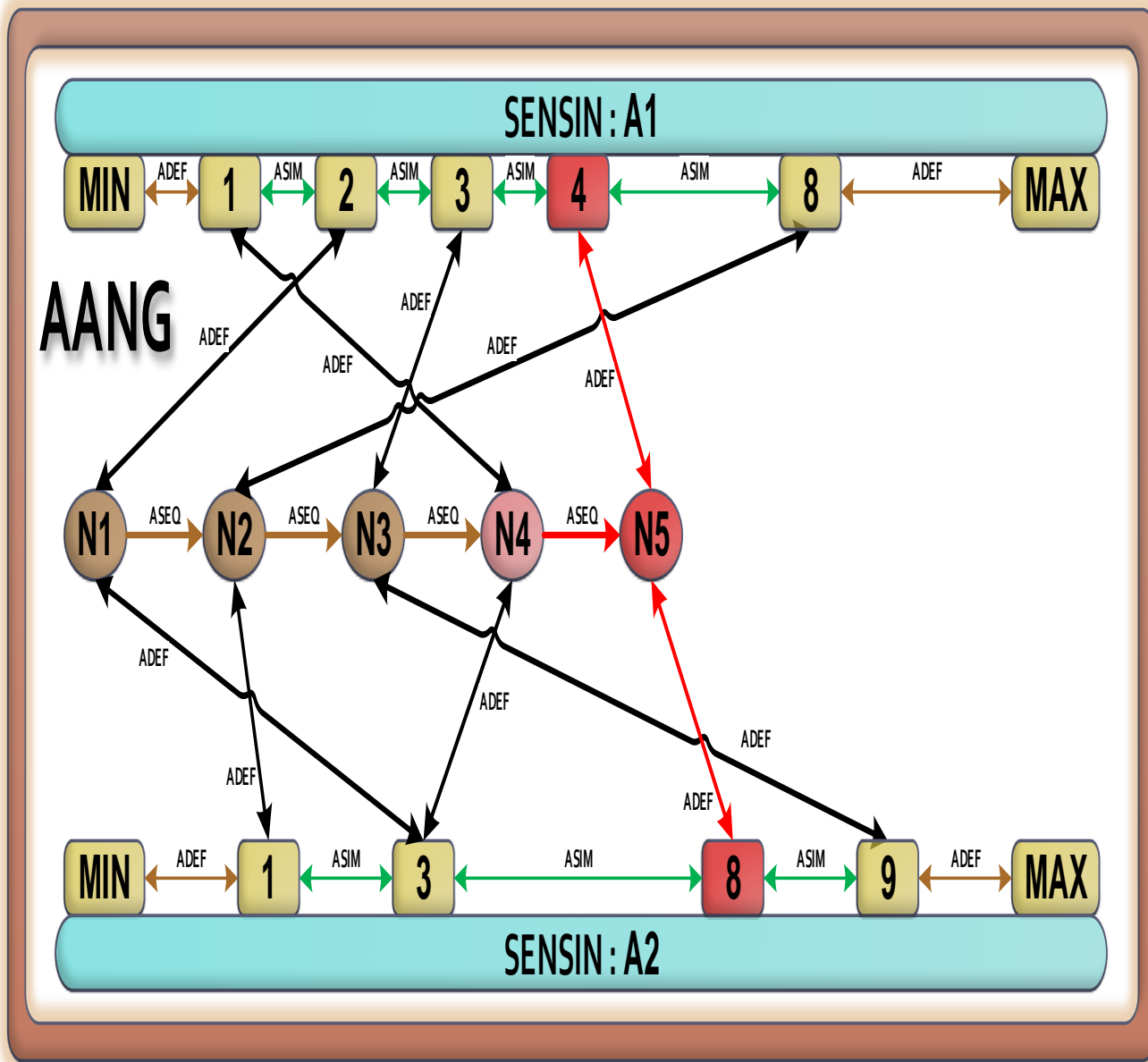
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(F)



R5 4 8



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



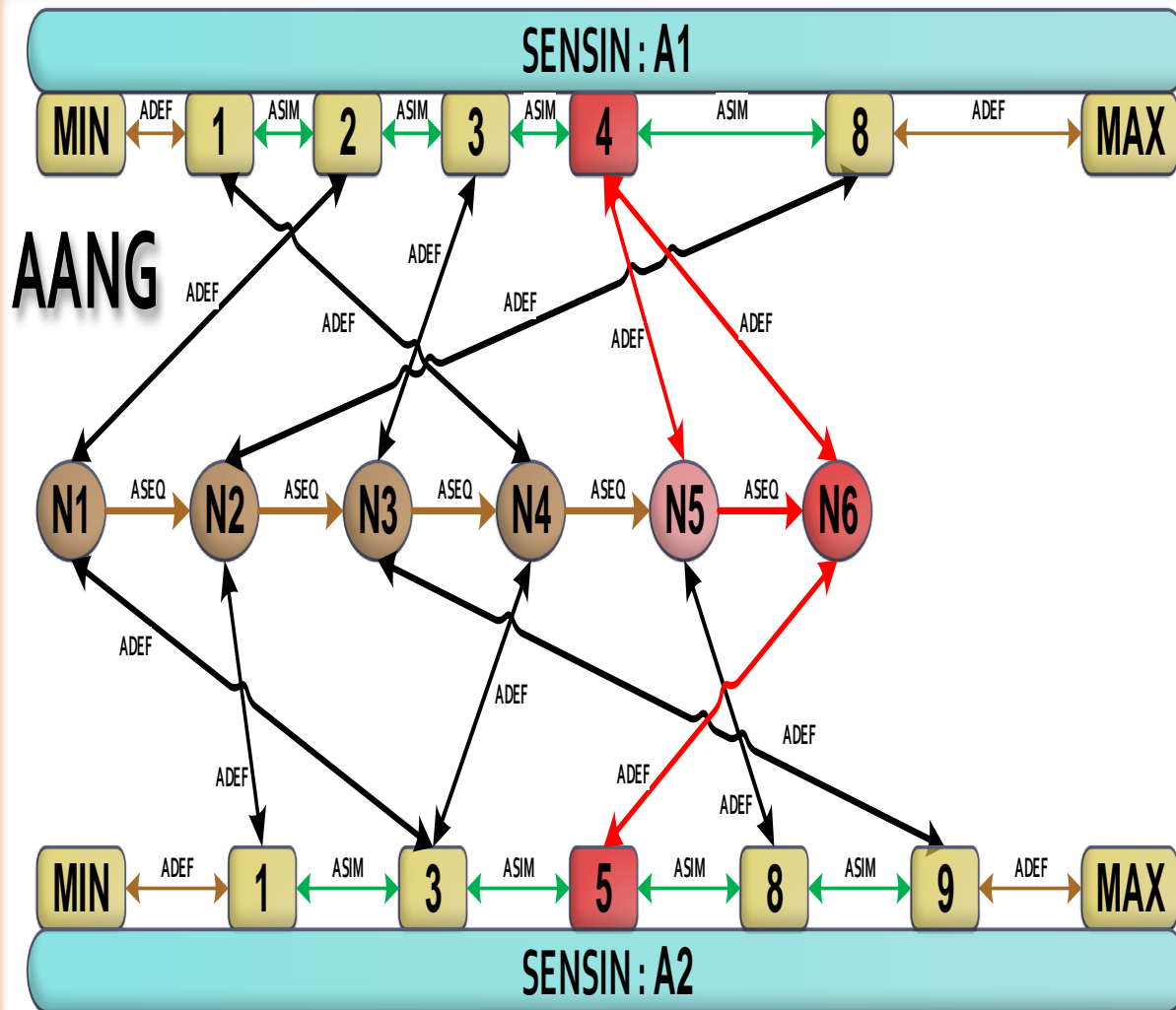
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(G)

ASSORT

R6	4	5
----	---	---





# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



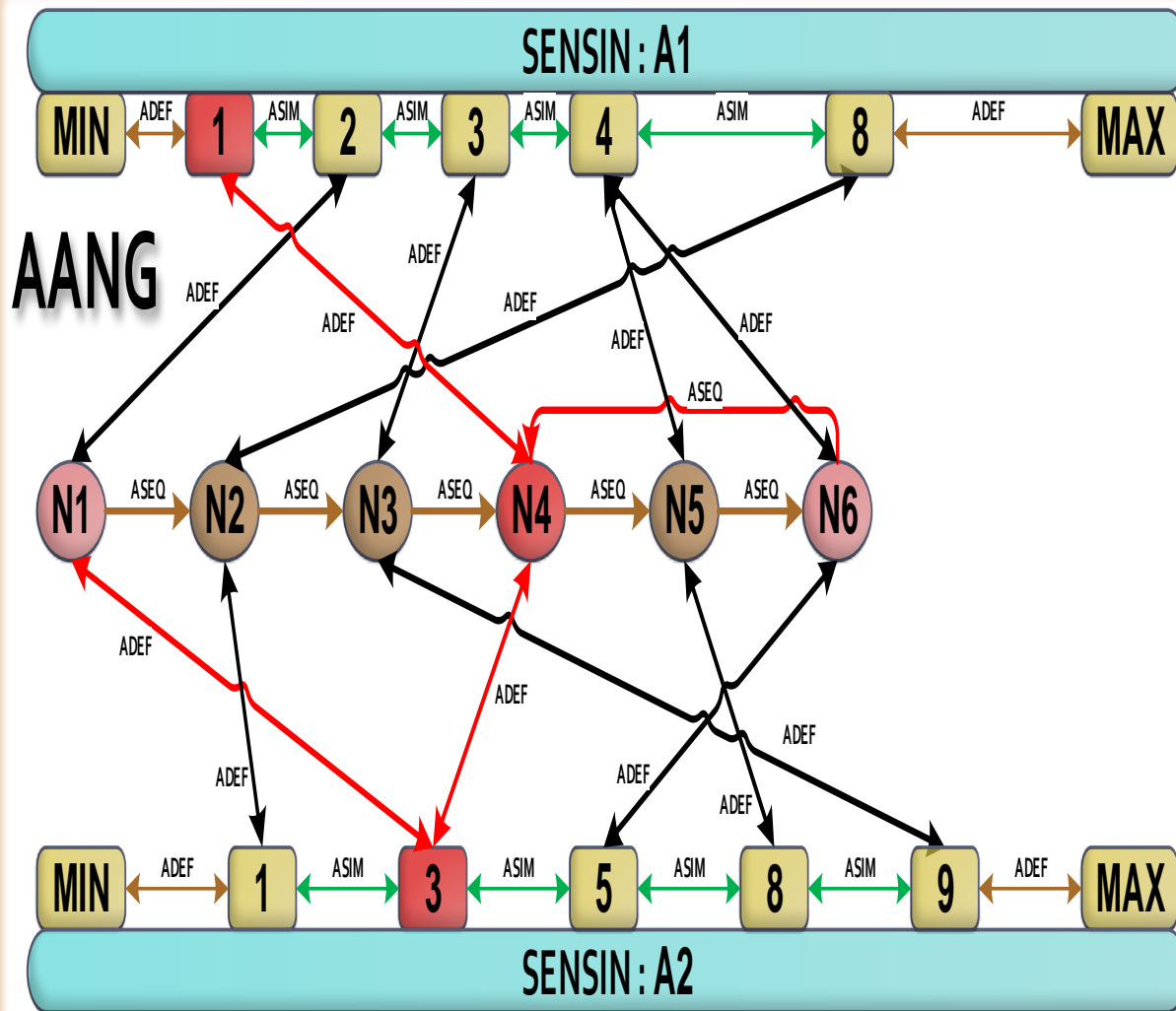
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(H)

