

AUFGABE 1: ID3–Verfahren

Die folgende Tabelle enthält die Resultate eines Tests, der 9 verschiedene Weine umfasste:

Bezugsquelle	Herkunftsland	Art des Weines	Testergebnis
Globus	F	rot	+
COOP	CH	weiss	-
Denner	F	rot	-
COOP	CH	rot	+
Globus	CH	weiss	-
Denner	F	weiss	+
Globus	CH	rot	+
COOP	F	weiss	-
Denner	CH	rot	-

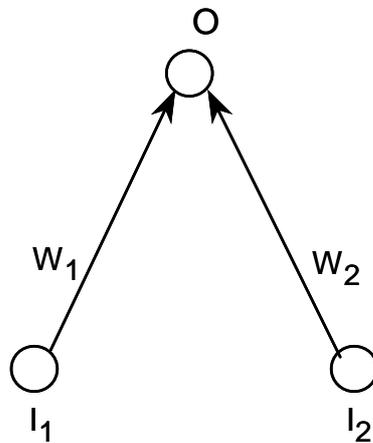
Versuchen Sie, aus diesen Daten ein Kriterium für qualitativ gute Weine (positives Testergebnis) herzuleiten.

- 1) Verwenden Sie das ID3-Verfahren (Berechnung der Entropieabnahmen!), und bestimmen Sie den zugehörigen Entscheidungsbaum.
- 2) Welche Regel für gute Weine ergibt sich aus diesem Entscheidungsbaum?

Anmerkung: Die "Testresultate sind frei erfunden und haben nichts mit der Realität zu tun!"

AUFGABE 2: Perceptron-Lernverfahren

Betrachten Sie das folgende Perceptron,



$$O = \text{sign}(\dots\dots\dots)$$

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & \text{falls } x \geq 0 \\ -1 & \text{falls } x < 0 \end{cases}$$

und die drei Lernbeispiele :

Beispiel	I_1	I_2	D
a	1	1	+1
b	0	1	+1
c	1	0	-1

(D = gewünschter Output):

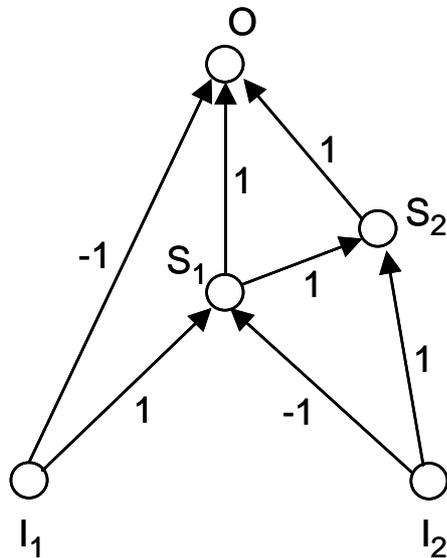
- 1) Bestimmen Sie das Lösungsgebiet im (W_1, W_2) – Raum.
Machen Sie eine Zeichnung $[-5 < W_1, W_2 < +5]$.

- 2) Wenden Sie das Perceptron-Lernverfahren an:
 - Anfangsgewichte: $W_1 = 1.5, W_2 = -3$; ($\eta = 1$).
 - Periodische Präsentation der Lernbeispiele (abcabcabc...).

Gegen welche Lösung (W_1, W_2) konvergiert das Verfahren?

Markieren Sie die Iterationsschritte in der obigen Zeichnung.

AUFGABE 3: Feedforward-Netzwerk



$O = \text{sign} (\dots)$

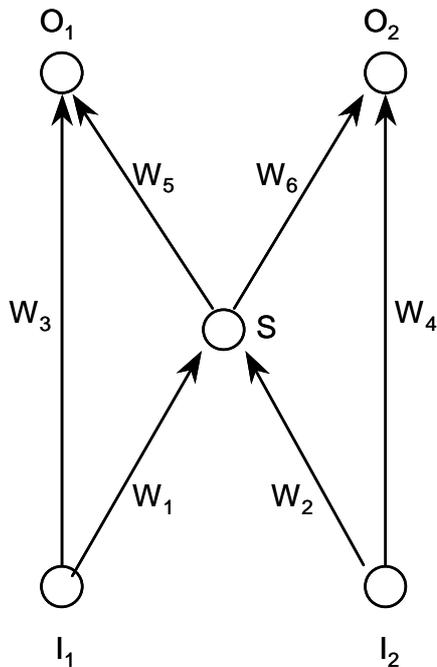
$S_k = \text{sign} (\dots) , \quad k = 1, 2$

Dieses Netzwerk unterteilt den Inputraum $[-\infty < I_1, I_2 < \infty]$ in zwei zusammenhängende Gebiete ($O = +1$ bzw. -1).

