

BAB IV B

METODE BELAJAR HEBBIAN SUPERVISED & CONTOH

4B.1 Jaringan Hebbian

Kelemahan model McCulloch-Pitts : penentuan bobot garis dan bias secara analitik. Untuk masalah yang kompleks, hal ini akan sangat sulit dilakukan

Tahun 1949, Donald Hebb memperkenalkan cara menghitung bobot dan bias secara iteratif. Model Hebb adalah model tertua yang menggunakan aturan supervisi.

Dasar algoritma Hebb adalah:

kenyataan bahwa apabila dua neuron yang dihubungkan dengan sinapsis secara serentak menjadi aktif (sama-sama bernilai positif atau negatif), maka kekuatan sinapsisnya meningkat. Sebaliknya, apabila kedua neuron aktif secara tidak sinkron (salah satu bernilai positif dan yang lain bernilai negatif), maka kekuatan sinapsis akan melemah

Karena itulah, dalam setiap iterasi, bobot sinapsis dan bias diubah berdasarkan perkalian neuron-2 di kedua sisinya. Untuk jaringan layar tunggal dengan 1 unit keluaran dimana semua unit masukan x_i terhubung langsung dengan unit keluaran y , maka perubahan bobot dilakukan berdasarkan persamaan:

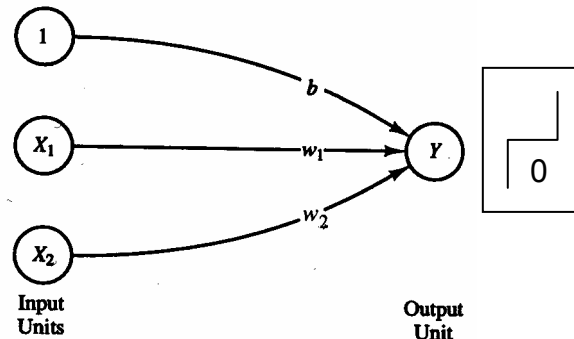
$$w_i (\text{baru}) = w_i (\text{lama}) + x_i y$$

Algoritma pelatihan Hebb dengan vektor input s_i dan unit target t adalah sbb:

- ▶ Inisialisasi semua bobot , $w_i = 0$ ($i = 1, \dots, n$)
- ▶ Untuk semua vektor input s dan unit target t , lakukan hal berikut:
 - a. Set aktivasi unit masukan $x_i = s_i$ ($i = 1, \dots, n$)
 - b. Set aktivasi keluaran $y = t$
 - c. Perbaiki bobot menurut persamaan : $w_i (\text{baru}) = w_i (\text{lama}) + \Delta w$ ($i = 1, \dots, n$) dengan $\Delta w = x_i y$
 - d. Perbaiki bias menurut persamaan $b (\text{baru}) = b (\text{lama}) + \Delta b$; dgn $\Delta b = 1 * t = 1 * y$

Catatan: perbaikan bias diperlakukan sama seperti bobot

Arsitektur jaringan Hebb sama seperti jaringan McCulloch-Pitts. Beberapa unit masukan dihubungkan langsung dengan sebuah unit keluaran, ditambah dengan sebuah bias



Catatan : $x_i = s_i$; $y = t$

Masalah yang sering timbul dalam jaringan Hebb adalah dalam menentukan representasi data masukan/keluaran untuk fungsi aktivasi yang berupa threshold. Representasi yang dipakai adalah bipolar (nilai -1 dan 1). Kadangkala jaringan dapat menentukan pola secara BENAR jika dipakai representasi bipolar saja, dan akan "SALAH" jika dipakai representasi biner (nilai 0 dan 1). Untuk lebih jelasnya perhatikan contoh-contoh berikut

Contoh 1:

Buatlah jaringan Hebb untuk menyatakan logika AND jika representasi masukan dan keluaran yang dipakai adalah

- a. biner
- b. masukan biner dan keluaran bipolar
- c. masukan dan keluaran bipolar

