

Stabilisierung des Roboters mit Hilfe eines Lernverfahrens (Aufg. 3M..5M)

Aufgabe 4M: Neuronales Netz

1) Programmieren Sie den Algorithmus für ein neuronales Netz mit N_i Input-Neuronen, N_h Hidden-Neuronen und N_o Output-Neuronen. Die formale Abbildungsvorschrift hierfür lautet:

$$\mathbf{y}|_{t+1} = \tanh(\mathbf{W} \cdot \mathbf{x}|_t)$$

Hierin bedeutet $|_t$ zum Zeitpunkt t , \mathbf{W} die Gewichtsmatrix der neuronalen Verbindungen, \mathbf{x} und \mathbf{y} den Neuronenvektor inklusive bzw. exklusive Input-Neuronen. Die Länge von \mathbf{x} ist $N_i + N_o + N_h$ und die Länge von \mathbf{y} ist $N_o + N_h$. Innerhalb der Vektoren sind zuerst die Signale der Input-Neuronen angeordnet, dann die der Output-Neuronen und schließlich die der Hidden-Neuronen. Der Tangens Hyperbolicus wird komponentenweise angewandt. Machen Sie sich klar, wie die formale Abbildung mit einem neuronalen Netz korrespondiert.

Testen Sie Ihren Algorithmus mit folgenden Werten:

- $N_i = 1$
- $N_o = 2$
- $N_h = 0$
- $\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 0.001 & 1.1 & 0.3 \\ 0.0 & -0.3 & 1.1 \end{pmatrix}$

Das Eingangsneuron soll ständig den Wert 1 haben (sog. Bias-Eingang), die beiden Ausgangsneuronen sollen zum Zeitpunkt $t=0$ auf zufällige Werte im Intervall $[-0.03, +0.03]$ initialisiert werden.

Lassen Sie das neuronale Netz für 500 Zeitschritte laufen und zeichnen Sie die Werte der beiden Ausgangsneuronen in ein XY-Diagramm ein. Es sollte sich annähernd ein Kreis ergeben. Wiederholen Sie den Test inklusive Diagramm für leicht veränderte Werte der Matrix.

2) Die Gewichtsmatrix \mathbf{W} lässt sich als langer Vektor interpretieren (indem man die Zeilen der Matrix einfach hintereinander schreibt). Somit kann \mathbf{W} mit einem Individuum der künstlichen Evolution aus der Aufgabe 3M identifiziert werden: wir können neuronale Netze evolvieren.

Evolvieren Sie ein neuronales Netz, dessen beiden Ausgangsneuronen im XY-Diagramm ein um den Nullpunkt liegendes Quadrat mit den Kantenlängen 1.4 ausgibt (Rechteck-Oszillator). Wählen Sie hierfür eine geeignete Definition für die Fitness.

Erläutern Sie die Definition Ihrer Fitness-Funktion, zeigen Sie den Verlauf der Evolution (wie in Aufgabe 3M), geben Sie die resultierende Matrix an (d.h. das beste Individuum) sowie das zugehörige XY-Diagramm.