Bestimmen Sie die Grenze zwischen den zwei Gebieten und stellen Sie diese auch graphisch dar.

AUFGABE 4: Error-Backpropagation

Gegeben sei das folgende Feedforward-Netzwerk,



$$O_1 = W_3 I_1 + W_5 S \quad (\text{linear!})$$

$$O_2 = W_4 I_2 + W_6 S \quad (\text{linear!})$$

$$S = f(W_1 I_1 + W_2 I_2) = f(V)$$

$$f(x) = (1 - e^{-x}) / (1 + e^{-x})$$

sowie das Lernbeispiel $\{ I_1 = 1, I_2 = -1 ; D_1 = 3, D_2 = 1 \}$,
($D_1, D_2 =$ gewünschte Outputs).

Wählen Sie als Anfangsgewichte $W_i = 1$ ($i = 1, \dots, 6$), und benutzen Sie die folgende Fehlerfunktion:

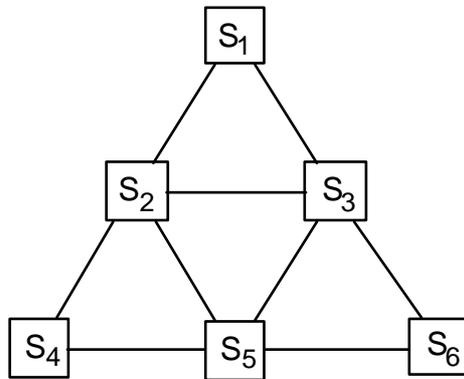
$$F = \frac{1}{2} (D_1 - O_1)^2 + \frac{1}{2} (D_2 - O_2)^2 \quad .$$

Führen Sie einen Schritt mit dem Error-Backpropagation-Algorithmus durch ($\eta = \frac{1}{2}$), und bestimmen Sie die neuen Gewichtswerte.

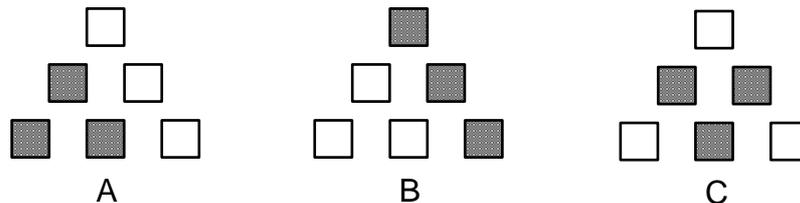
Hinweis: $\frac{df}{dx} = \frac{1}{2} [1 - f(x)^2]$, d.h. $\frac{dS}{dV} = \frac{1}{2} [1 - S^2]$.

AUFGABE 5: Hopfield-Netzwerk

Betrachten Sie das folgende (nicht vollständig verknüpfte) Hopfield-Netzwerk:



Benutzen Sie die Hebb'sche Lernregel, um in diesem Netzwerk die 3 Muster A, B und C zu speichern:

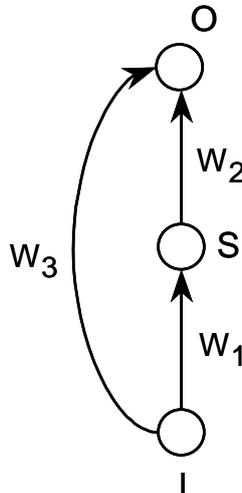


(wobei \blacksquare : $S_i = +1$, \square : $S_i = -1$)..

- 1) Welche Werte ergeben sich für die Gewichte der 9 Verbindungen?
(In Figur einzeichnen.)
- 2) Welches der 3 Muster ist kein stabiler Zustand des Netzwerks?
- 3) Gegen welchen stabilen Zustand konvergiert dieses Muster unter der üblichen Dynamik für Hopfield-Netzwerke?