ASSORT

R7	1	3
----	---	---



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



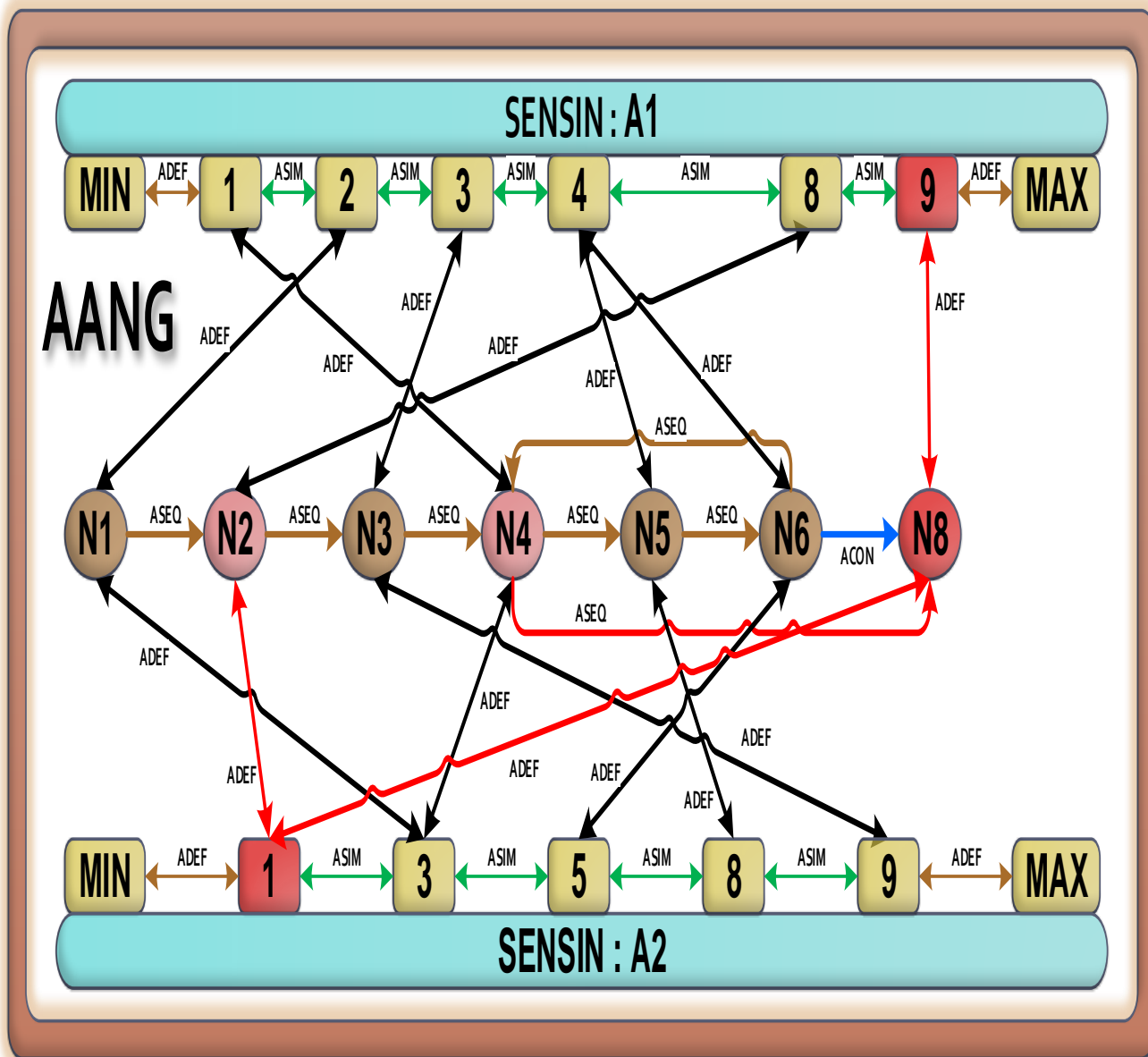
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(I)



R8	9	1
----	---	---



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



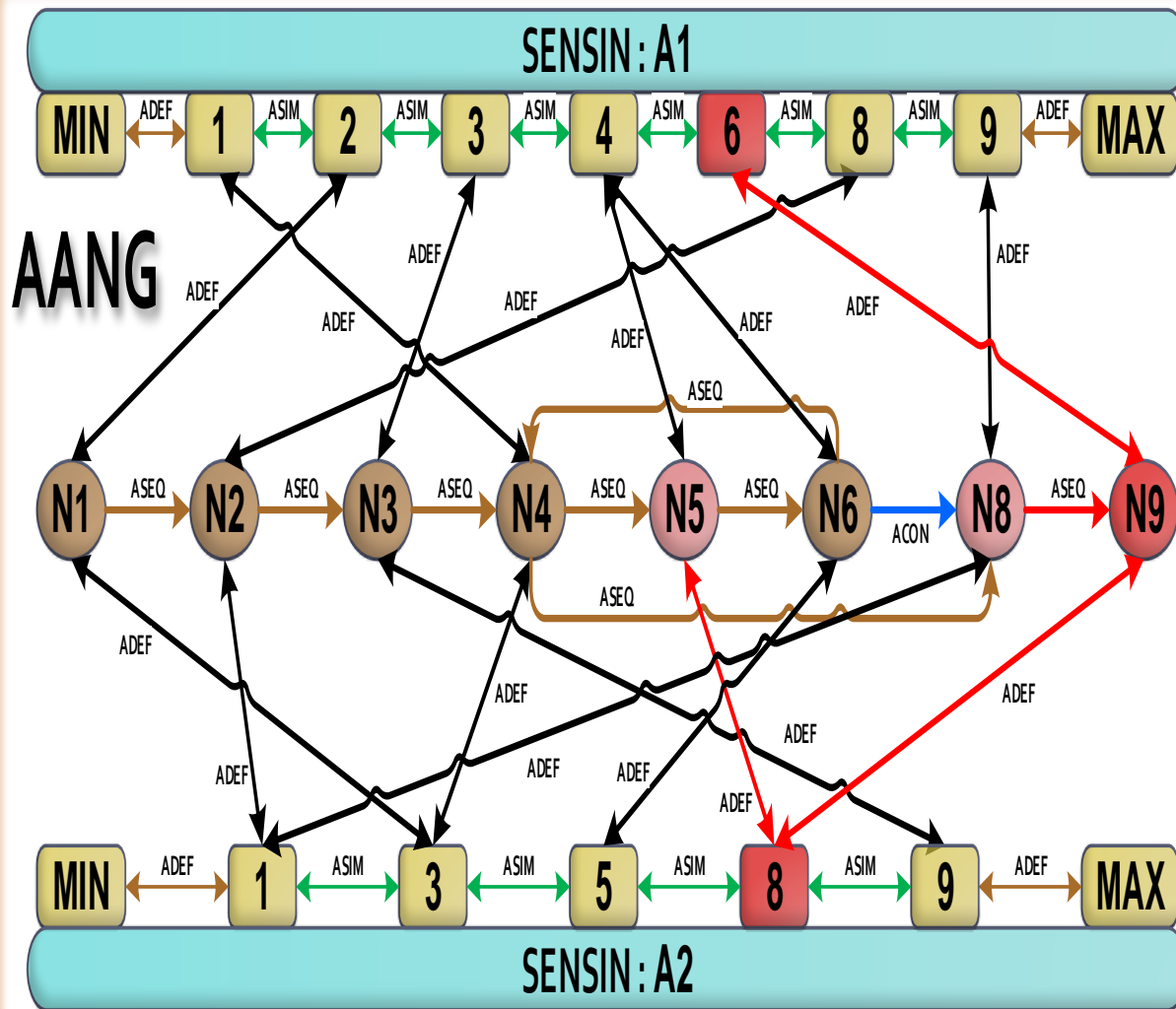
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

(J)

