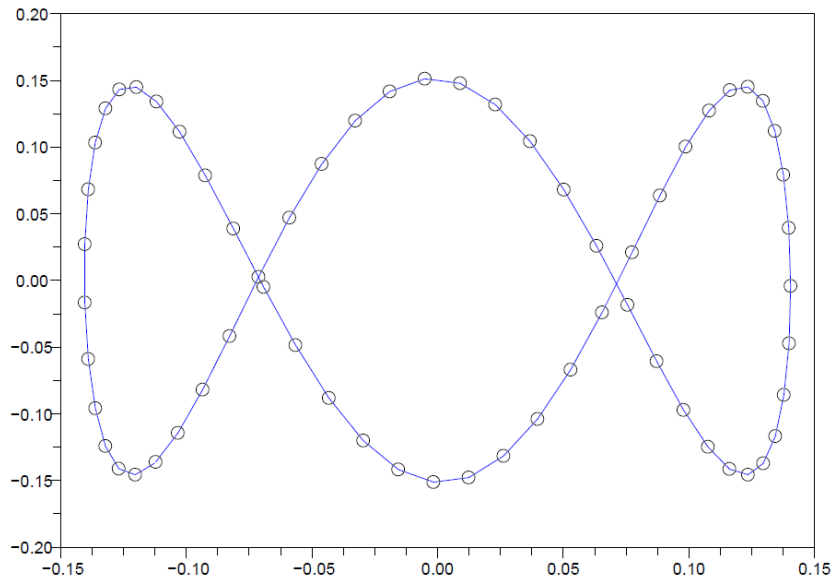


A - Bewegungssteuerung (5 Punkte)

Um einen humanoiden Roboter in Tanzbewegung zu versetzen, benötigen Sie zur Ansteuerung der Gelenkmotoren zwei phasenstarre Signale wie im nachstehenden XY-Diagramm dargestellt: Wie aus den



eingezeichneten Datenpunkten ersichtlich ist, schwankt die Änderungsgeschwindigkeit der beiden Motorsignale nicht sehr stark. Eine Periode umfasst ungefähr 64 Abtastschritte (die genaue Position der Datenpunkte ändert sich bei jeder Periode). Geben Sie ein neuronales Netzwerk an, das die beiden Signale produziert. Die Anzahl der verwendeten Neuronen ist frei, aber sämtliche Gewichte dürfen betragsmäßig nicht größer als 8 sein. Stellen Sie die verwendete Netzstruktur inklusive der Verbindungsgewichte grafisch dar und erklären Sie die Funktionsweise (Grafiken der Signalverläufe helfen hierbei). Sie müssen die Kurve nicht exakt nachbilden – es genügt, wenn Amplituden, Periode und der Signalverlauf grob übereinstimmen. Ergeben sich für verschiedene Startwerte Ihres Netzwerkes auch andere Kurven? Welche anderen Signalverläufe lassen sich mit Ihrem Netzwerk auf einfache Weise erzielen, welche Signalverläufe wären komplizierter? Welche Veränderungen lassen sich durch die Einkopplung von Biaswerten realisieren?

B - Klassifikation von Beschleunigungsdaten (5 Punkte)

Gegeben sind die Daten aus einem realen Experiment. An einem Menschen wurden 16 Beschleunigungssensoren mit je zwei Achsen über den gesamten Körper verteilt befestigt und die Daten einer wiederholten Aufsteh- und Hinsetzbewegung aufgezeichnet. Die Daten sind auf das Intervall [-1,1] normiert und in einer Matrix $X \in \mathbb{R}^{32 \times N}$ zusammengefasst, wobei N die Anzahl der Zeitschritte bei einer Abtastrate von 100 Hz ist. Implementieren Sie nun den Algorithmus zum *Growing Neural Gas with Utility* (GNG-U) und schicken Sie die vorbereiteten Sensordaten in den Algorithmus (*Loop*). Visualisieren Sie die Entwicklung des Netzes in einem 3-dimensionalen Unterraum (z. B. die ersten drei Hauptkomponenten, *singular value decomposition*, Aufruf in SCILAB: `[U,S,V] = svd(X,0)`). Interpretieren Sie das Ergebnis. Variieren Sie systematisch einen Parameter Ihrer Wahl und schildern Sie die Auswirkungen auf den Algorithmus.

C - Lernregel mit globalem Wissen (4 Punkte)

Definieren Sie drei 6-dimensionale quadratische Zufallsmatrizen M_1 bis M_3 , wobei die Elemente der Hauptdiagonalen aus dem Intervall $I_s := [0; 2]$ stammen sollen und alle anderen Elemente aus dem Intervall $I_r := [-1; 1]$. Interpretieren Sie nacheinander jede dieser Matrizen als Verbindungsmatrix eines rekurrenten neuronalen Netzes mit sechs Neuronen ohne Bias. Simulieren Sie das Netz jeweils für unterschiedliche zufällige Startwerte und erstellen Sie eine dreidimensionale Grafik, in der alle Trajektorien zu einem Netz gemeinsam dargestellt werden. Für die Grafik werden nur die Ausgangssignale der ersten drei Neuronen betrachtet (Unterphasenraum). Beschreiben Sie die grafisch gefundenen Attraktoren zu jedem Netz. Wählen Sie eines der drei betrachteten Netze mit zugehöriger Matrix M_i aus und betrachten Sie für verschiedene $\alpha \in [0; 2]$ das Verhalten des Netzes mit der Verbindungsmatrix αM_i . Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen in Abhängigkeit von α . Definieren Sie eine Lernregel R für α , wobei $\alpha(t+1) := \alpha(t) + \Delta\alpha(t)$ mit $\Delta\alpha(t) := \varepsilon R(x(t))$. Hierbei ist x der Ausgangssignalvektor des Netzes und $\varepsilon > 0$ die Lernrate. Ziel der Lernregel ist es, die mittlere Signalstärke des Netzes konstant zu halten, konkret soll gelten: $|x| = 0,7$, mit einer Norm Ihrer Wahl. Stellen Sie grafisch das Verhalten des Netzes mit Lernregel dar, beschreiben Sie die Funktionsweise und Ihre Beobachtungen und probieren Sie zum Schluss auch die anderen beiden Zufallsnetze mit Lernregel aus. Spielen Sie auch etwas mit der Lernrate ε herum.

Hinweis: Für die Implementierung der Aufgaben **B** und **C** könnten die SCILAB-Befehle `param3d`, `find` und `waitbar` interessant sein. Es empfiehlt sich weiterhin die Bearbeitung der Aufgaben nicht allzulange hinauszuschieben.