



# Sztuczne sieci neuronowe i sztuczna immunologia jako klasyfikatory danych

---

Dariusz Badura  
Letnia Szkoła Instytutu  
Matematyki  
2010

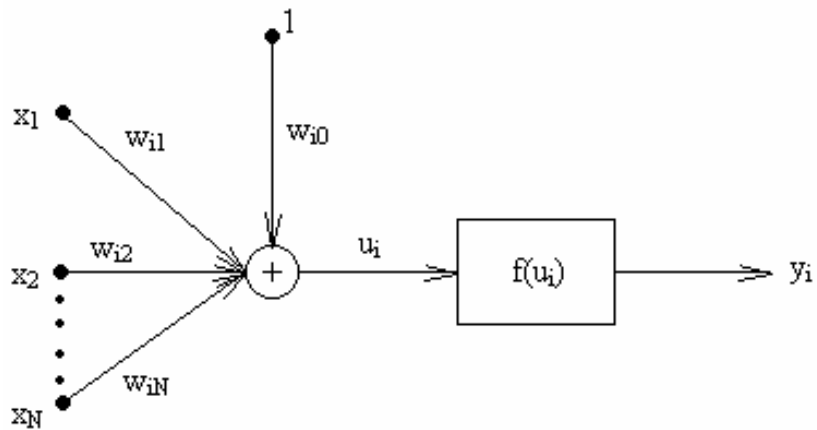


# Sieci neuronowe

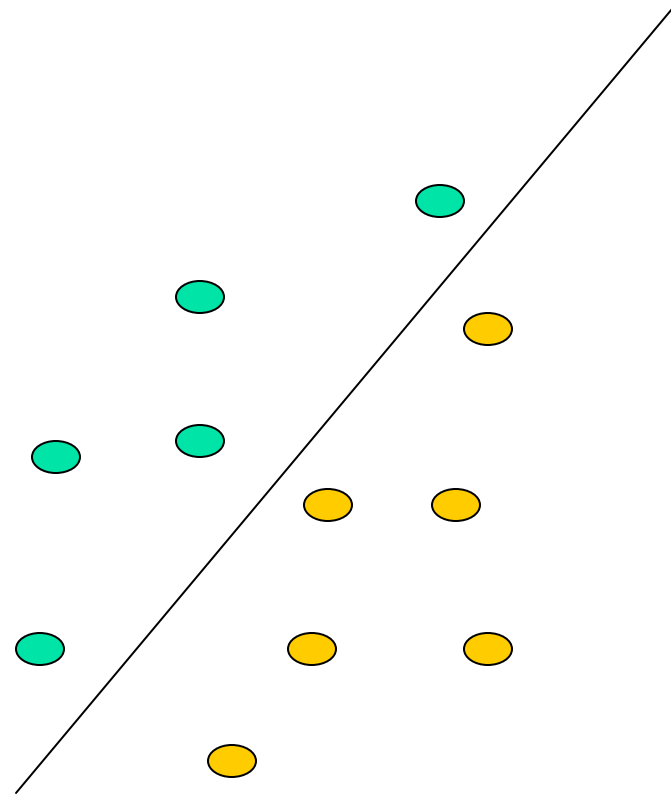
---

- jednokierunkowa wielowarstwowa sieć neuronowa
- sieci Kohonena
- sieci neuronowe z radialną funkcją bazową
- sieci neuronowe „rozmyte”