Penyelesaian

- a. Gambar di atas adalah arsitektur jaringan Hebb untuk menyatakan fungsi AND. Tabel berikut adalah tabel masukan dan targetnya yang direpresentasikan secara biner (masukan dan keluaran semuanya bernilai 1 atau 0

Masukan			Target
x_1	x_2	1	t
1	1	1	1
1	0	1	0
0	1	1	0
0	0	1	0

Mula2 semua bobot dan bias diberi nilai = 0. Untuk setiap data masukan dan target, perubahan bobot dihitung dari perkalian data masukan dan targetnya
 $\Delta w_1 = x_1 t$; $\Delta w_2 = x_2 t$; $\Delta b = 1 * t = t$

Bobot w_i (baru) = w_i (lama) + Δw_i (i = 1,2)

Hasil iterasi bobot menggunakan rumus tersebut tampak pada tabel berikut:

Masukan	target	Perubahan bobot	Bobot Baru
($x_1 \ x_2 \ 1$)	t	($\Delta w_1 \ \Delta w_2 \ \Delta b$)	($w_1 \ w_2 \ b$)
Insialisasi			(0 0 0)
(1 1 1)	1	(1 1 1)	(1 1 1)
(1 0 1)	0	(0 0 0)	(1 1 1)
(0 1 1)	0	(0 0 0)	(1 1 1)
(0 0 1)	0	(0 0 0)	(1 1 1)

Tampak bahwa bobot hanya berubah akibat pasangan data pertama saja. Pada data ke-2 hingga ke-4, tidak ada perubahan bobot karena target = 0, sehingga perubahan bobot (hasil kali masukan target) = 0

Jadi menurut tabel iterasi di atas, bobot jaringan akhir adalah $w_1 = w_2 = 1$, dan $b = 1$

$$\text{net} = \sum_{i=1}^2 w_i x_i + b = 1 * x_1 + 1 * x_2 + 1 = x_1 + x_2 + 1.$$

Jika diuji cobakan pada seluruh data masukan , maka akan diperoleh hasil seperti tampak pada table berikut.

x_1	x_2	$net = \sum_{i=1}^2 x_i w_i + b$	$f(net) = \begin{cases} 1 & \text{jika } net \geq 0 \\ 0 & \text{jika } net < 0 \end{cases}$
1	1	$1*1 + 1*1 + 1 = 3$	1
1	0	$1*1 + 0*1 + 1 = 2$	1
0	1	$0*1 + 1*1 + 1 = 2$	1
0	0	$0*1 + 0*1 + 1 = 1$	1

Tampak bahwa $f(net)$ tidak sama dengan target yang dimaksud dengan fungsi AND.

BERARTI : jaringan tidak dapat mengerti pola yang dimaksudkan.

b. Jika target berupa data bipolar, maka table masukan dan target, tampak pada table berikut

Masukan			Target
x_1	x_2	1	t
1	1	1	1
1	0	1	-1
0	1	1	-1
0	0	1	-1

Menggunakan cara seperti jawaban a., diperoleh tabel berikut:

Masukan	target	Perubahan bobot	Bobot Baru
$(x_1 \ x_2 \ 1)$	t	$(\Delta w_1 \ \Delta w_2 \ \Delta b)$	$(w_1 \ w_2 \ b)$
Insialisasi			$(0 \ 0 \ 0)$
$(1 \ 1 \ 1)$	1	$(1 \ 1 \ 1)$	$(1 \ 1 \ 1)$
$(1 \ 0 \ 1)$	-1	$(-1 \ 0 \ -1)$	$(0 \ 1 \ 0)$
$(0 \ 1 \ 1)$	-1	$(0 \ -1 \ -1)$	$(0 \ 0 \ -1)$
$(0 \ 0 \ 1)$	-1	$(0 \ 0 \ -1)$	$(0 \ 0 \ -2)$