ASSORT

R9	6	8
----	---	---



# Transformacja tabeli na neuronową strukturę asocjacyjną



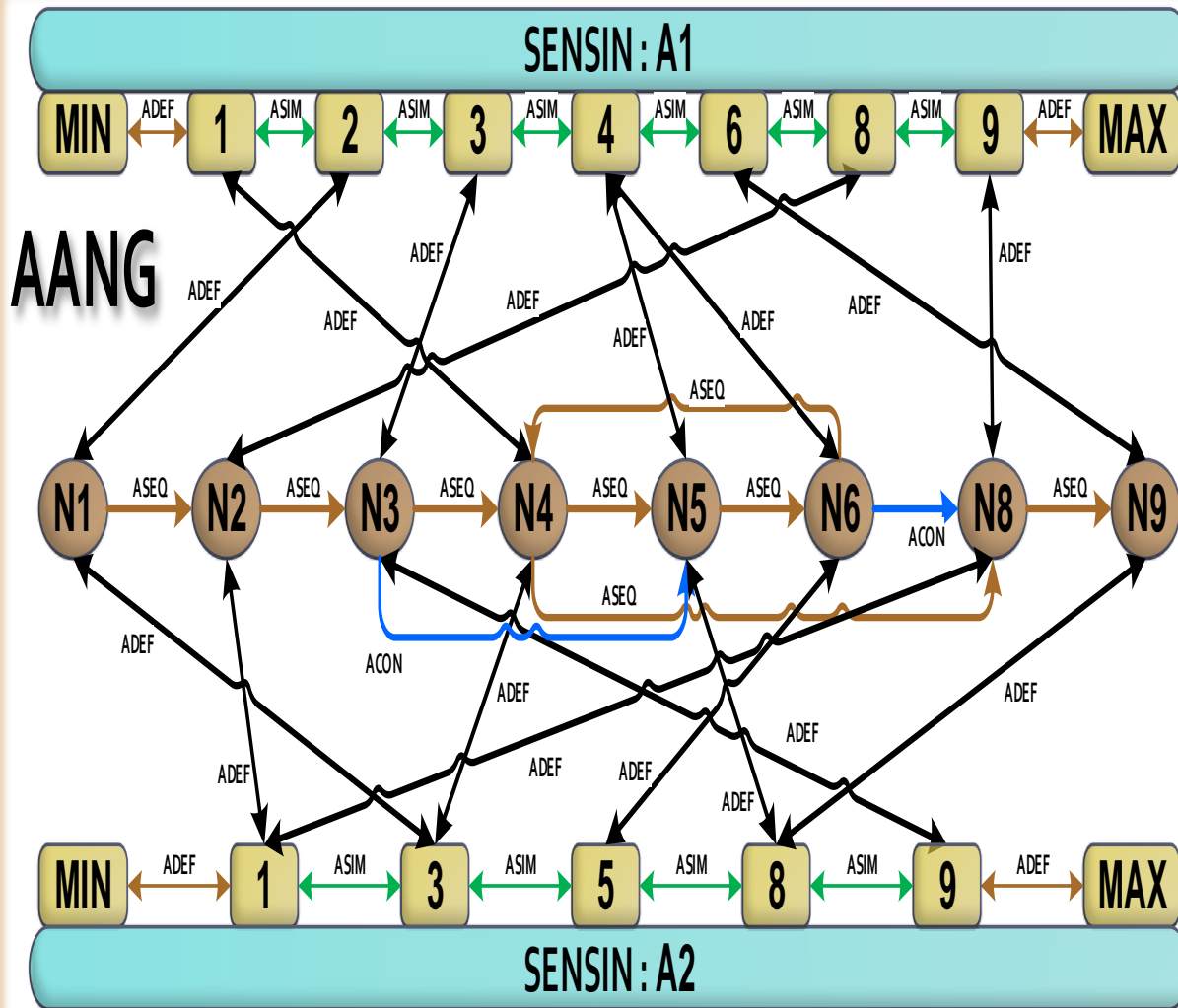
## TABELA

	A1	A2
R1	2	3
R2	8	1
R3	3	9
R4	1	3
R5	4	8
R6	4	5
R7	1	3
R8	9	1
R9	6	8

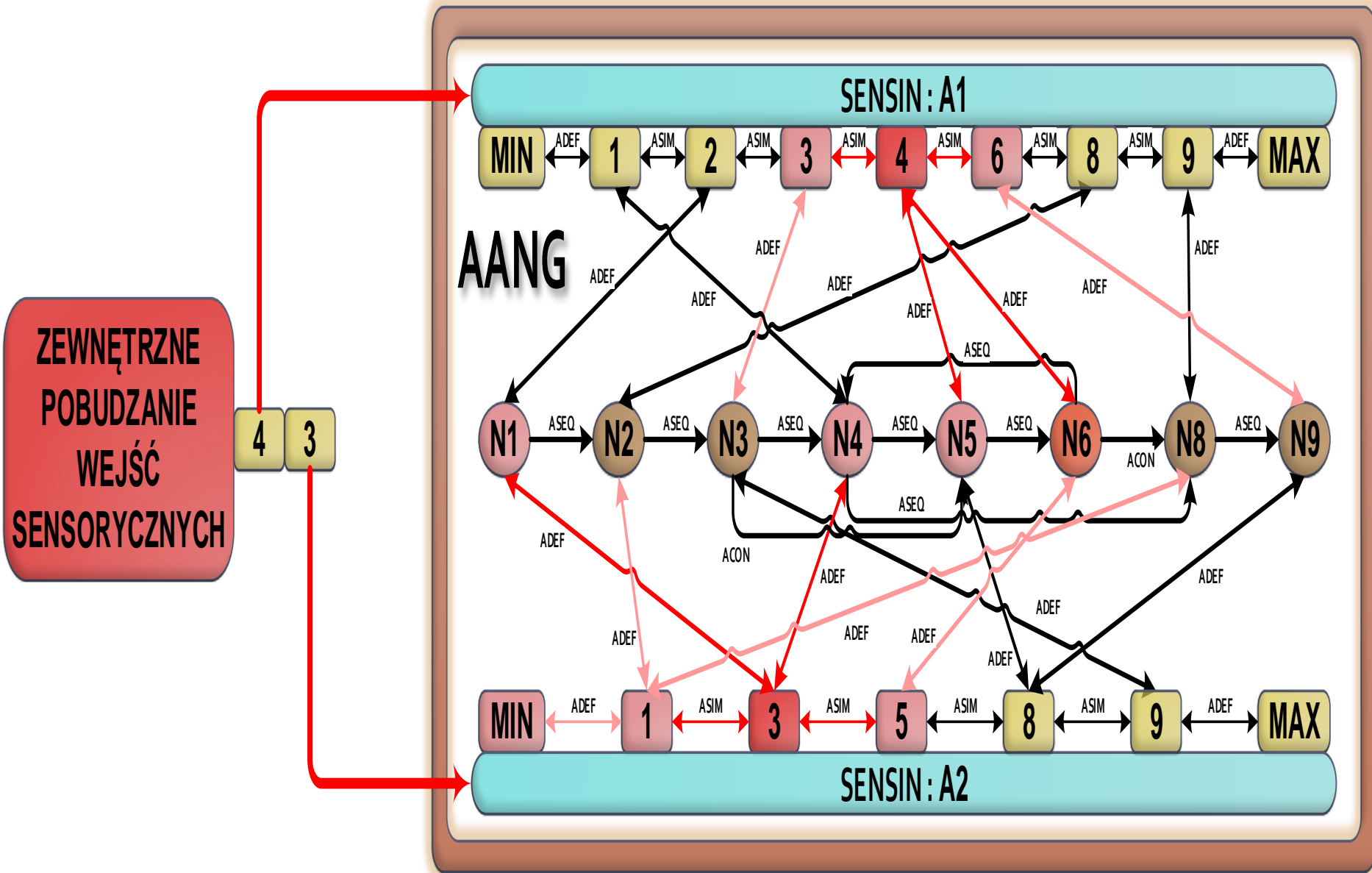
(K)