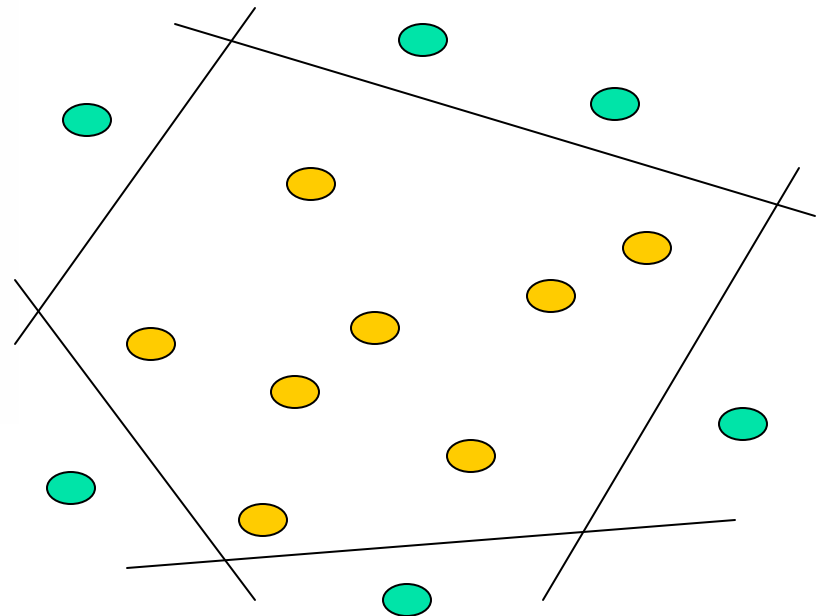
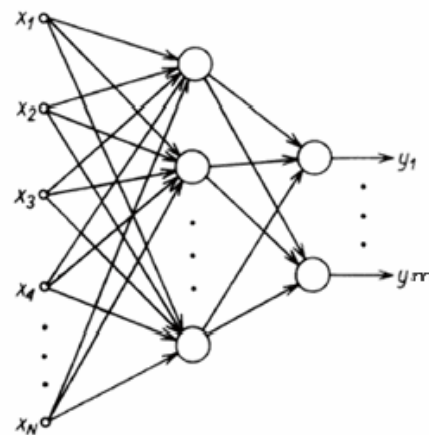
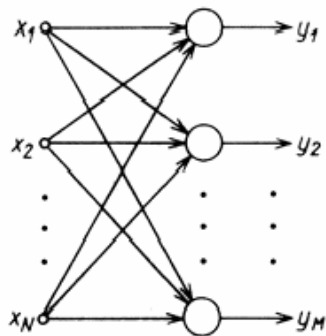
# Jednokierunkowa wielowarstwowa sieć neuronowa



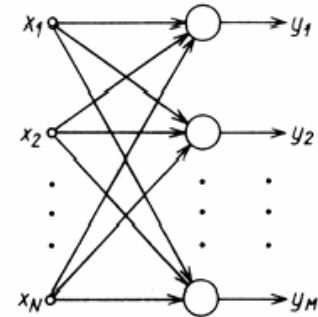
$$u_i = \sum_{j=1}^N W_{ij} \cdot x_j + W_{i0}$$



# Jednokierunkowa wielowarstwowa sieć neuronowa



# sieci Kohonena



- Neuron typu Hebba – aktywowanie połączenia
- Sieć Kohonena – współzawodnictwo neuronów ze sobą, aby stać się aktywnymi (pobudzonymi)
  - WTA (Winner Takes All) – tylko jeden neuron może być aktywny pozostałe pozostają w stanie spoczynku.
  - WTM (Winner Takes Most) – neuron wygrywający konkurencję uaktywnia się w sposób maksymalny i umożliwia częściowe uaktywnienie neuronów sąsiedztwa.

# sieci Kohonena

- aktualizacja wag neuronu zwycięzcy (wg reguły Kohonena)

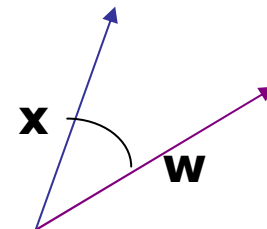
$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \eta[x_i - w_{ij}(k)]$$

