

B. Divvirzienu asociatīvā atmiņa (Bidirectional Associative Memory)

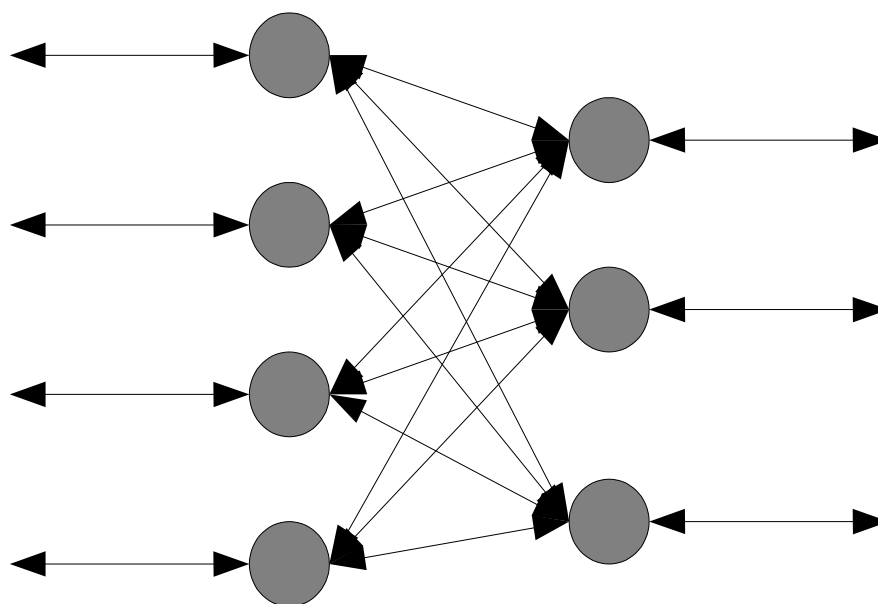
Divvirzienu asociatīvās atmiņas modelis ir Hopfilda tīkla paplašinājums, kas realizē heteroasociāciju. Heteroasociācijas gadījumā tiek saglabāti nevis paraugi, bet paraugu pāri, un apmācīts tīkls spēj pēc viena parauga asociēt otru pāra paraugu.

Dažādi Hopfilda modeļa paplašinājumi, t.sk. arī BAM, tika izstrādāti 20. gs. 80. gadu otrajā pusē Barta Kosko (*Bart Kosko*) vadībā.

BAM modeļa teorētiskā bāze ir tāda pati kā Hopfilda modelim.

B1. BAM MODEĻA UZBŪVE UN DARBĪBAS PRINCIPI.

1. Divi neironu slāņi bez speciāla ievadīšanas slāņa (ieejas vērtības var tikt uzstādītas jebkura slāņa neironu izejās). Sk. attēlu B1.
2. Katrs neirons ir savienots ar visiem otra slāņa neironiem, tādējādi vienā slānī ir tikpat neironu cik otrā katram neironam svaru un otrādi.
3. Svari ir simetriski, t.i. $\forall i, j : w_{ij} = w_{ji}$ un otrādi.
4. Gan svaru, gan ieejošās vērtības ir bināras, precīzāk, ietilpst kopā $\{-1, 1\}$.
5. Neironu aktivizēšana var notikt gan pēc kārtas, gan nejaušā secībā, gan sinhroni.
6. Tāpat kā Hopfilda tīklam – apmācība notiek vienā solī, bet darbināšana notiek iteratīvi.



Attēls B1. BAM tīkla grafs ar 4 neironiem vienā slānī un 3 otrā.

B2. BAM TĪKLA APMĀCĪBA.

Dots neironu tīkls $\{W, O\}$, kur vienā slānī ir n neironi, bet otrā – m neironi. (Piemērs, kad $n=4$ un $m=3$, parādīts attēlā B1.)

Dots apmācības piemēru kopums, kurā ir piemēri (paraugu pāri) skaitā r . Katrs piemērs tiek identificēts kā $\{P_s, Q_s\}$, kur $s=1..r$ un P_s ir virkne garumā n , bet Q_s ir saistītā virkne garumā m .