AUFGABE 6: **Stochastische Neuronen** **A_{R-P} - Lernverfahren**

Im folgenden Feedforward-Netzwerk



bezeichnen O und S die Zustandsvariablen von stochastischen Neuronen, welche die Werte 1 und 0 annehmen können:

$$O \text{ bzw. } S = \begin{cases} 1 & \text{mit Wahrscheinlichkeit } p \\ 0 & \text{mit Wahrscheinlichkeit } 1-p \end{cases}, \quad p = \frac{1}{1 + \exp(-\text{Input})}.$$

Zu Beginn seien alle Gewichte gleich Null, d.h. die Wahrscheinlichkeiten, dass O bzw. S den Wert 1 annehmen, sind immer gleich 1/2, unabhängig vom Wert des Inputs I.

Wählen Sie nun für den Input $I = -1$, und korrigieren Sie die Gewichte gemäss dem A_{R-P}-Lernverfahren (mit $\eta = 2$) unter der Annahme, dass $S = 1$, $O = 1$ und $r = 1$ (d.h. Reward).

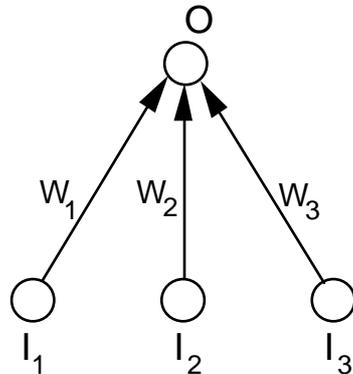
- 1) Welche Werte ergeben sich für die 3 Gewichte nach einem Lernschritt?
- 2) Wie gross ist jetzt die Wahrscheinlichkeit, dass O und S wieder beide den Wert 1 annehmen, wenn der Input $I = -1$ noch einmal präsentiert wird?

Hinweis: Änderung von W_{ij} (Gewicht der Verbindung von S_j zu S_i) mit A_{R-P}-Lernverfahren:

$$\Delta W_{ij} = \eta [r(S_i - p(S_i)) - \alpha(1-r)(S_i - 1 + p(S_i))] S_j.$$

AUFGABE 7: "Iterative Improvement"

Ein Perceptron, bei dem die Gewichte nur die Werte +1 oder -1 annehmen können,



$$O = \text{sign}(\dots\dots\dots)$$

$$W_i = \pm 1 \quad (i = 1, 2, 3)$$

soll die folgenden 4 Lernbeispiele richtig klassifizieren:

	I_1	I_2	I_3	D
a	+1	+1	-1	+1
b	-1	-1	-1	+1
c	-1	-1	+1	-1
d	+1	-1	+1	+1

[D = gewünschter Output]

Zur Bestimmung der Gewichte soll ein "Iterative Improvement"-Verfahren verwendet werden:

- E = Anzahl Fehlklassifizierungen = minimal
- Zufällige Änderungen = Vorzeichenwechsel eines einzelnen W_i

A) Gegen welche (ev. lokalen) Minima kann dieses Verfahren konvergieren?

B) Wieviele Fehlklassifizierungen erzeugen diese "Lösungen?"

AUFGABE 8: Lern- und Verallgemeinerungsverhalten von neuronalen Netzwerken

- 1) Sie versuchen, mit einem Perceptron ein Klassifizierungsproblem zu lösen, stellen aber fest, dass das Perceptron-Lernverfahren nicht konvergiert, d.h. das Problem ist offenbar nicht linear separabel.

Was für Möglichkeiten gibt es, die einfache Perceptron-Architektur beizubehalten und trotzdem eine möglichst gute Lösung zu finden?

- 2) Wie gross ist die Kapazität eines Hopfield-Netzwerks mit N Neuronen, dessen Gewichte mit der Hebb'schen Lernregel bestimmt wurden?

Welche Bedeutung hat die Kapazität in Bezug auf das Mustererkennungsverhalten eines Hopfield-Netzwerks?

- 3) Zur Lösung einer Objekterkennungs-Aufgabe soll ein Multilayer-Perceptron mit 5 Inputs (inklusive Schwelle), einer Schicht von "Hidden Units" und einem Output-Neuron verwendet werden.

Es stehen 50 Lernbeispiele zur Verfügung.

Wieviele Neuronen wählen Sie für den "Hidden Layer"?
(Begründen Sie Ihre Antwort!)

- 4) Beschreiben Sie kurz die folgenden drei Techniken zur Vermeidung des "Übertrainierens" von neuronalen Netzwerken:

- "Training with Noise"
- "Weight Pruning"
- "Stopped Training"