- normalizacja wektorów wejściowych i wag

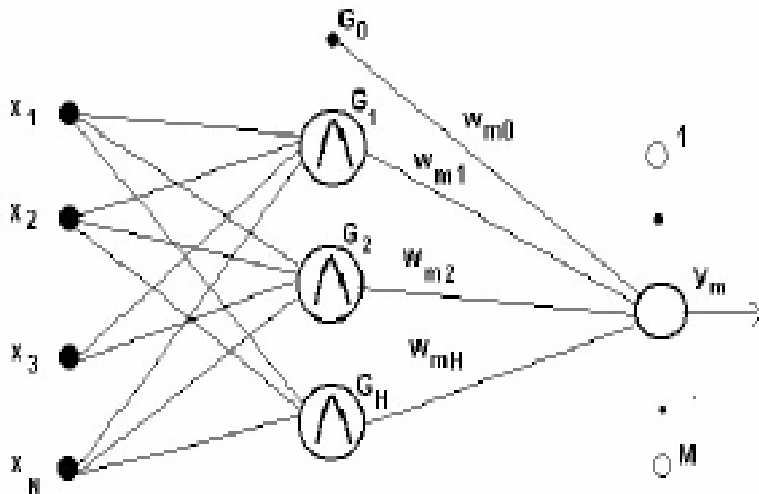
$$\mathbf{net} = \mathbf{w}^T \mathbf{x} = \|\mathbf{w}\| \|\mathbf{x}\| \cos\phi$$

gdy  $\|\mathbf{w}\| = \|\mathbf{x}\| = 1$  na wartość net ma wpływ różnica kątowa między wektorami  $\mathbf{w}$  i  $\mathbf{x}$ . Zwycięża neuron, który jest najbliższy aktualnemu wektorowi uczącemu  $\mathbf{x}$ .

$$d(x, w_w) = \min_{1 \leq i \leq n} d(x, w)$$

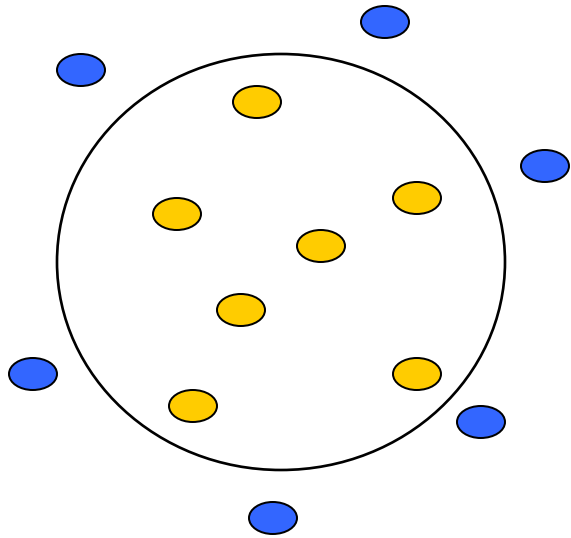


# sieci neuronowe z radialną funkcją bazową



- wyznaczenie aktywacji, w neuronach warstwy ukrytej, odbywa się na zasadzie wyznaczenia wartości radialnej funkcji bazowej (argumentem funkcji jest odległość  $\|x-c\|$ )
- warstwa wyjściowa sumuje aktywacje neuronów warstwy ukrytej
- każdy neuron warstwy wyjściowej jest neuronem „liniowym” i reprezentuje jedną klasę

# sieci neuronowe z radialną funkcją bazową



- Twierdzenie Covera (1965)

Złożony problem klasyfikacyjny „zrutowany” nieliniowo na przestrzeń wielowymiarową może być rozdzielony za pomocą separatora liniowego z większym prawdopodobieństwem niż przy rzutowaniu na przestrzeń o mniejszej liczbie wymiarów.