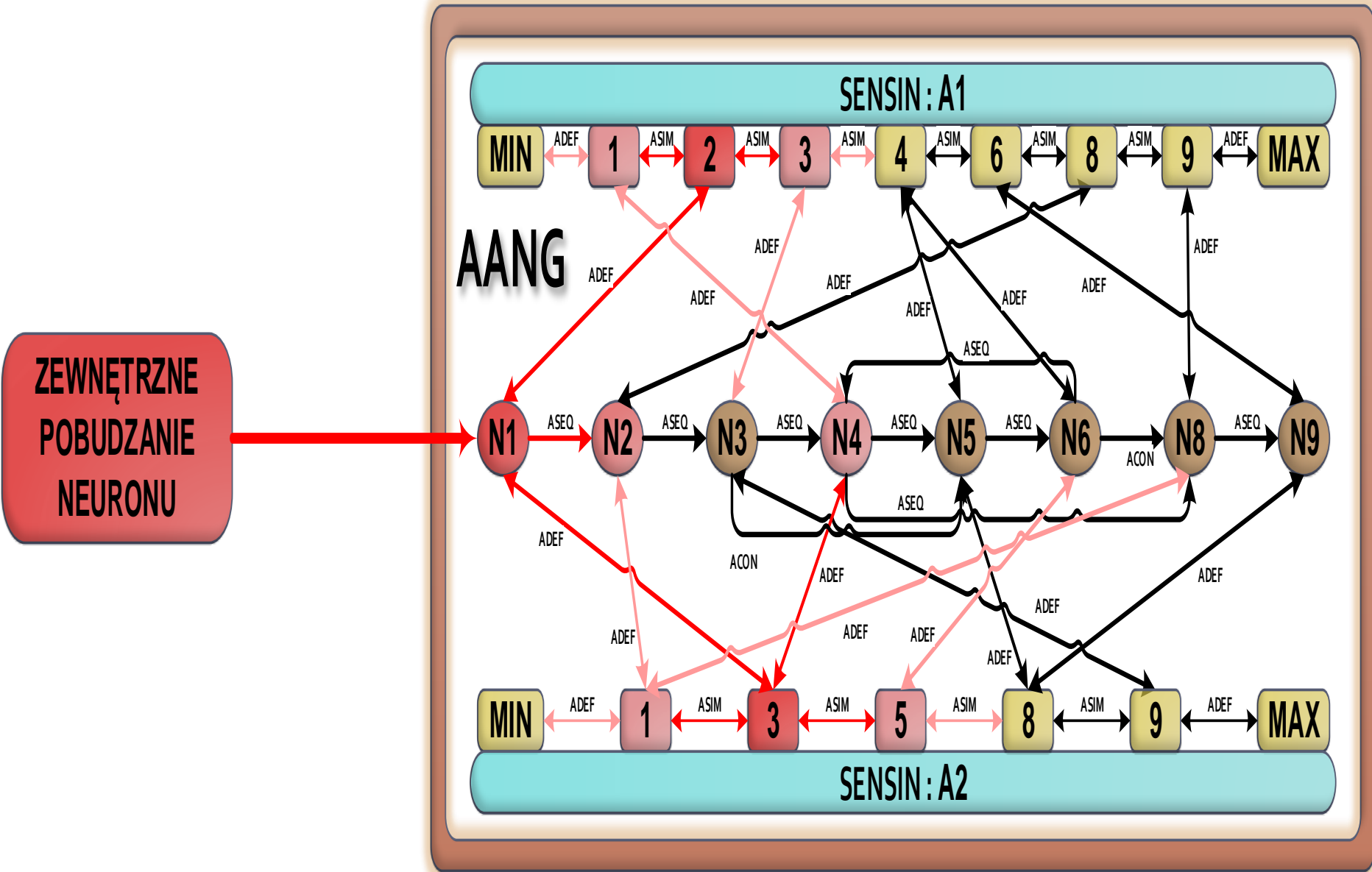
R1	2	3
...		
R9	6	8



# Pobudzenie receptorów za pośrednictwem pól sensorycznych



# Pobudzenie neuronu dla wyznaczenia podobieństw lub następnstwa

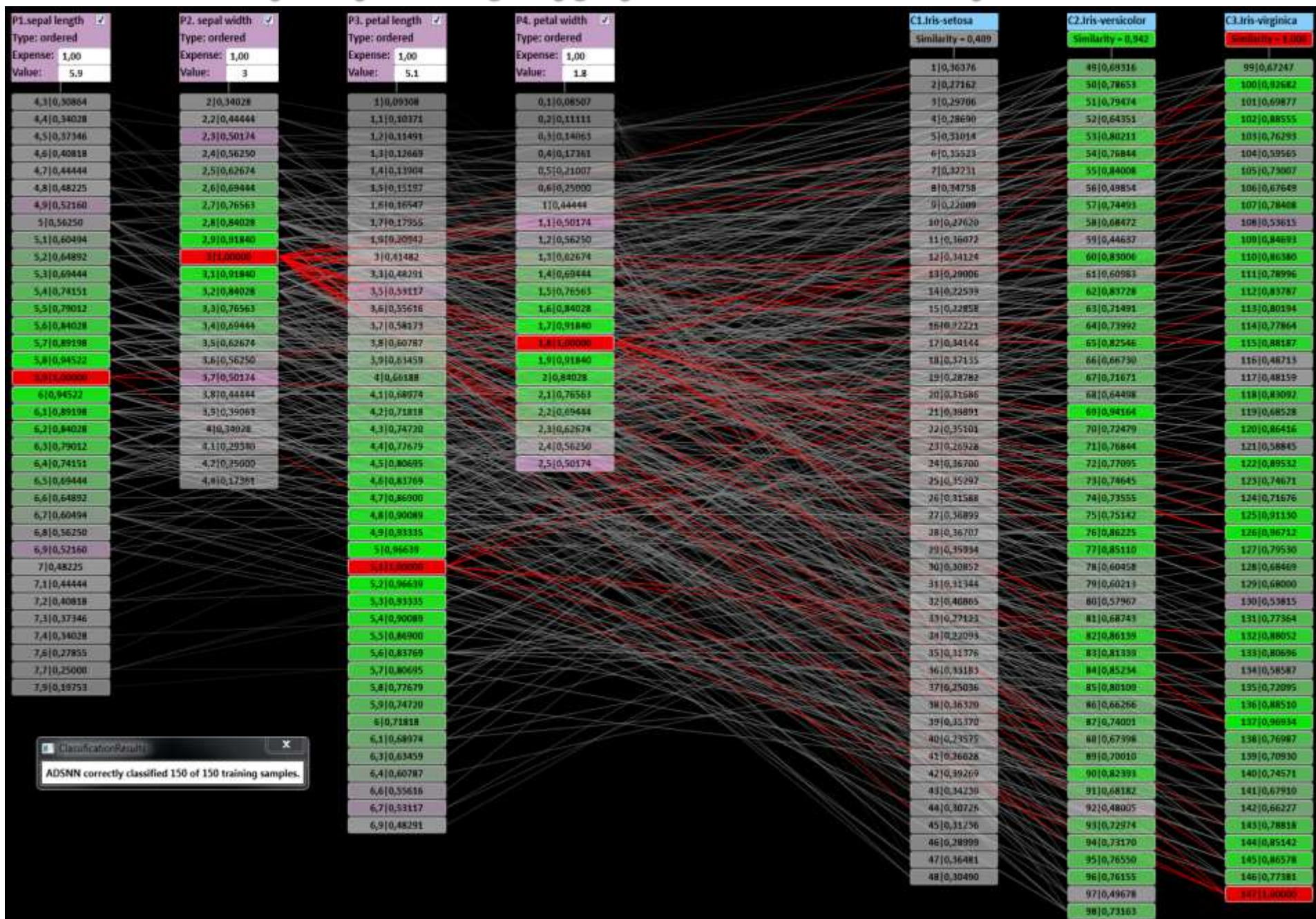


# Dla wybranego zbioru danych i zadania klasyfikacji

można poszukać podobieństw umożliwiających określenie ich dyskryminatywnych grup

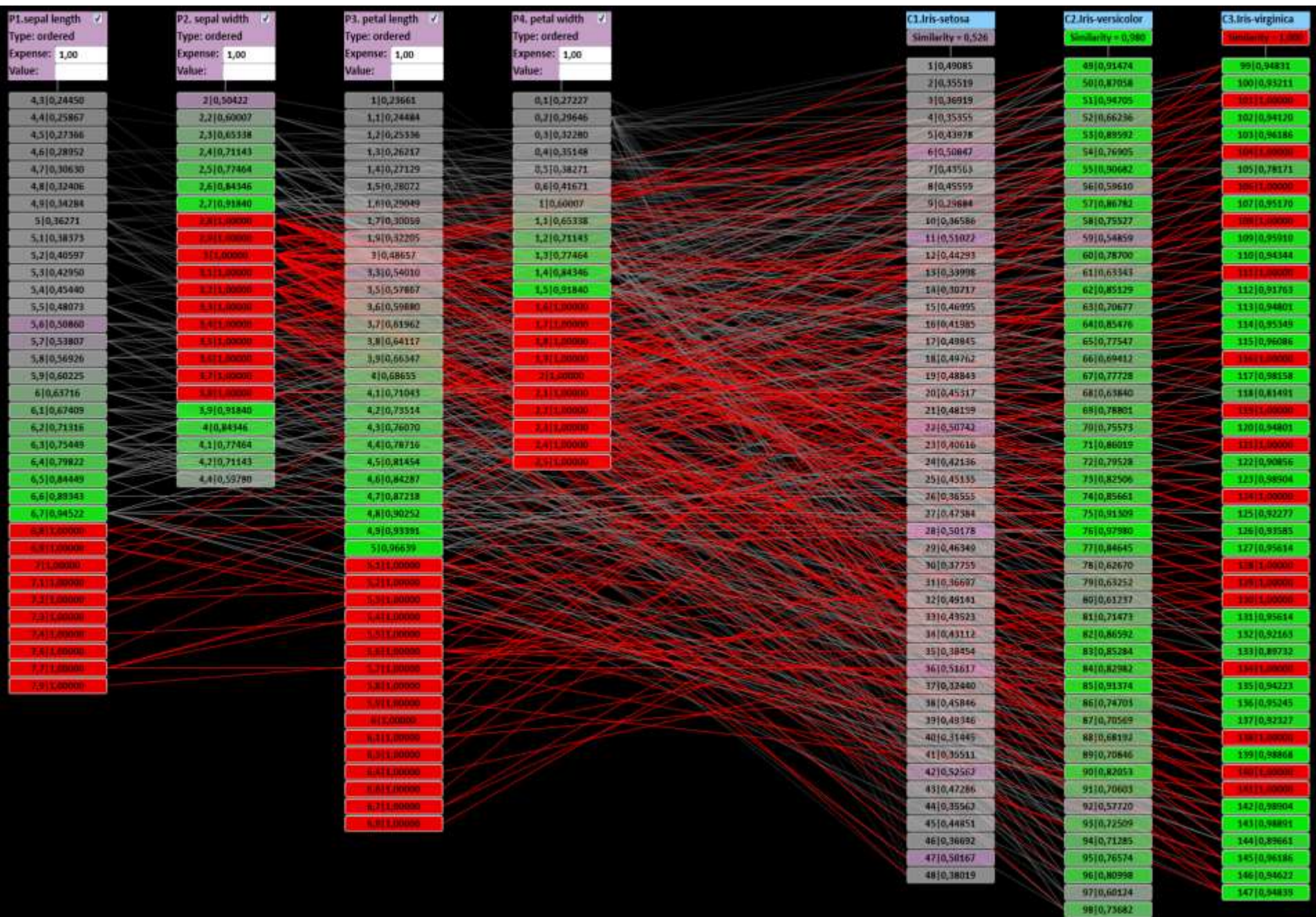
Lp.	klasa	długość liścia	szerokość liścia	długość płatka	szerokość płatka	Lp.	klasa	długość liścia	szerokość liścia	długość płatka	szerokość płatka	Lp.	klasa	długość liścia	szerokość liścia	długość płatka	szerokość płatka
1	Iris Setosa	5,1	3,5	1,4	0,2	51	Iris Versicolor	7,0	3,2	4,7	1,4	101	Iris Virginica	6,3	3,3	6,0	2,5
2	Iris Setosa	4,9	3,0	1,4	0,2	52	Iris Versicolor	6,4	3,2	4,5	1,5	102	Iris Virginica	5,8	2,7	5,1	1,9
3	Iris Setosa	4,7	3,2	1,3	0,2	53	Iris Versicolor	6,9	3,1	4,9	1,5	103	Iris Virginica	7,1	3,0	5,9	2,1
4	Iris Setosa	4,6	3,1	1,5	0,2	54	Iris Versicolor	5,5	2,3	4,0	1,3	104	Iris Virginica	6,3	2,9	5,6	1,8
5	Iris Setosa	5,0	3,6	1,4	0,2	55	Iris Versicolor	6,5	2,8	4,6	1,5	105	Iris Virginica	6,5	3,0	5,8	2,2
6	Iris Setosa	5,4	3,9	1,7	0,4	56	Iris Versicolor	5,7	2,8	4,5	1,3	106	Iris Virginica	7,6	3,0	6,6	2,1
7	Iris Setosa	4,6	3,4	1,4	0,3	57	Iris Versicolor	6,3	3,3	4,7	1,6	107	Iris Virginica	4,9	2,5	4,5	1,7
8	Iris Setosa	5,0	3,4	1,5	0,2	58	Iris Versicolor	4,9	2,4	3,3	1,0	108	Iris Virginica	7,3	2,9	6,3	1,8
9	Iris Setosa	4,4	2,9	1,4	0,2	59	Iris Versicolor	6,6	2,9	4,6	1,3	109	Iris Virginica	6,7	2,5	5,8	1,8
10	Iris Setosa	4,9	3,1	1,5	0,1	60	Iris Versicolor	5,2	2,7	3,9	1,4	110	Iris Virginica	7,2	3,6	6,1	2,5
11	Iris Setosa	5,4	3,7	1,5	0,2	61	Iris Versicolor	5,0	2,0	3,5	1,0	111	Iris Virginica	6,5	3,2	5,1	2,0
12	Iris Setosa	4,8	3,4	1,6	0,2	62	Iris Versicolor	5,9	3,0	4,2	1,5	112	Iris Virginica	6,4	2,7	5,3	1,9
13	Iris Setosa	4,8	3,0	1,4	0,1	63	Iris Versicolor	6,0	2,2	4,0	1,0	113	Iris Virginica	6,8	3,0	5,5	2,1
14	Iris Setosa	4,3	3,0	1,1	0,1	64	Iris Versicolor	6,1	2,9	4,7	1,4	114	Iris Virginica	5,7	2,5	5,0	2,0
15	Iris Setosa	5,8	4,0	1,2	0,2	65	Iris Versicolor	5,6	2,9	3,6	1,3	115	Iris Virginica	5,8	2,8	5,1	2,4
16	Iris Setosa	5,7	4,4	1,5	0,4	66	Iris Versicolor	6,7	3,1	4,4	1,4	116	Iris Virginica	6,4	3,2	5,3	2,3
17	Iris Setosa	5,4	3,9	1,3	0,4	67	Iris Versicolor	5,6	3,0	4,5	1,5	117	Iris Virginica	6,5	3,0	5,5	1,8
18	Iris Setosa	5,1	3,5	1,4	0,3	68	Iris Versicolor	5,8	2,7	4,1	1,0	118	Iris Virginica	7,7	3,8	6,7	2,2
19	Iris Setosa	5,7	3,8	1,7	0,3	69	Iris Versicolor	6,2	2,2	4,5	1,5	119	Iris Virginica	7,7	2,6	6,9	2,3
20	Iris Setosa	5,1	3,8	1,5	0,3	70	Iris Versicolor	5,6	2,5	3,9	1,1	120	Iris Virginica	6,0	2,2	5,0	1,5
21	Iris Setosa	5,4	3,4	1,7	0,2	71	Iris Versicolor	5,9	3,2	4,8	1,8	121	Iris Virginica	6,9	3,2	5,7	2,3
22	Iris Setosa	5,1	3,7	1,5	0,4	72	Iris Versicolor	6,1	2,8	4,0	1,3	122	Iris Virginica	5,6	2,8	4,9	2,0
23	Iris Setosa	4,6	3,6	1,0	0,2	73	Iris Versicolor	6,3	2,5	4,9	1,5	123	Iris Virginica	7,7	2,8	6,7	2,0
24	Iris Setosa	5,1	3,3	1,7	0,5	74	Iris Versicolor	6,1	2,8	4,7	1,2	124	Iris Virginica	6,3	2,7	4,9	1,8
25	Iris Setosa	4,8	3,4	1,9	0,2	75	Iris Versicolor	6,4	2,9	4,3	1,3	125	Iris Virginica	6,7	3,3	5,7	2,1
26	Iris Setosa	5,0	3,0	1,6	0,2	76	Iris Versicolor	6,6	3,0	4,4	1,4	126	Iris Virginica	7,2	3,2	6,0	1,8
27	Iris Setosa	5,0	3,4	1,6	0,4	77	Iris Versicolor	6,8	2,8	4,8	1,4	127	Iris Virginica	6,2	2,8	4,8	1,8
28	Iris Setosa	5,2	3,5	1,5	0,2	78	Iris Versicolor	6,7	3,0	5,0	1,7	128	Iris Virginica	6,1	3,0	4,9	1,8
29	Iris Setosa	5,2	3,4	1,4	0,2	79	Iris Versicolor	6,0	2,9	4,5	1,5	129	Iris Virginica	6,4	2,8	5,6	2,1
30	Iris Setosa	4,7	3,2	1,6	0,2	80	Iris Versicolor	5,7	2,6	3,5	1,0	130	Iris Virginica	7,2	3,0	5,8	1,6
31	Iris Setosa	4,8	3,1	1,6	0,2	81	Iris Versicolor	5,5	2,4	3,8	1,1	131	Iris Virginica	7,4	2,8	6,1	1,9
32	Iris Setosa	5,4	3,4	1,5	0,4	82	Iris Versicolor	5,5	2,4	3,7	1,0	132	Iris Virginica	7,9	3,8	6,4	2,0
33	Iris Setosa	5,2	4,1	1,5	0,1	83	Iris Versicolor	5,8	2,7	3,9	1,2	133	Iris Virginica	6,4	2,8	5,6	2,2
34	Iris Setosa	5,5	4,2	1,4	0,2	84	Iris Versicolor	6,0	2,7	5,1	1,6	134	Iris Virginica	6,3	2,8	5,1	1,5
35	Iris Setosa	4,9	3,1	1,5	0,1	85	Iris Versicolor	5,4	3,0	4,5	1,5	135	Iris Virginica	6,1	2,6	5,6	1,4
36	Iris Setosa	5,0	3,2	1,2	0,2	86	Iris Versicolor	6,0	3,4	4,5	1,6	136	Iris Virginica	7,7	3,0	6,1	2,3
37	Iris Setosa	5,5	3,5	1,3	0,2	87	Iris Versicolor	6,7	3,1	4,7	1,5	137	Iris Virginica	6,3	3,4	5,6	2,4
38	Iris Setosa	4,9	3,1	1,5	0,1	88	Iris Versicolor	6,3	2,3	4,4	1,3	138	Iris Virginica	6,4	3,1	5,5	1,8
39	Iris Setosa	4,4	3,0	1,3	0,2	89	Iris Versicolor	5,6	3,0	4,1	1,3	139	Iris Virginica	6,0	3,0	4,8	1,8
40	Iris Setosa	5,1	3,4	1,5	0,2	90	Iris Versicolor	5,5	2,5	4,0	1,3	140	Iris Virginica	6,9	3,1	5,4	2,1
41	Iris Setosa	5,0	3,5	1,3	0,3	91	Iris Versicolor	5,5	2,6	4,4	1,2	141	Iris Virginica	6,7	3,1	5,6	2,4
42	Iris Setosa	4,5	2,3	1,3	0,3	92	Iris Versicolor	6,1	3,0	4,6	1,4	142	Iris Virginica	6,9	3,1	5,1	2,3
43	Iris Setosa	4,4	3,2	1,3	0,2	93	Iris Versicolor	5,8	2,6	4,0	1,2	143	Iris Virginica	5,8	2,7	5,1	1,9
44	Iris Setosa	5,0	3,5	1,6	0,6	94	Iris Versicolor	5,0	2,3	3,3	1,0	144	Iris Virginica	6,8	3,2	5,9	2,3
45	Iris Setosa	5,1	3,8	1,9	0,4	95	Iris Versicolor	5,6	2,7	4,2	1,3	145	Iris Virginica	6,7	3,3	5,7	2,5
46	Iris Setosa	4,8	3,0	1,4	0,3	96	Iris Versicolor	5,7	3,0	4,2	1,2	146	Iris Virginica	6,7	3,0	5,2	2,3
47	Iris Setosa	5,1	3,8	1,6	0,2	97	Iris Versicolor	5,7	2,9	4,2	1,3	147	Iris Virginica	6,3	2,5	5,0	1,9
48	Iris Setosa	4,6	3,2	1,4	0,2	98	Iris Versicolor	6,2	2,9	4,3	1,3	148	Iris Virginica	6,5	3,0	5,2	2,0
49	Iris Setosa	5,3	3,7	1,5	0,2	99	Iris Versicolor	5,1	2,5	3,0	1,1	149	Iris Virginica	6,2	3,4	5,4	2,3
50	Iris Setosa	5,0	3,3	1,4	0,2	100	Iris Versicolor	5,7	2,8	4,1	1,3	150	Iris Virginica	5,9	3,0	5,1	1,8