Diperoleh $w_1 = 0$, $w_2 = 0$ dan $b = -2$

Jika diuji cobakan pada data masukan maka akan diperoleh hasil seperti tabel berikut:

x_1	x_2	$net = \sum_{i=1}^2 x_i w_i + b$	$f(net) = \begin{cases} 1 & \text{jika } net \geq 0 \\ -1 & \text{jika } net < 0 \end{cases}$
1	1	$1*0 + 1*0 + (-2) = -2$	-1
1	0	$1*0 + 0*0 + (-2) = -2$	-1
0	1	$0*0 + 1*0 + (-2) = -2$	-1
0	0	$0*0 + 0*0 + (-2) = -2$	-1

Tampak juga bahwa $f(net)$ tidak sama dengan target yang dimaksud dengan fungsi AND.

BERARTI: jaringan tidak dapat mengerti pola yang dimaksudkan.

c. Tabel masukan dan keluaran bipolar

Masukan			Target
x_1	x_2	1	t
1	1	1	1
1	-1	1	-1
-1	1	1	-1
-1	-1	1	-1

Menggunakan cara yang sama dengan jawaban a., diperoleh tabel berikut:

Masukan	target	Perubahan bobot	Bobot Baru
$(x_1 \ x_2 \ 1)$	t	$(\Delta w_1 \ \Delta w_2 \ \Delta b)$	$(w_1 \ w_2 \ b)$
Inisialisasi			$(0 \ 0 \ 0)$
$(1 \ 1 \ 1)$	1	$(1 \ 1 \ 1)$	$(1 \ 1 \ 1)$
$(1 \ -1 \ 1)$	-1	$(-1 \ 1 \ -1)$	$(0 \ 2 \ 0)$
$(-1 \ 1 \ 1)$	-1	$(1 \ -1 \ -1)$	$(1 \ 1 \ -1)$
$(-1 \ -1 \ 1)$	-1	$(1 \ 1 \ -1)$	$(2 \ 2 \ -2)$

Diperoleh $w_1 = 2$, $w_2 = 2$ dan $b = -2$

Jika diuji cobakan pada data masukan maka akan diperoleh hasil seperti tabel berikut:

x_1	x_2	$net = \sum_{i=1}^2 x_i w_i + b$	$f(net) = \begin{cases} 1 & \text{jika } net \geq 0 \\ -1 & \text{jika } net < 0 \end{cases}$
1	1	$1*2 + 1*2 + (-2) = 2$	1
1	-1	$1*2 + (-1)*2 + (-2) = -2$	-1
-1	1	$(-1)*2 + 1*2 + (-2) = -2$	-1
-1	-1	$(-1)*2 + (-1)*2 + (-2) = -6$	-1

Tampak juga bahwa $f(net)$ SAMA dengan target yang dimaksud dengan fungsi AND. **BERARTI:** jaringan dapat mengerti pola yang dimaksudkan.

Catatan:

Dari ketiga contoh di atas, tampak bahwa dalam jaringan Hebbian, bisa tidaknya suatu jaringan mengenali pola tidak hanya ditentukan oleh algoritma untuk merevisi bobot, tapi juga dari bagaimana representasi data yang di pakai !!!!.

Contoh berikut menampilkan kelemahan jaringan Hebbian yang TIDAK selalu dapat mengenali pola, baik menggunakan bentuk biner maupun bipolar

Contoh 2:

Buatlah jaringan Hebbian dengan 3 masukan dan sebuah target keluaran untuk mengenali pola yang tampak pada tabel berikut

Masukan			Target
x_1	x_2	x_3	t
1	1	1	1
1	1	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0

Penyelesaian

Jaringan Hebb terdiri dari 3 masukan dan sebuah neuron keluaran. Seperti pada contoh 1a. Sebelumnya, jaringan tidak akan mampu mengenali pola jika target keluaran = 0

(INGAT: bahwa perubahan bobot didasarkan ata perkalian masukan dan target sehingga jika target = 0 , maka perubahan bobot = 0)

