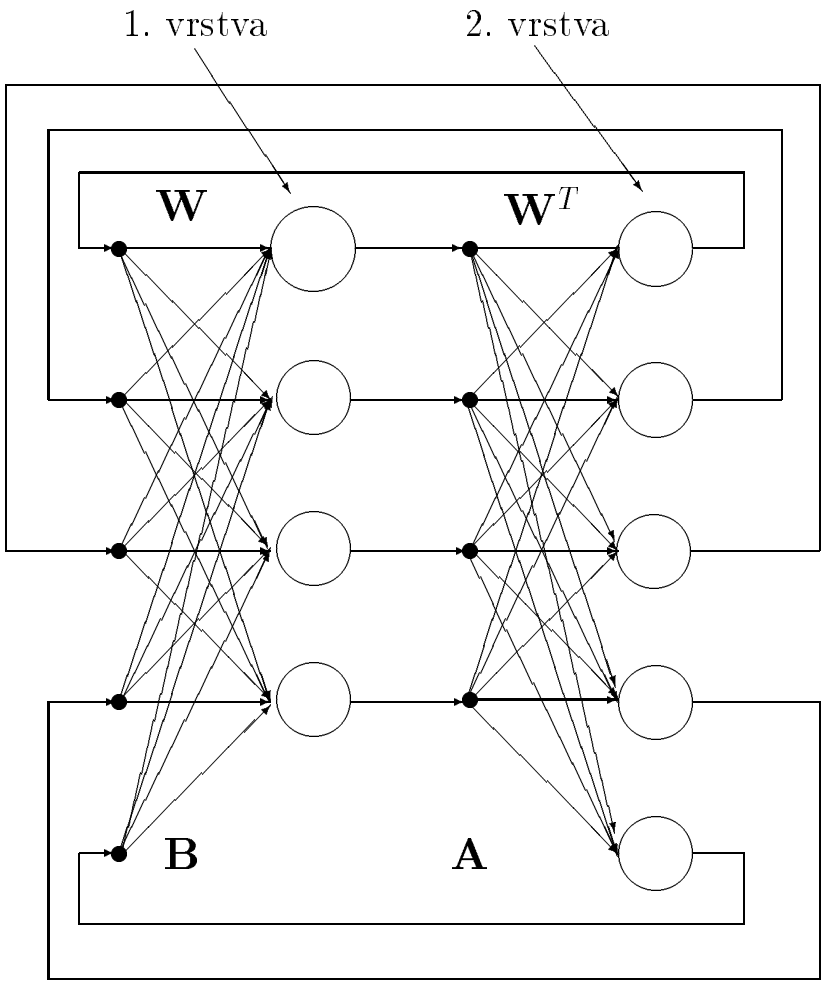
Bidirectional Associative Memory (BAM)



- dvouvrstvá rekurentní síť s pevnými vahami,
- vstupní vektory mohou být binární (0/1), popř. bipolární (-1/1)

Použití:

- heteroasociativní paměť
- rekonstrukce neúplných a šumem poškozených obrazů

Kapacita sítě (maximální počet uchovávaných vzorů):

Hrubý odhad: $P \leq n\,, \qquad n = min\{N, M\}\,,$

kde N a M jsou počty neuronů v první a druhé vrstvě a P je maximální počet asociací.

Přesnější odhad: Pokud vybereme $\mathbf{L}$ vektorů tak, že

$$L < \frac{0.68n^2}{[log_2(n)+4]^2}$$

a každý vektor má $4 + log_2(n)$ prvků rovných 1 a zbytek 0, pak lze vytvořit BAM, pro kterou je 98% stavů stabilních.

Algoritmus trénování a činnosti BAM

Krok 1: *Inicializace váhových koeficientů w_{ij} a prahů Θ:*

1. *vrstva* $\mathbf{W} = [w_{ij}] = \sum_{s=1}^{P}(2a_i^s - 1)(2b_j^s - 1)\,,$

$$\Theta_i^{'} = \tfrac{1}{2}\sum_{j=1}^{M} w_{ij}\,, \qquad i = 1, ..., N\,,$$

2. *vrstva* $\mathbf{W}^T$

$$\Theta_j^{''} = \tfrac{1}{2}\sum_{i=1}^{N} w_{ij}\,, \qquad j = 1, ..., M\,,$$

kde w_{ij} jsou váhové koeficienty mezi i-tým neuronem první vrstvy a j-tým neuronem druhé vrstvy, a_i^s, b_i^s jsou i-té prvky s-tých vektorů asociačního seznamu (můžou nabývat pouze hodnot {0,1}), P je počet prvků asociačního seznamu, $\mathbf{\Theta}^{'}$ a $\mathbf{\Theta}^{''}$ jsou vektory prahových hodnot neuronů první a druhé vrstvy (pro homogenní BAM jsou tyto vektory nulové).

Krok 2: *Předložení neznámého vstupního vektoru* $\mathbf{B} = [b_1, ...b_N]^T$, $\mathbf{B} \in \{0, 1\}^N$

Krok 3: *Iterace, dokud síť konverguje :*
Během t-té iterace se pro

1. vrstvu:

1) vypočtou hodnoty $u_j^{'}(t+1)$ paralelně pro j=1,2,...M podle vztahu

$$u_j^{'}(t+1) = \sum_{i=1}^{N} w_{ij} b_i(t) - \Theta_j^{'},$$

2) vypočtou výstupní hodnoty $a_j(t+1)$ pro j=1,2,...M podle vztahu

$$a_j(t+1) = \begin{cases} 1 & pro \;\; u_j^{'}(t+1) > 0 \\ 0 & pro \;\; u_j^{'}(t+1) < 0 \\ a_j(t) & pro \;\; u_j^{'}(t+1) = 0 \end{cases}$$

2. vrstvu:

1) vypočtou hodnoty $u_i^{''}(t+1)$ paralelně pro i=1,2,...N podle vztahu

$$u_i^{''}(t+1) = \sum_{j=1}^{M} w_{ij} b_j(t) - \Theta_i^{''},$$

2) vypočtou výstupní hodnoty $b_i(t+1)$ pro i=1,2,...N podle vztahu

$$b_i(t+1) = \begin{cases} 1 & pro \;\; u_i^{''}(t+1) > 0 \\ 0 & pro \;\; u_i^{''}(t+1) < 0 \\ b_i(t) & pro \;\; u_i^{''}(t+1) = 0 \end{cases}$$

Tento proces se opakuje, dokud se výstup první, popř. druhé vrstvy mění. Po ukončení iterací odpovídá vstup první vrstvy BAM vzorovému vektoru z asociačního seznamu, který se nejvíce podobá neznámému vektoru předloženému na vstup, výstup pak odpovídá asociaci uložené v BAM během trénování.

Krok 4: *Opakování od kroku 2 pro nový vstupní vektor.*