# Sztuczny system immunologiczny

---

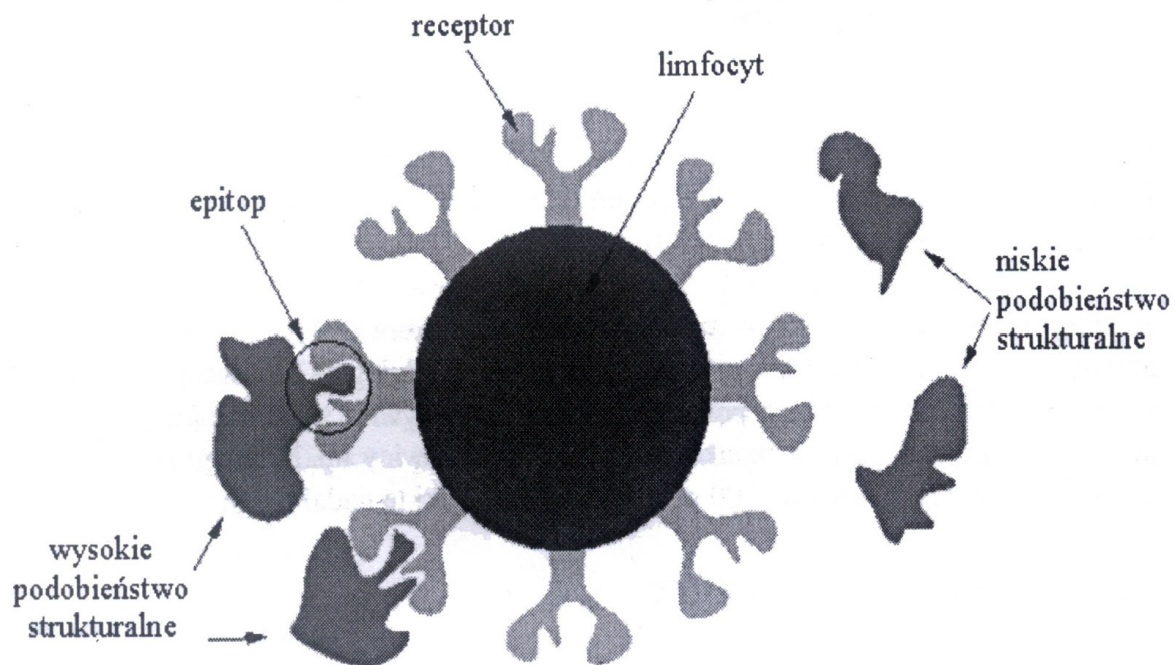
## Immunologia

Badanie odporności organizmów na patogeny: zarazki, toksyny i niektóre substancje chemiczne

## Układ odpornościowy

- Zdolność odróżnienia własnych składników od obcych
- Odpowiedź immunologiczna pozwalająca na usuwanie obcych organizmów

# Sztuczny system immunologiczny





# Sztuczny system immunologiczny

---

## B - komórka

Na powierzchni B-limfocyty znajduje się wiele tysięcy receptorów (przeciwciał).

- Specjalizowany fragment receptora służący do identyfikacji innych molekuł – paratop,
- Drugi fragment receptora lub antygeny, do którego może dołączać się paratop – epitop.

Siła wiązania paratop – epitop nazywana jest w immunologii stopniem dopasowania.

Stopień dopasowania określa powinowactwo przeciwciała do antygeny.

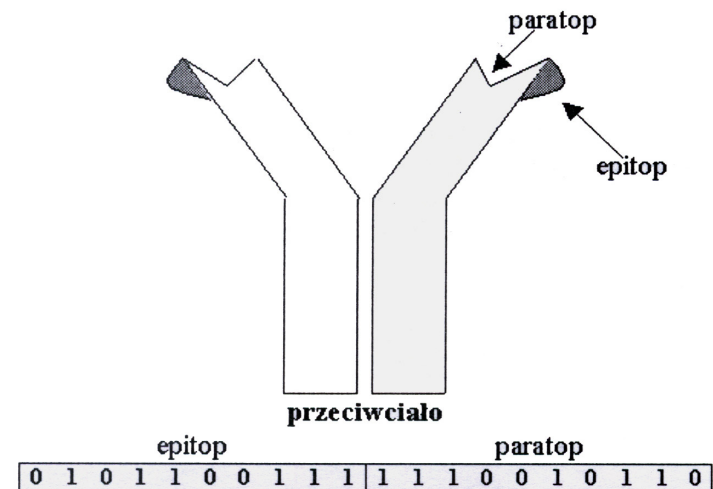
Receptory są specjalizowanymi detektorami, ponieważ wiążą tylko kilka strukturalnie zbliżonych epitopów.