Maka paling sedikit keluaran harus dijadikan bipolar (atau bahkan jika perlu baik masukan dan keluaran bipolar)

Tabel berikut merupakan tabel masukan biner dan keluaran bipolar

Masukan			Target
x ₁	x ₂	x ₃	t
1	1	1	1
1	1	0	-1
1	0	1	-1
0	1	1	-1

Hasil iterasinya:

Masukan	target	Perubahan bobot	Bobot baru
(x ₁ x ₂ x ₃ 1)	t	(Δw_1 Δw_2 Δw_3 b)	(w ₁ w ₂ w ₃ b)
Inisialiasai			(0 0 0 0)
(1 1 1 1)	1	(1 1 1 1)	(1 1 1 1)
(1 1 0 1)	-1	(-1 -1 0 -1)	(0 0 1 0)
(1 0 1 1)	-1	(-1 0 -1 -1)	(-1 0 0 -1)
(0 1 1 1)	-1	(0 -1 -1 -1)	(-1 -1 -1 -2)

Bobot awal (w₁ w₂ w₃ b) = (0 0 0 0).

Bobot baru = bobot lama + perubahan bobot, karena bobot awal semua = 0,

Bobot akhir yang dihasilkan merupakan penjumlahan semua perubahan bobot yang terjadi:

$$(w_1 \ w_2 \ w_3 \ b) \text{ akhir} = (1 \ 1 \ 1 \ 1) + (-1 \ -1 \ 0 \ -1) + (-1 \ 0 \ -1 \ -1) + (0 \ -1 \ -1 \ -1) = (-1 \ -1 \ -1 \ -2)$$

$$\text{net} = \sum_{i=1}^3 x_i w_i + b = -1 * x_1 + (-1) * x_2 + (-1) * x_3 + (-2) = -x_1 - x_2 - x_3 - 2$$

Jika diujikan pada data mula-2 diperoleh:

x_1	x_2	x_3	$\text{net} = \sum_{i=1}^2 x_i w_i + b$	$f(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{jika } \text{net} \geq 0 \\ -1 & \text{jika } \text{net} < 0 \end{cases}$
1	1	1	-5	-1
1	1	0	-4	-1
1	0	1	-4	-1
0	1	1	-4	-1

Tampak bahwa keluaran jaringan tidak tepat untuk pola yang pertama (seharusnya keluaran jaringan = 1).

Berikut jikalau baik masukan maupun target dijadikan bipolar

Masukan			Target
x_1	x_2	x_3	t
1	1	1	1
1	1	-1	-1
1	-1	1	-1
-1	1	1	-1

Hasil iterasinya:

Masukan	target	Perubahan bobot	Bobot baru
(x_1 x_2 x_3 1)	t	(Δw_1 Δw_2 Δw_3 b)	(w_1 w_2 w_3 b)
Inisialisasi			(0 0 0 0)
(1 1 1 1)	1	(1 1 1 1)	(1 1 1 1)
(1 1 -1 1)	-1	(-1 -1 1 -1)	(0 0 2 0)
(1 -1 1 1)	-1	(-1 1 -1 -1)	(-1 1 1 -1)
(-1 1 1 1)	-1	(1 -1 -1 -1)	(0 0 0 -2)

Bobot akhir yang dihasilkan merupakan penjumlahan semua perubahan bobot yang terjadi:

$$(w_1 \ w_2 \ w_3 \ b) \text{ akhir} = (1 \ 1 \ 1 \ 1) + (-1 \ -1 \ 1 \ -1) + (-1 \ 1 \ -1 \ -1) + (1 \ -1 \ -1 \ -1) = (0 \ 0 \ 0 \ -2)$$

$$\text{net} = \sum_{i=1}^3 x_i w_i + b = 0 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_2 + (-2) = -2$$

Jika diuji cobakan pada data mula-2:

x_1	x_2	x_3	$\text{net} = \sum_{i=1}^2 x_i w_i + b$	$f(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{jika } \text{net} \geq 0 \\ -1 & \text{jika } \text{net} < 0 \end{cases}$
1	1	1	-2	-1
1	1	-1	-2	-1
1	-1	1	-2	-1
-1	1	1	-2	-1

Tampak bahwa keluaran jaringan masih belum tepat untuk pola pertama.