# AANG - Aktywny Asocjacyjny Graf Neuronowy dla zbioru Iris





# Kombinacja przedziałów wartości umożliwia budowę klasyfikatora ASONN

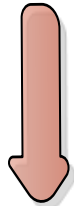


# **ASOCJACYJNE GRAFY WIEDZY**

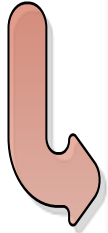
- ✓ Są rodzajem emergentnych architektur kognitywnych wykorzystujących as-neurony.
- ✓ Agregują sekwencje uczące (serie/ciągi/szeregi).
- ✓ Częstość powtórzeń wpływa na formowanie wiedzy.
- ✓ Umożliwiają odtwarzanie nauczonych sekwencji/serii/ciągów/szeregów.
- ✓ Mogą uogólniać sekwencje i być kreatywne.
- ✓ Kontekst wywołania decyduje o kreatywności.

# KONSTRUKCJA ASOCJACYJNYCH GRAFÓW WIEDZY

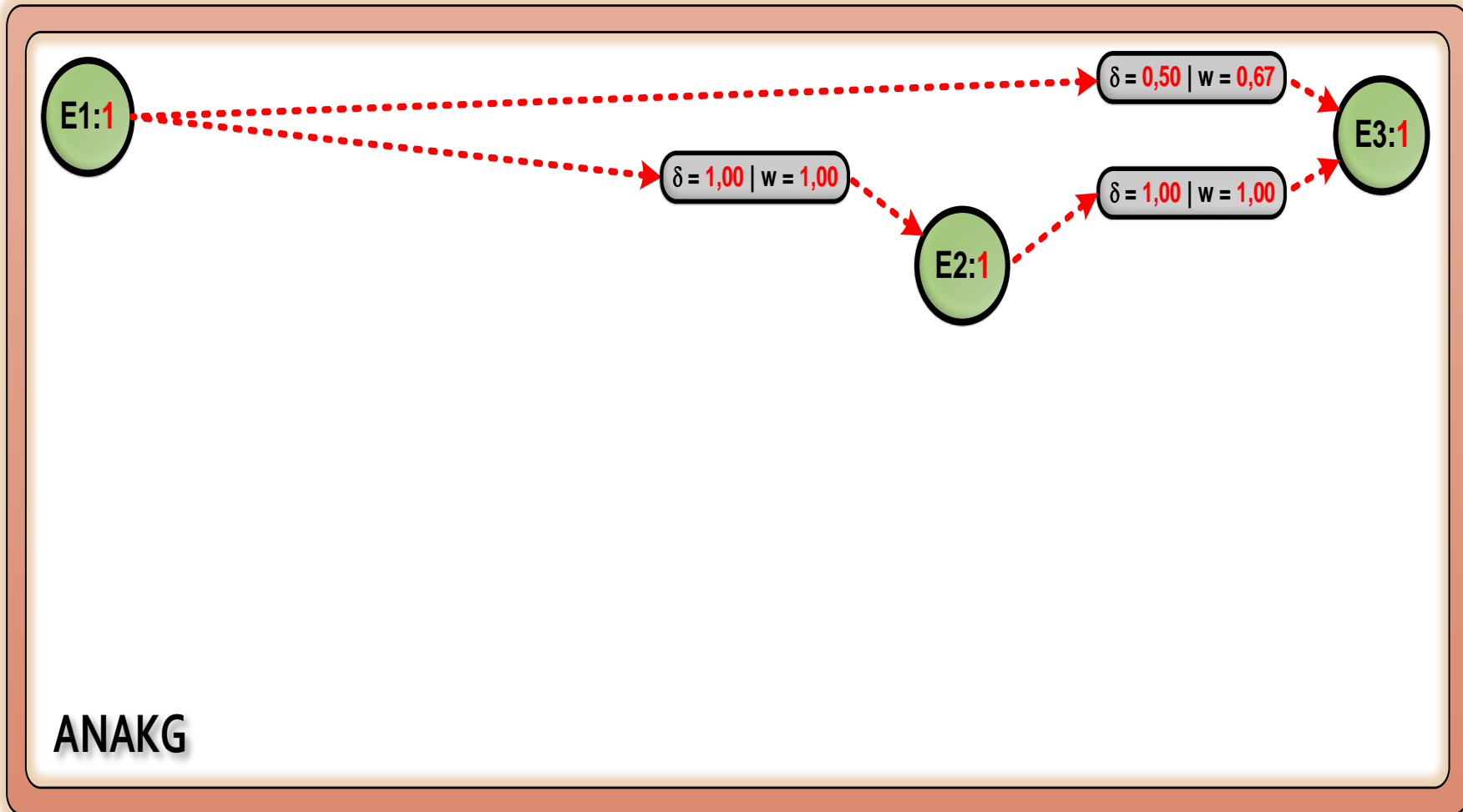
SEKWENCJE UCZĄCE  $S_1$ - $S_5$  i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących



S1

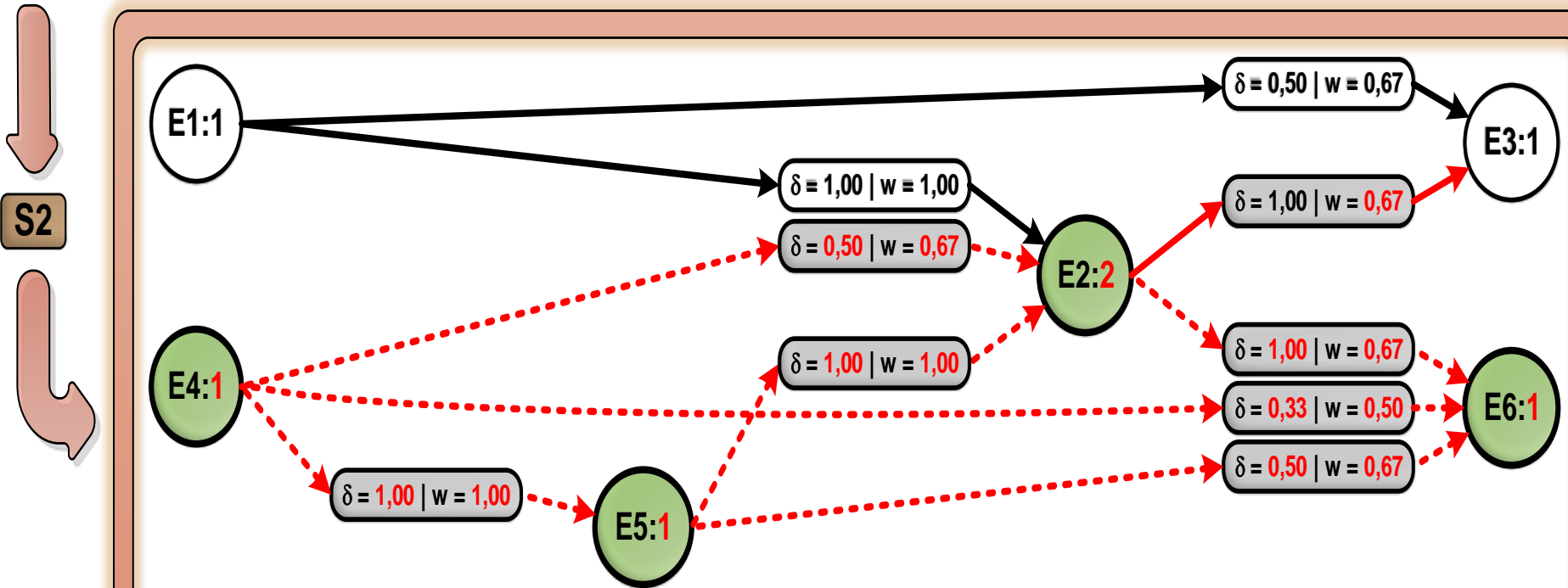


(A)



# KONSTRUKCJA ASOCJACYJNYCH GRAFÓW WIEDZY

SEKWENCJE UCZĄCE S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub> i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących



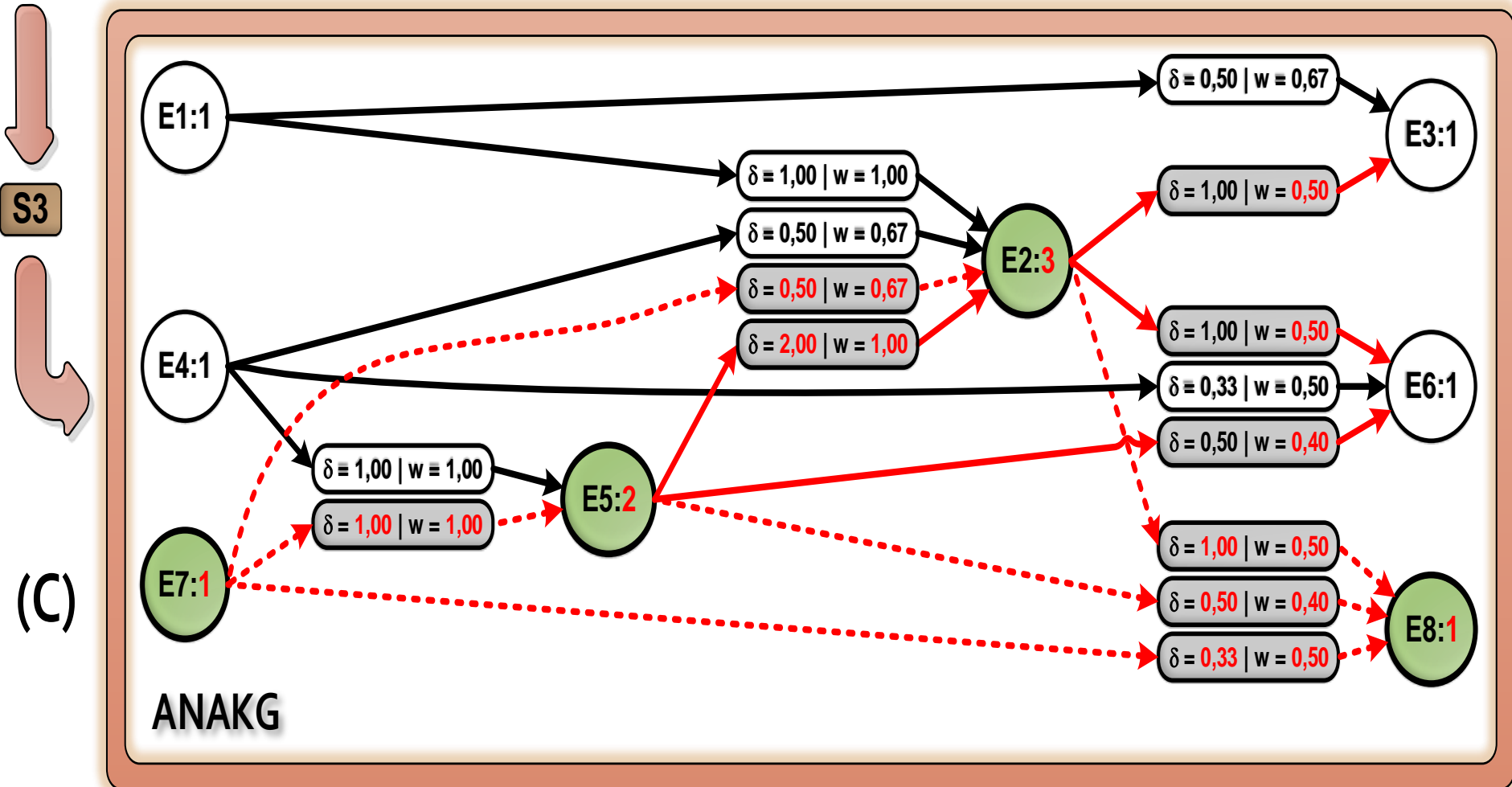
ANAKG

(B)

# KONSTRUKCJA ASOCJACYJNYCH GRAFÓW WIEDZY

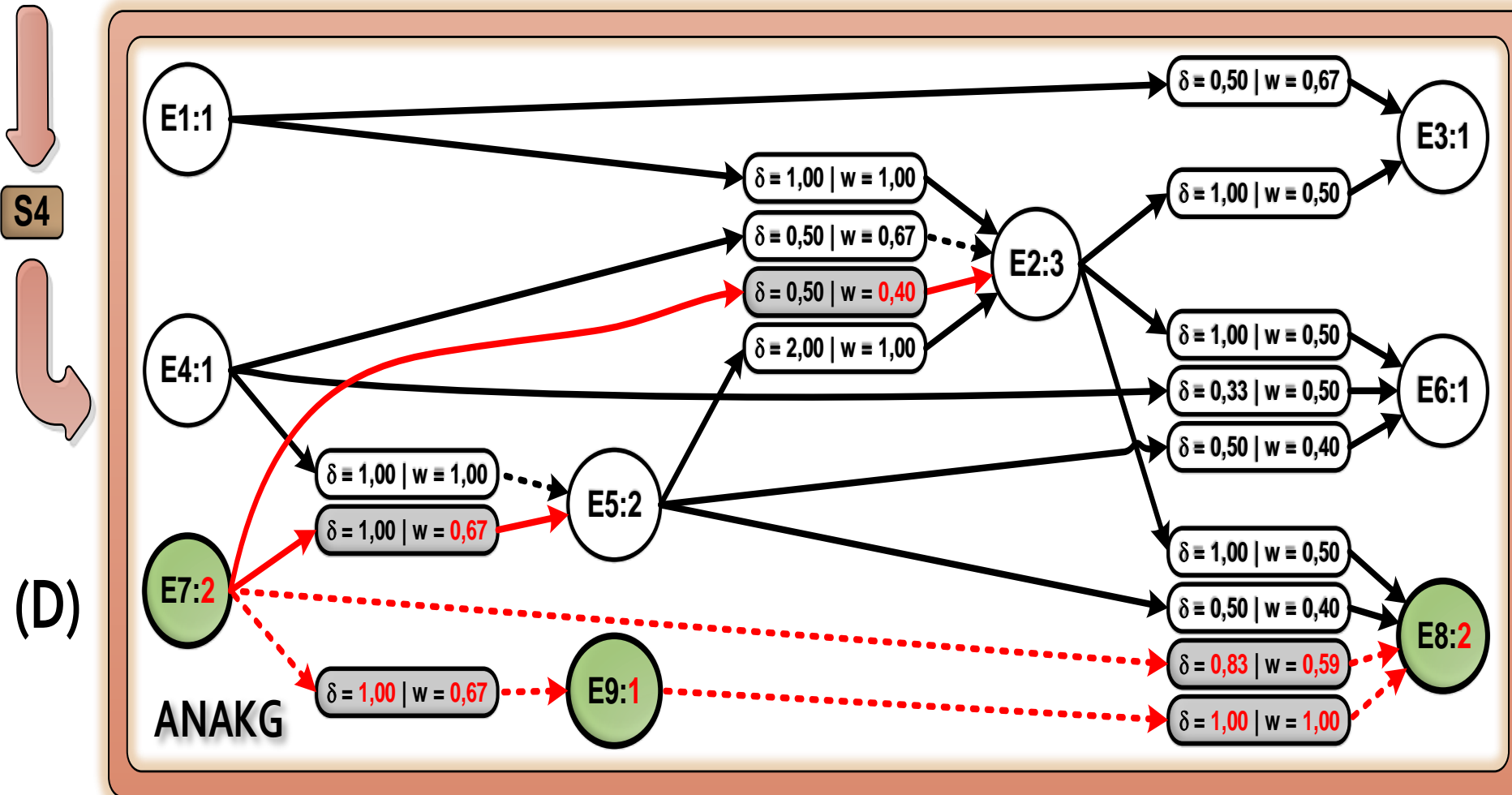
SEKWENCJE UCZĄCE S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub> i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących

1x	1x	1x	1x	1x
S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>
E1 E2 E3	E4 E5 E2 E6	E7 E5 E2 E8	E7 E9 E8	E4 E2 E3



# KONSTRUKCJA ASOCJACYJNYCH GRAFÓW WIEDZY

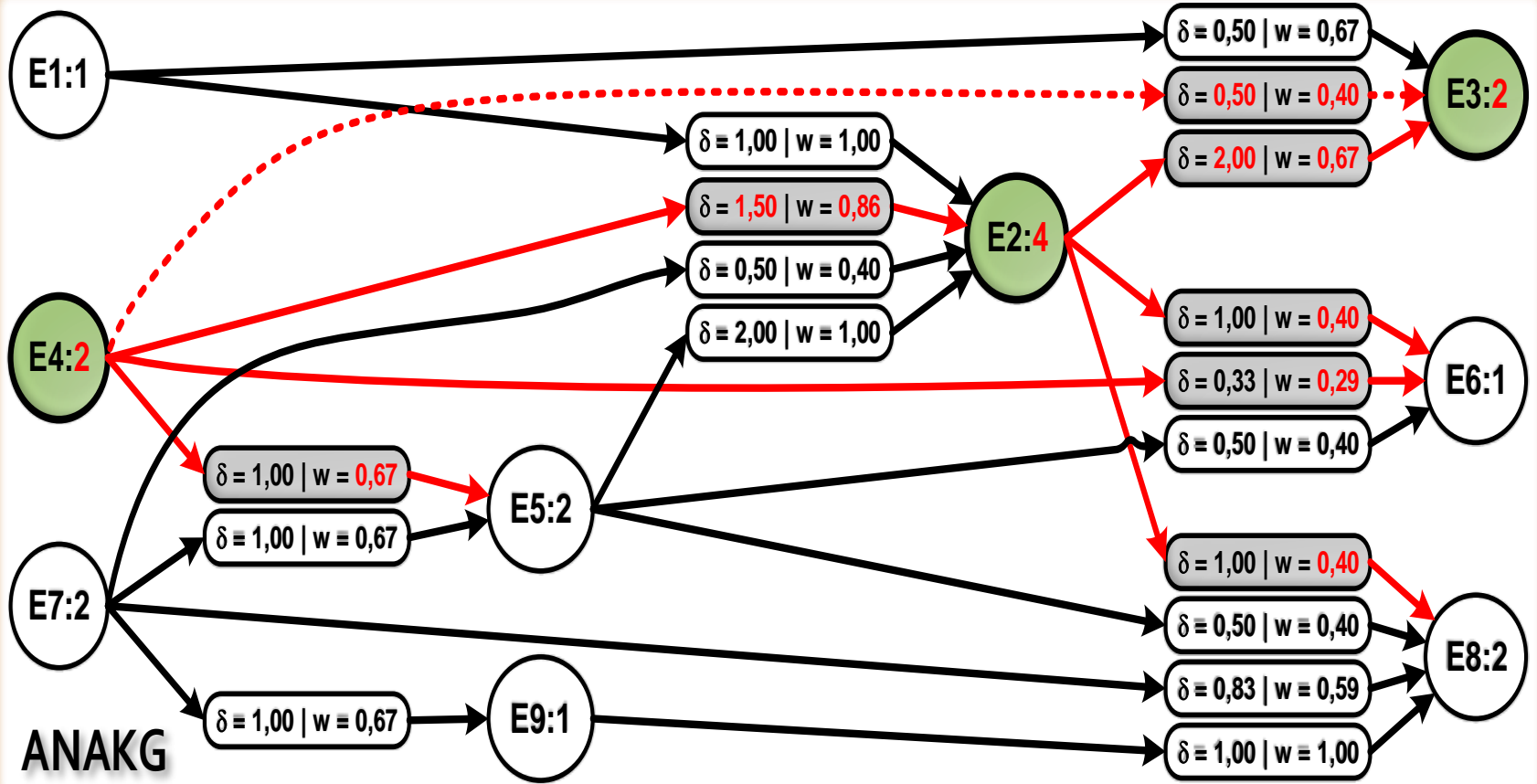
SEKWENCJE UCZĄCE S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub> i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących



# KONSTRUKCJA ASOCJACYJNYCH GRAFÓW WIEDZY

SEKWENCJE UCZĄCE S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub> i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących

1x	1x	1x	1x	1x
S1	S2	S3	S4	S5
E1 E2 E3	E4 E5 E2 E6	E7 E5 E2 E8	E7 E9 E8	E4 E2 E3



(E)