# Sztuczny system immunologiczny

B – komórka - stopień dopasowania

Poniższe równanie określa stopień dopasowania j-tego paratopu przez i-ty epitop w przypadku binarnej reprezentacji B-komórki

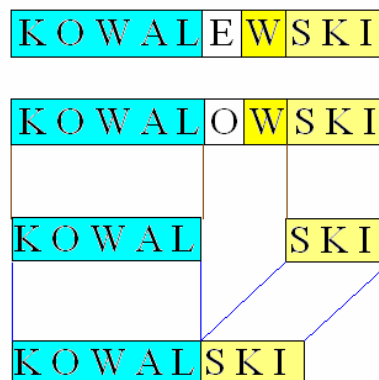
$$m_{ij} = \sum_k G \left( \sum_n | e_{i(n+k)} - p_{j(n)} | - s + 1 \right)$$



# Sztuczny system immunologiczny

B – komórka - stopień dopasowania

- W przypadku reprezentacji liczb rzeczywistych stopień dopasowania może przypominać właściwości neuronu z radialną funkcją bazową
- W przypadku reprezentacji symbolicznej stopień dopasowania musi być indywidualnie kształtowany





# Sztuczny system immunologiczny

---

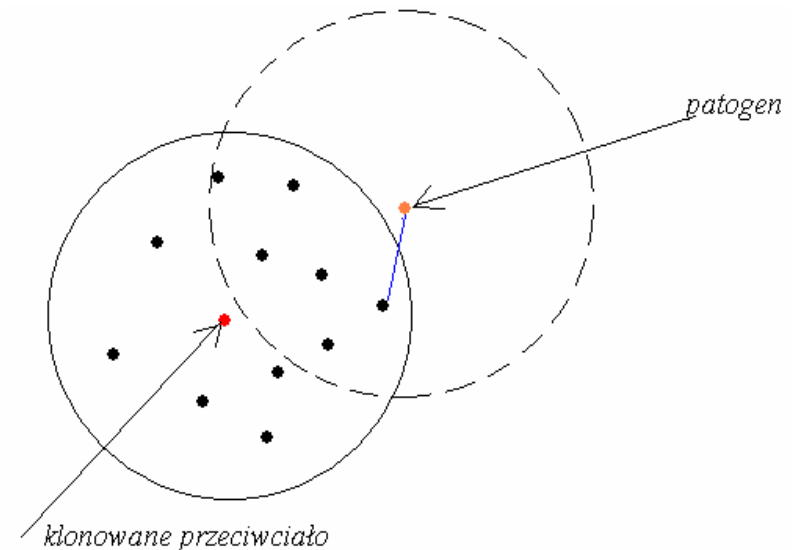
Obliczanie poziomu stymulacji (zmiany koncentracji) elementów systemu immunologicznego (**przeciwciał**)

Dla każdego **przeciwciała** pod uwagę brane są 4 składniki:

1. Stymulacja **przeciwciała** przez inne **przeciwciała**
2. Supresja **przeciwciała** rozpoznanego przez inne **przeciwciała**
3. Stymulacja **przeciwciała** przez **patogeny**
4. Supresja **przeciwciała** powodowana wymieraniem

# Algorytm selekcji klonalnej

- .. można podzielić na dwa etapy:
  1. etap ekspansji klonalnej, bazujący na naturalnym mechanizmie selekcji klonalnej oraz
  2. etap hipermutacji.
- Pierwszy etap jest odpowiedzialny za wyselekcjonowanie najlepiej dopasowanych przeciwciał i namnożenie ich (np. proporcjonalnie do ich stopnia dopasowania).
- Hipermutacja realizuje proces dojrzewania przeciwciał, przekształcając namnożone klony w taki sposób, by niektóre z nich osiągnęły lepszy stopień dopasowania niż ich poprzednicy.



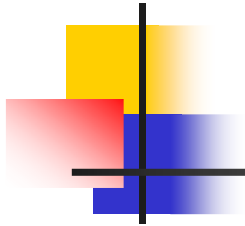


# Porównanie

---

- Zarówno sieci neuronowe jak i system immunologiczny są systemami, w których jego elementy aktywują się przy określonym stopniu dopasowania wektora wejściowego;
- neurony (SSN) aktywują się w przypadku odpowiednio małej odległości od „centrum” neuronu, zaś B-komórki (SSI) aktywowane są gdy stopień dopasowania wektora wejściowego jest odpowiednio duży.
- Liczba neuronów w sieci SSN jest zazwyczaj stała, liczba B-komórek w SSI jest zmienna i zależy od aktywności systemu.
- Można zbudować sieć neuronową o cechach neuronów zbliżonych do właściwości B-komórek – mobilna sieć neuronowa.





Dziękuję za uwagę