JADI: bagaimanapun representasi data, jaringan tetap tidak mampu mengenali semua pola dengan benar

4B.2 Jaringan Hebb untuk Pengenalan Pola

Jaringan Hebb dapat digunakan untuk mengenali pola

Caranya: jaringan dilatih untuk membedakan 2 macam pola.

Jelasnya perhatikan contoh berikut:

Contoh 3:

Diketahui dua pola huruf X dan O pada gambar di bawah ini. Gunakan jaringan Hebb untuk mengenali pola tersebut.

# . . #	. # # # .
. # . # .	# . . . #
. . # . .	# . . . #
. # . # .	# . . . #
# . . #	. # # # .
Pola 1	Pola 2

Penyelesaian

Untuk merepresentasikan kasus tersebut dalam jaringan Hebb, tiap karakter pola dianggap sebagai sebuah unit masukan. Misalkan

karakter “#” dalam pola bernilai = 1, dan

karakter “.” dalam pola bernilai = -1

Karena setiap pola terdiri dari 5 baris dan 5 kolom, berarti jaringan Hebb terdiri dari 25 unit masukan $x_1 \dots x_{25}$ ($x_1 \dots x_5$ adalah karakter baris pertama, dst.) dan sebuah nilai bias yang bernilai =1

Sebagai target diambil sebuah unit yang akan bernilai = 1 jika masukan berupa pola 1 dan bernilai = -1 jika masukan berupa pola 2

Masukan																									Target				
x_1					x_5					x_{10}					x_{15}					x_{20}					x_{25}	t			
1	-1	-1	-1	1;	-1	1	-1	1	-1;	-1	-1	1	-1	-1;	-1	1	-1	1	-1;	1	-1	-1	-1	1				1	1
-1	1	1	1	-1;	1	-1	-1	-1	1;	1	-1	-1	-1	1;	1	-1	-1	-1	1;	-1	1	1	1	-1				-1	-1

Jika pola pertama dimasukkan, perubahan bobot yang terjadi merupakan hasil kali antara target dengan masukan pertama.

Karena target = 1, maka hasil kali ini akan sama dengan pola pertama.

Jadi bobot jaringan setelah pola pertama dimasukkan sama dengan nilai pola pertama:

$$1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1; \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1; \ -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1; \ -1 \ 1 \ -1 \ -1; \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1$$

Bobot bias $b = 1$

Perkalian masukan kedua dengan target menghasilkan Δw_i ($i = 1 \dots 25$):

$$1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1; \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1; \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1; \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1; \ 1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 1$$

Dan perubahan bobot bias $\Delta b = (-1) * 1 = 1$

Jika Δw_i ditambahkan ke bobot jaringan hasil pola pertama, maka diperoleh bobot akhir = w =

$$2 \ -2 \ -2 \ -2 \ 2; \ -2 \ 2 \ 0 \ 2 \ -2; \ -2 \ 0 \ 2 \ 0 \ -2; \ -2 \ 2 \ 0 \ 2 \ -2; \ 2 \ -2 \ -2 \ -2 \ 2$$

Bobot bias = $1 + (-1) = 0$

Sebagai uji coba apakah bobot ini sudah dapat memisahkan kedua pola, maka dilakukan perkalian antara nilai unit masukan tiap pola dengan bobot akhir:

Untuk pola 1, nilai net = 42. Maka $f(\text{net}) = 1$

Untuk pola 2, nilai net = -42. Maka $f(\text{net}) = -1$

Tampak bahwa untuk kedua pola, keluaran jaringan sama dengan target yang diinginkan.

BERARTI: Jaringan telah mengenali pola dengan baik.