

## 5. Übungsblatt zu Computersimulationen SS 2006

Es soll ein neuronales Netz implementiert werden, das in der Lage ist, binäre Zeitfolgen der Form

$$\mathbf{F} = (+1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, \dots, +1) = (F_1, F_2, \dots, F_Z)$$

zu analysieren. Für die  $n$  Neuronen gibt es je ein synaptisches Gewicht  $\omega_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  das es zu bestimmen gilt.

- **Eingabeparameter:**

$\mathbf{F}$  ... Vektor, der die binären Daten enthält.

$t$  ... Anzahl der Daten, die zum Trainieren des Netzes verwendet werden.

$n$  ... Anzahl der Neuronen (Eingangssynapsen). ( $< t$ )

$c$  ... Anzahl der Lernzyklen.

$Z$  ... Zahl der Elemente von  $\mathbf{F}$ .

- **Lernprozess:**

Es wird aus der Zeitfolge ein Fenster

$$\mathbf{S}^{(\nu)} = (F_\nu, F_{\nu+1}, \dots, F_{\nu+n-1}), \quad \nu = 1, \dots, t$$

vom Perzepton eingelesen und das nächste Element der Folge vorhergesagt, also:

$$S_0^{(\nu)} = F_{\nu+n}.$$

Man bildet den Trainingsvektor

$$\boldsymbol{\xi}^{(\nu)} = \mathbf{S}^{(\nu)} S_0^{(\nu)}$$

und die Vorhersage ist korrekt, wenn

$$\boldsymbol{\omega}^T \boldsymbol{\xi}^{(\nu)} > 0, \quad \boldsymbol{\omega}^T = (\omega_1 \dots \omega_n)$$

ist.  $\boldsymbol{\omega}$  wird nach der Perceptron-Regel

$$\Delta \boldsymbol{\omega} = \begin{cases} \boldsymbol{\xi}^{(\nu)} / n & \text{für } \boldsymbol{\omega}^T \boldsymbol{\xi}^{(\nu)} \leq 0 \\ 0 & \end{cases}$$
$$\boldsymbol{\omega}' = \boldsymbol{\omega} + \Delta \boldsymbol{\omega}$$

angepaßt. (Man startet das Training mit  $\boldsymbol{\omega} = \mathbf{0}$ .)

Dies wird  $c$  mal wiederholt. Am Ende des Trainings steht dann der Vektor  $\bar{\boldsymbol{\omega}}$  zur Verfügung, welcher nicht mehr verändert wird.

- **Test:** Nach dem Training wird die Vorhersagekraft des Perzeptons überprüft. Die Zeitfolge besteht aus  $Z > n+t+1$  Einträgen, und man tastet nun die gesamte Zeitfolge ab ohne  $\bar{\omega}$  zu verändern und verwendet die Beziehung

$$S_0^{(\nu)} = \text{sign}(\bar{\omega}^T \mathbf{S}^{(\nu)})$$

um den Eintrag  $F_{\nu+n}$  aus  $\mathbf{F}$  vorherzusagen. Der Vergleich mit dem tatsächlichen Eintrag bestimmt dann die Erfolgsrate

$$r = \frac{\text{Zahl der korrekten Antworten}}{\text{Zahl der Versuche}}.$$

- **Zeitfolgen:** Es sollen folgende Zeitfolgen untersucht werden:

1. Die Zeitfolge, welche im File `zeitfolge.dat` enthalten ist. Dieser enthält 0/1 Einträge, welche in -1/+1 Einträge umzuwandeln sind.
2. Analyse des bereitgestellten Bitmusters (File `muster.m`). Überprüfung der Grundfunktionalität Aufruf der Funktion etwa mit (Vorschlag): `[erg] = muster(20,6,0)`; entsprechend der bereitgestellten Hilfe. Der Test erfolgt dann unter Verwendung des Aufrufs `[erg] = muster(20,6,1)`;
3. Eine Zufallsfolge von  $Z$  Einträgen, welche nach der Regel

$$F_i = \begin{cases} -1 & 0 \leq r < 0.5 \\ +1 & 0.5 \leq r < 1 \end{cases} \quad i = 1, \dots, Z$$

generiert werden, mit  $r \in [0, 1)$  einer gleichverteilten Zufallszahl. Schreiben Sie das hierzu erforderliche Unterprogramm.

Finden Sie die jeweils optimale Zahl  $n$  von Eingangssynapsen.

- **Untersuchungen:**

Es ist die Zeitfolge sowie die Erfolgsrate graphisch darzustellen. Fehlvorhersagen sind in der graphischen Darstellung der Zeitfolge hervorzuheben. Die Ergebnisse sind zu diskutieren.