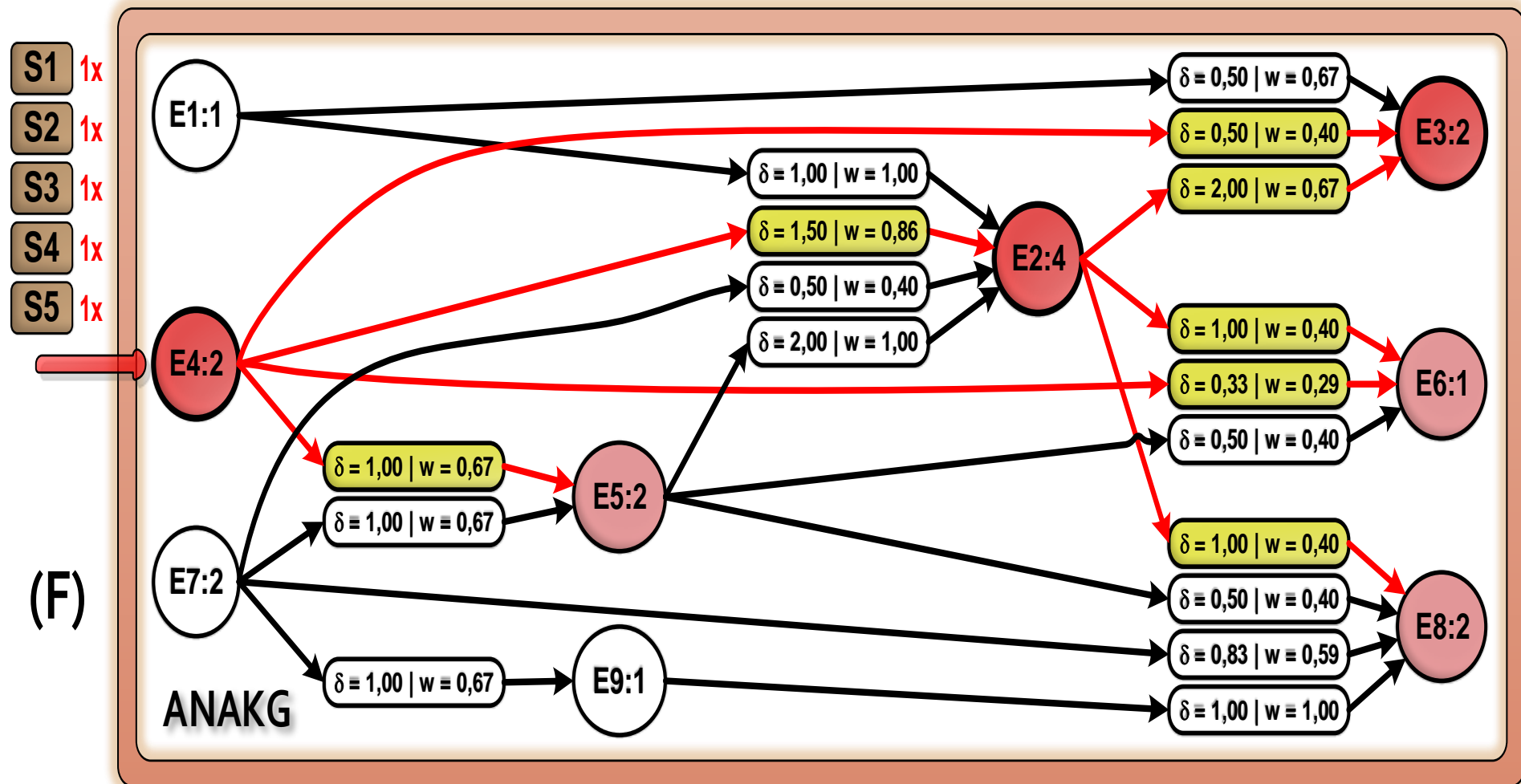
S5

ANAKG

# WYWOŁANIE CIĄGU SKOJARZEŃ W ANAKG

SEKWENCJE UCZĄCE S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub> i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących

1x	1x	1x	1x	1x
S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>
E1 E2 E3	E4 E5 E2 E6	E7 E5 E2 E8	E7 E9 E8	E4 E2 E3



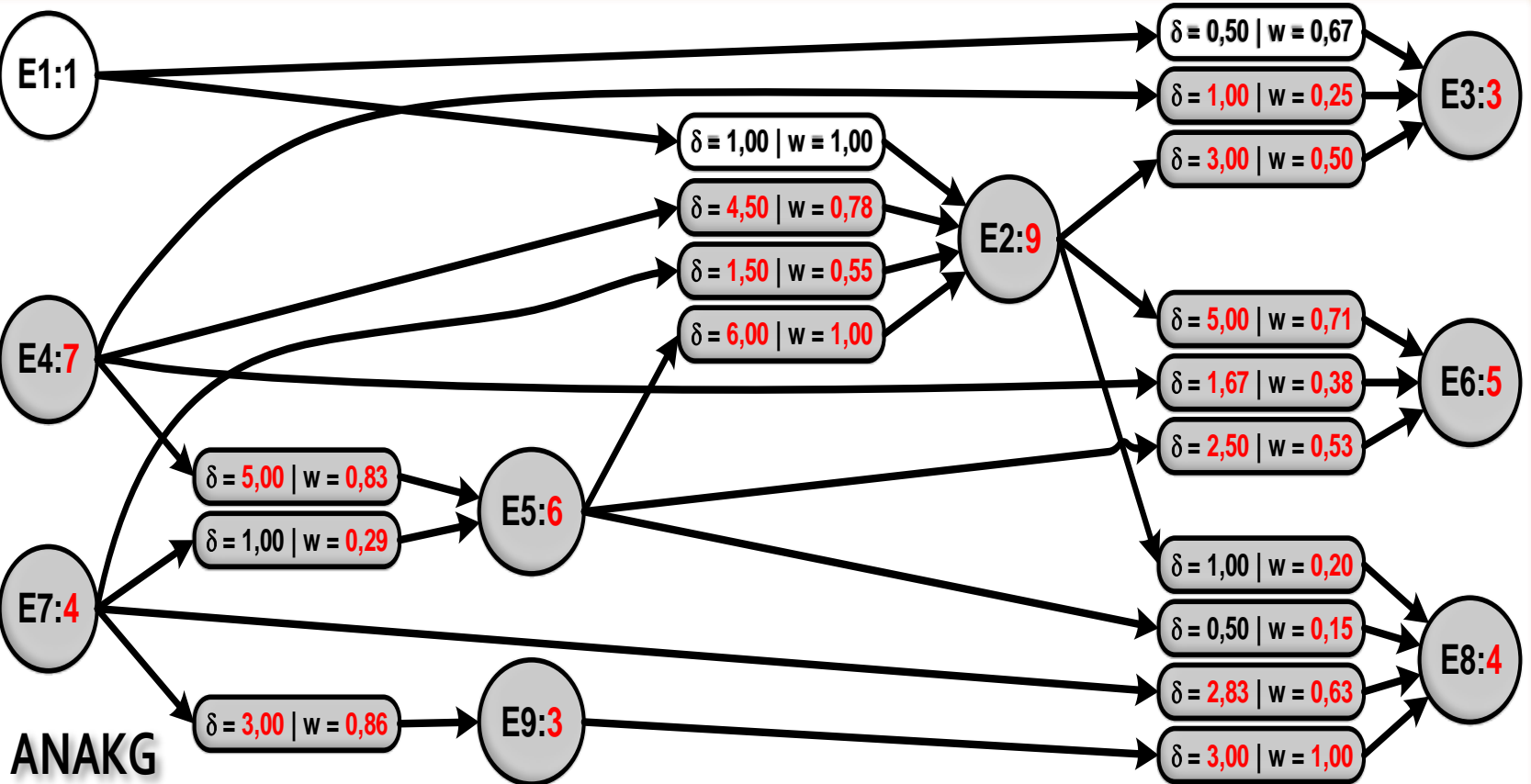


# KONSTRUKCJA ASOCJACYJNYCH GRAFÓW WIEDZY

SEKWENCJE UCZĄCE S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub> i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących



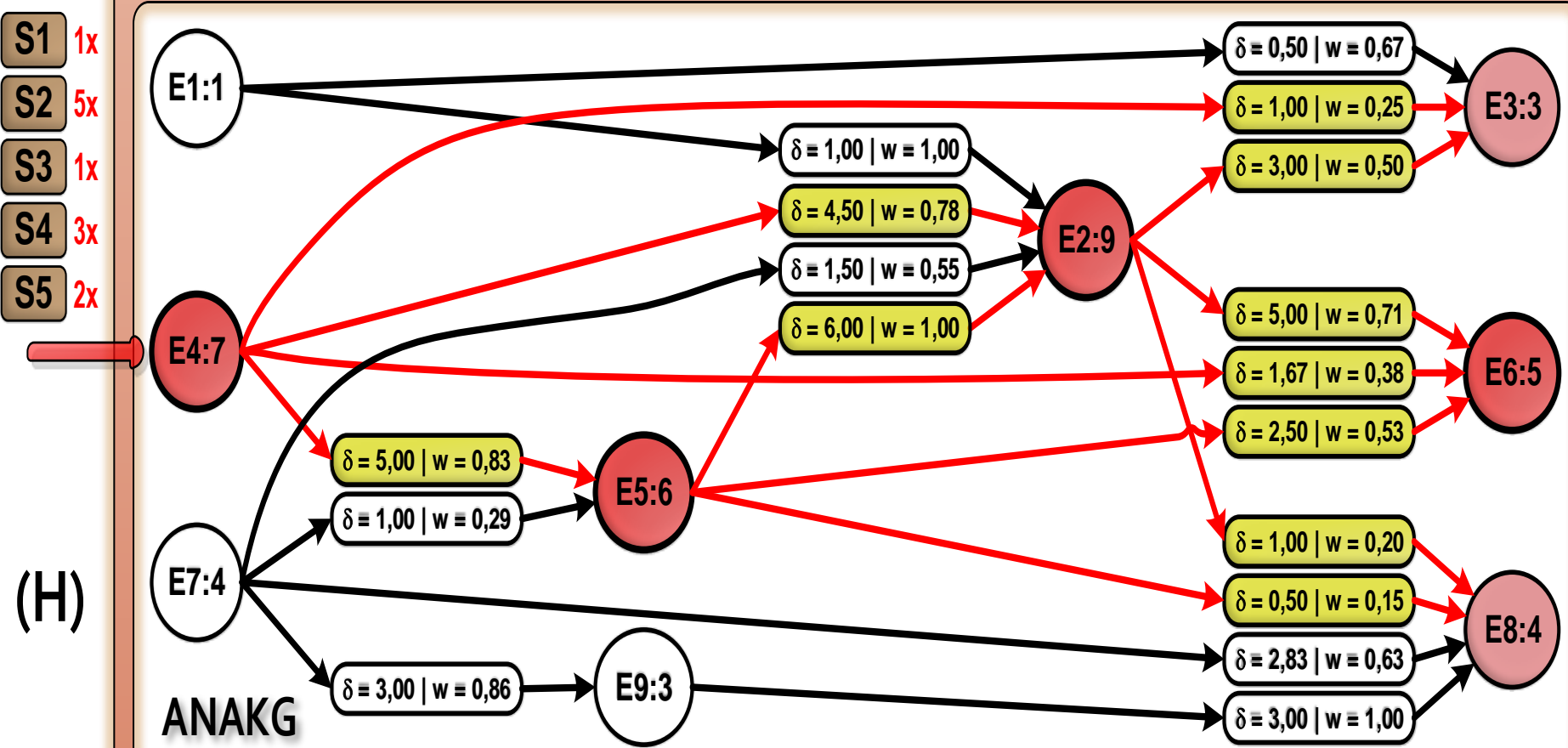
(G)