Apmācības uzdevums. Iegūt spēju atpazīt paraugus pēc to sabojātiem saistītajiem eksemplāriem abos virzienos. (Apmācības rezultātā tīkls iegūst spēju atpazīt arī abu veidu paraugus pēc viņu pašu sabojātiem eksemplāriem.

Svaru vērtību uzstādīšana parādīta formulā (B1):

$$w_{1ij} = w_{2ji} = \sum_{s=1}^r p_{si} q_{sj} \quad (B1)$$

kur p_{si}, q_{sj} – saistīto parauga vērtības,
 w_{hij} – i -tā neirona j -tais svars h -tajā slānī,
 r – paraugu pāru skaits.

B3. APMĀCĪTA BAM TĪKLA DARBINĀŠANA.

B3.1. TĪKLA INICIALIZĀCIJA AR IEVADVĒRTĪBĀM:

$O_1 \leftarrow X$ vai $O_2 \leftarrow Y$.
kur $X[n]$ – paraugs,
 $Y[m]$ – paraugs,
 $O_h[]$ – neironu izejas h -tajā slānī.

B3.2. IEVADPARAUGA ATPAZĪŠANA.

Arī tīkla gadījumā **atpazīšanas process notiek iteratīvi**. Katrā solī pamīšus tiek mainītas izejas vērtības O_1 un O_2 un tas notiek tik ilgi, kamēr kārtējā solī visas izejas vērtības paliek neizmainītas (t.i. iestājas konverģences kritērijs, formula B4).

Katrā iterācijas solī katram neironam notiek aprēķini (formulas B2 un B3).

Summēšanas funkcija 1. un 2. slānī.

$$NET_{1j} = \sum_{i=1}^m w_{1ji} o_{2i}$$
$$NET_{2j} = \sum_{i=1}^n w_{2ji} o_{1i} \quad (B2)$$

kur NET_{hj} – h -tā slāņa j -tā neirona summēšanas vērtība,
 w_{hji} – h -tā slāņa j -tā neirona i -tais svars,
 o_{gi} – g -tā slāņa i -tā neirona izejas vērtība,
 n, m – attiecīgi pirmā un otrā slāņa neironu skaits.

Aktivizācijas funkcija.

$$o_j = \begin{cases} -1; & NET_j < 0 \\ +1; & NET_j > 0 \\ o_j; & NET_j = 0 \end{cases} \quad (B3)$$

kur NET_j – j -tā neirona summēšanas funkcija,
 o_j – j -tā neirona izeja.

Koverģences kritērijs.

$$\forall i \forall j o_{1i}(t+1) = o_{1i}(t) \wedge o_{2j}(t+1) = o_{2j}(t) \quad (B4)$$

*kur o_{hj} – h-tā slāņa i-tā neirona izejas vērtība,
 t – iterācijas soļa numurs (0..N)*

B3.3. REZULTĀTS.

Ja konverģence noritējusi veiksmīgi, uz g-tā slāņa izejām O_g tiek padots izlabotais parauga variants, bet uz h-tā slāņa O_h – tam pāri atbilstošais paraugs. Konverģence var nenotikt, ja atpazīšanai padotais paraugs ir “pārāk tālu” no tiem, kas glabājas tīklā.

B4. BAM TĪKLA NOVĒRTĒJUMS UN ĪPAŠĪBAS.

BAM tīkla prasības pret atmiņu ir līdzīgas Hopfilda tīklam.

Ja n ir neironu skaits mazākajā slānī, tad paraugu skaits, kas var tikt saglabāts BAM tīklā,

nepārsniedz $S_{max} = \frac{n}{2 \log_2(n)}$, kas pie $n=100$ dod novērtējumu aptuveni 8.

BAM modelis zināmos apstākļos darbojas neparedzami. Ja atpazīstamais paraugs ir “tālu” no saglabātajiem paraugiem, tīkls var konverģēt uz nepareizu, kļūdainu paraugu.

Eksistē nepārtrauktu vērtību BAM modelis.

Tīkla izmantošanas jomas: asociatīvā atmiņa, paraugu atpazīšana.