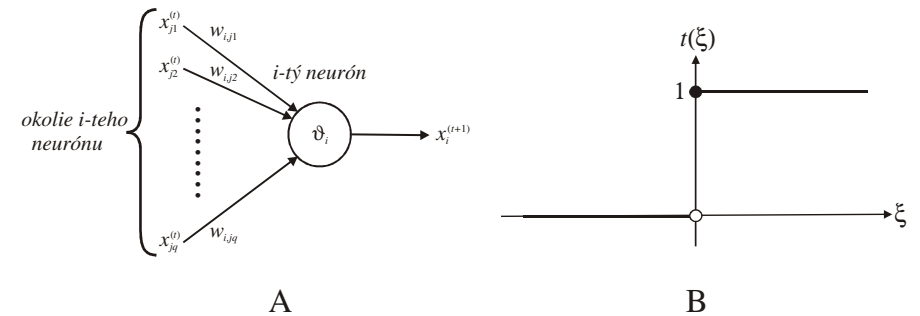


Hopfieldov model

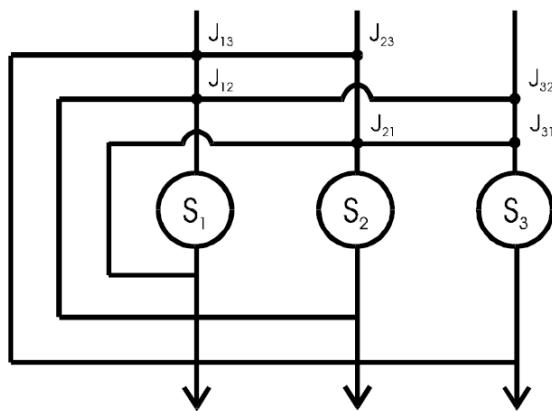
Priesvitka 1

- J. J. Hopfieldom - Princeton 1982



Priesvitka 2

- Rekurentná sieť



Priesvitka 3

Neurón – 2 stavoch, aktívny alebo neaktívny

Konfigurácia aktivity – vstupný a zároveň výstupný stav siete

Synaptické váhy J_{ij}

Postsynaptický potenciál $h_i^{int} = \sum_j J_{ij} S_j$

Prah excitácie h_i^{ext}

Efektívny postsynaptický potenciál $h_i = h_i^{int} - h_i^{ext}$

Deterministické prechodové pravidlo $S_i' = \text{sign}(h_i) = \text{sign}\left(\sum_j J_{ij} S_j - h_i^{ext}\right)$

Priesvitka 4

Dynamika obnovovania

Synchrónna paralelná dynamika

$$S_i(t) = \text{sign} \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N J_{ij} S_j(t-1) - h_i^{\text{ext}} \right)$$

Asynchrónna sekvenčná dynamika

$$S_i(t) = \text{sign} \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N J_{ij} S_j(t) - h_i^{\text{ext}} \right)$$

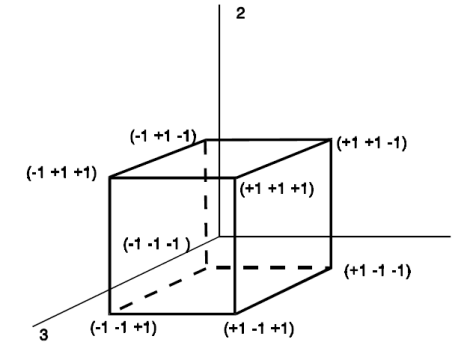
Priesvitka 5

Stav siete $S(t) = (S_1, S_2, \dots, S_N)$

Stavy - vrcholy hyperkocky

Trajektória Hopfieldovej siete $S(1), S(2), S(3), S(4), S(5), \dots, S(t), \dots, S(T)$

Ak asynchrónna dynamika – pohyb iba po hranách hyperkocky



Priesvitka 6

Energia konfigurácie $E(S) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N J_{ij} S_i S_j - \sum_{i=1}^N h_i^{\text{ext}} S_i$

Spontánna evolúcia Hopfieldovej siete

- Náhodné nastavenie počiatocného stavu
- Nastavenie prahov na 0 alebo malé čísla z $(-1,1)$
- Nastavenie váh na malé čísla z $(-1,1)$
- Evolúcia stavov podľa synchrónnej alebo asynchrónnej dynamiky obnovovania
- Chaotické trajektórie ak asymetrická matica (energia stúpa aj klesá)
- Limitné cykly – typické pre synchrónnu dynamiku
- Bodové atraktory – mnohé počiatocne stavy v tom istom atraktore – spádová oblasť – typické pre asynchrónnu dynamiku

Priesvitka 7

$$E(S) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1, i \neq m}^N \sum_{j=1, j \neq m}^N J_{ij} S_i S_j - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N J_{im} S_i S_m - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N J_{mj} S_m S_j$$

$$E(S) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1, i \neq m}^N \sum_{j=1, j \neq m}^N J_{ij} S_i S_j - \sum_{j=1}^N J_{mj} S_m S_j$$

$$E(S') = -\frac{1}{2} \sum_{i=1, i \neq m}^N \sum_{j=1, j \neq m}^N J_{ij} S_i S_j - \sum_{j=1}^N J_{mj} S'_m S_j$$

$$E(S') - E(S) = -\sum_{j=1}^N J_{mj} S'_m S_j + \sum_{j=1}^N J_{mj} S_m S_j = (S_m - S'_m) \sum_{j=1}^N J_{mj} S_j = (S_m - S'_m) h_m$$

1) $S_m = +1$ $S'_m = +1$ **vtedy** $h_m > 0$ **a** $\Delta E = 0$

2) $S_m = -1$ $S'_m = -1$ **vtedy** $h_m < 0$ **a** $\Delta E = 0$

3) $S_m = +1$ $S'_m = -1$ **vtedy** $h_m < 0$ **a** $\Delta E < 0$

4) $S_m = -1$ $S'_m = +1$ **vtedy** $h_m > 0$ **a** $\Delta E < 0$

Priesvitka 8

Autoasociatívna pamäť

- Pamäť adresovaná obsahom
- Obrazec z pamäti – bodový atraktor
- Neúplný obrazec – ak v spádovej oblasti vývoj do daného atraktora
- Atraktory určené maticou váh $J_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{p=1}^P \xi_i^p \xi_j^p & \text{pre } i \neq j \\ 0 & \text{pre } i = j \end{cases}$, kde $\xi^p = (\xi_1^p, \xi_2^p, \dots, \xi_N^p)$ je pamäťová konfigurácia p z celkového počtu P konfigurácií