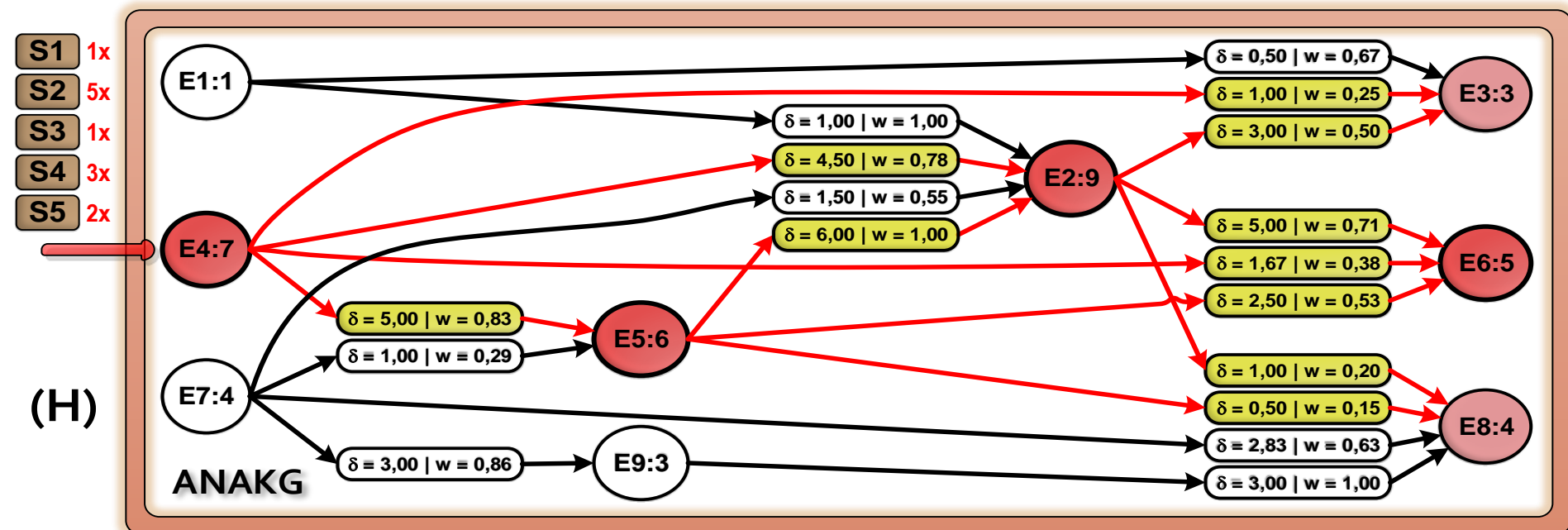
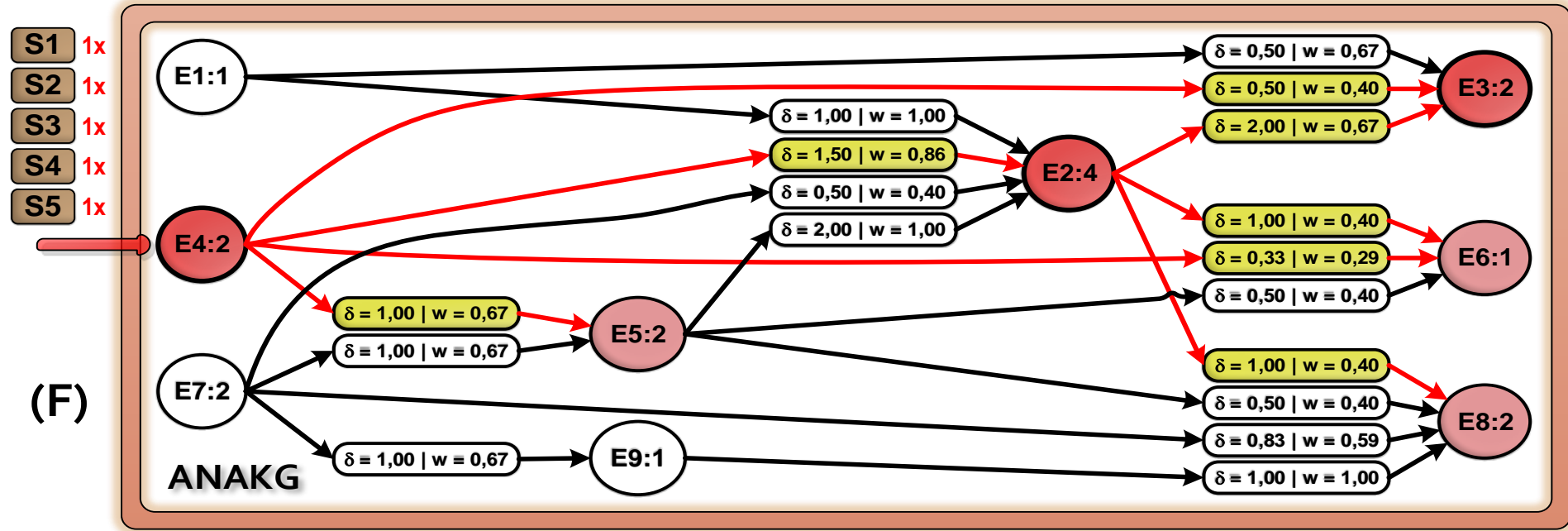
# WYWOŁANIE CIĄGU SKOJARZEŃ W ANAKG

SEKWENCJE UCZĄCE S<sub>1</sub>-S<sub>5</sub> i częstość ich powtórzeń w zbiorze sekwencji uczących

1x	5x	1x	3x	2x
S <sub>1</sub> E1 E2 E3	S <sub>2</sub> E4 E5 E2 E6	S <sub>3</sub> E7 E5 E2 E8	S <sub>4</sub> E7 E9 E8	S <sub>5</sub> E4 E2 E3



# PORÓWNANIE ODPOWIEDZI DLA RÓŻNYCH ILOŚCI POWTÓRZEŃ



# KONKLUZJE DOTYCZĄCE WIEDZY

- ✓ Możliwe **modelowanie i reprezentacja wiedzy** w sztucznych systemach skojarzeniowych.
- ✓ Wykorzystanie **plastycznych mechanizmów** neuronowych.
- ✓ Wykorzystanie **wzorców i sekwencji uczących**.
- ✓ Umożliwienie **wywoływania sztucznych skojarzeń**.
- ✓ Wykorzystanie **kontekstu** wcześniejszych pobudzeń i aktywacji neuronów w trakcie wywoływania skojarzeń i ewaluacji wiedzy.
- ✓ Możliwość **uogólniania** na poziomie reprezentacji neuronalnej oraz całych sieci (systemów).
- ✓ Tworzenie się **kreatywnych** reakcji dla nowych kontekstów (kombinacji bodźców).



# SYSTEMY



## KLASYCZNE SYSTEMY KOMPUTEROWE

- ✓ Bezpieczne przechowywanie danych
- ✓ Szybko wykonywane operacje arytmetyczno-logiczne
- ✓ Planowane i przewidywalne działanie poprawnie zbudowanych programów
- ✓ Mogą dostarczać optymalnych rozwiązań zależnych od algorytmów
- ❖ Wymuszają przeszukiwanie pamięci w pętlach obliczeniowych, w celu wykonania operacji na danych
- ❖ Wykorzystują sekwencyjne, pasywne pamięci komputerowe
- ❖ Problemy ze złożonością obliczeniową
  - ❖ Problemy numeryczne
- ❖ Trudne modelowanie inteligencji, wiedzy, uogólnień i kreatywności

## SKOJARZENIOWE SYSTEMY NEURONOWE

- ✓ Szybko reaktywne na znane kombinacje bodźców
- ✓ Automatyczna agregacja podobnych danych
  - ✓ Eliminacja duplikatów
- ✓ Automatyczna konsolidacja sekwencji (serii)
- ✓ Automatyczna reprezentacja grup podobnych kombinacji danych i reprezentacja ich klas
- ✓ Uogólnianie na skutek podobieństwa, agregacji, konsolidacji i połączeń kontekstowych
- ✓ Kreatywność na skutek konsolidacji sekwencji danych i ich wywoływania w nowych kontekstach
- ✓ Dostarczanie suboptymalnych rozwiązań na bazie uogólnień wcześniej uformowanej wiedzy
- ✓ Eliminacja czasochłonnych pętli obliczeniowych
- ❖ Trudna ewaluacja wzorów matematycznych
- ❖ Brak gwarancji szybkiego, dokładnego i bezpiecznego przechowywania danych

# PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWEGO

1. **Asocjacyjny model neuronu**, receptorów, przestrzeni międzyneuralnej.
2. **Reprezentacja neuronalna** obiektów i klas obiektów stosując kombinacje danych.
3. Neuronowy **mechanizm rywalizacji kooperatywnej** pozwalający na reprezentację przestrzeni danych wejściowych.
4. Nowa klasa neuronowych **sztucznych systemów skojarzeniowych AAS**.
5. **Mechanizmy plastyczne** i ich zamodelowanie w AASach.
6. Algorytm **sortowania skojarzeniowego ASSORT** działający na neuronach.
7. Asocjacyjny **klasyfikator ASONN** z metodą jego konstrukcji.
8. Aktywny neuronowy asocjacyjne **grafy wiedzy ANAKG** oraz LANAKG.
9. Mechanizmy **skojarzeniowej reprezentacji** danych, ich kombinacji i sekwencji.
10. Mechanizmy **agregacji danych** uczących i **konsolidacji sekwencji** uczących.
11. Formuły matematyczne do wyznaczania **wag** asocjacyjnych połączeń.
12. **Funkcje relaksacji i refrakcji** dla asocjacyjnych neuronów.
13. **Metody tworzenia i adaptacji** (uczenia): AAS, AANG, ASONN, ANAKG i LANAKG.
14. Mechanizmy **formowania wiedzy** w ANAKG, LANAKG, AANG i AAS.
15. Mechanizmy wykorzystujące **kontekst** wcześniejszych pobudzeń i aktywacji neuronów.
16. Mechanizmy wywoływania **sztucznych skojarzeń** w systemach AAS.
17. Mechanizmy **uogólniania** na poziomie neuronu i całego systemu oraz **kreatywności**.
18. **Asocjacyjna sztuczna inteligencja** bazująca na skojarzeniowych mechanizmach formowania wiedzy, sztucznych skojarzeniach oraz aktywnym oddziaływaniu potrzeb.

# **MOŻLIWE ZASTOSOWANIA**

- 1. Klasyfikacja i multiklasyfikacja.**
- 2. Automatyczne grupowanie (klasteryzacja).**
- 3. Sortowanie, agregacja i kompresja.**
- 4. Szybkie wyszukiwanie danych i ich eksploracja.**
- 5. Konsolidacja informacji i reprezentacja wiedzy.**
- 6. Semi-automatyczna kontekstowa korekta tekstów.**
- 7. Automatyzacja tłumaczenia.**
- 8. Budowa chatbotów korzystających z wiedzy.**
- 9. Budowa emergentnych architektur kongitywnych.**
- 10. Budowa skojarzeniowych systemów sztucznej inteligencji.**

# DZIĘKUJĘ

1. **Horzyk, A.**, *How Does Generalization and Creativity Come into Being in Neural Associative Systems and How Does It Form Human-Like Knowledge?*, **Neurocomputing**, 2014, **IF = 1,634**.
2. **Horzyk, A.**, *Human-Like Knowledge Engineering, Generalization and Creativity in Artificial Neural Associative Systems*, Springer, AISC 11156, 2014.
3. **Horzyk, A.**, *Sztuczne systemy skojarzeniowe i asocjacyjna sztuczna inteligencja*, EXIT, Warszawa, 2013.
4. Tadeusiewicz, R., **Horzyk, A.**, *Man-Machine Interaction Improvement by Means of Automatic Human Personality Identification*, Gerhard Goos, Juris Hartmanis, and Jan van Leeuwen (Eds.), Springer-Verlag, LNCS 8104, 2013.
5. **Horzyk, A.**, Gadamer, M., *Associative Text Representation and Correction*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, LNAI 7894, 2013, pp. 76-87.
6. **Horzyk, A.**, *Information Freedom and Associative Artificial Intelligence*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, LNAI 7267, 2012, pp. 81-89.
7. **Horzyk, A.**, *Self-Optimizing Neural Network 3*, L. Franco, D. Elizondo, J.M. Jerez (eds.), *Constructive Neural Networks*, Springer, Series: Studies in Computational Intelligence, Vol. 258, 2009, pp. 83-101.
8. Dudek-Dyduch, E., Tadeusiewicz, R., **Horzyk, A.**, *Neural Network Adaptation Process Effectiveness Dependent of Constant Training Data Availability*, **Neurocomputing** 72, 2009, pp. 3138-3149, **IF = 1,440**.



[horzyk@agh.edu.pl](mailto:horzyk@agh.edu.pl)

INFORMATYKA

Adrian Horzyk

Sztuczne systemy skojarzeniowe  
i asocjacyjna sztuczna inteligencja



Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT  
Warszawa 2013