# 5. Übungsblatt zu Computersimulationen
# SS 2006

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

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

zu analysieren. Für die $n$ Neuronen gibt es je ein synaptisches Gewicht $\omega_i$, $i = 1, 2, \ldots, n$ 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 (Einganssynapsen). ($< t$)
  $c$ … Anzahl der Lernzyklen.
  $Z$ … Zahl der Elemente von $\mathbf{F}$.

- **Lernprozess:**
  Es wird aus der Zeitfolge ein Fenster

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

  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

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

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

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

  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 $Z > n+t+1$ Eintägen, und man tastet nun die gesamte Zeitfolge ab ohne $\bar{\boldsymbol{\omega}}$ zu verändern und verwendet die Beziehung

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

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 erfolgta dann unter Verwendung des Aufrufs `[erg] = muster(20,6,1);`.
  3. Eine Zufallsfolge von $Z$ Einträgen, welche nach der Regel

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

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