IWR, Universität Heidelberg
Aufgabenblatt 1

Sommersemester 2011
27. April 2011

Übungen zur Vorlesung

Modellierung und Simulation in den Neurowissenschaften

http://conan.iwr.uni-heidelberg.de/teaching/numsimneuro_ss2011

Dr. S. Lang, D. Popović

Abgabe: 04. April 2011 in der Übung

Übung 1 Einführung in Octave (5 Punkte)

1. In der Vorlesung haben Sie das Mathematik-System *Octave* kennengelernt. In dieser Aufgabe sollen einige kleine Fingerübungen gelöst werden. Beachten Sie auch die Tipps auf der *Octave*-Hilfeseite auf der Hompepage.

   Legen Sie eine Matrix und einen Vektor an:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 6 & 8 \\ 16 & 33 & 50 & 67 \\ 4 & 15 & 31 & 44 \\ 10 & 29 & 63 & 97 \end{pmatrix}, \qquad b = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix},$$

   und

   - Lösen Sie das Gleichungssystem $A \cdot \vec{x} = \vec{b}$,
   - Berechnen Sie $A^T A$,
   - Berechnen Sie die LU-Zerlegung von A.

2. Plotten Sie die Funktion $f(x, y) = exp(-0.1 \cdot x^2 - 0.25 \cdot y^2)$ in den Wertebereichen $I_x = [-3, 3], I_y = [-4.25, 4.25]$ mit einem Spacing von 0.1 in $x-$ und 0.3 in y-Richtung mit Gitternetzlinien. Exportieren Sie den Plot als *eps*-, *png*- oder *pdf*-Datei.

3. Berechnen Sie ein Matrix-Vector-Produkt einer (600×600)-Zufallsmatrix mit einem (600×1)-Zufallsvektor und messen Sie die verbrauchte Zeit für die

   - Verwendung der eingebauten Funktion `*`,
   - Verwendung von `for`-Schleifen.

   Führen Sie, um Messfehler auszugleichen, mehrere Durchläufe durch und vergleichen Sie die gemessenen Zeiten.

Übung 2 Ein Integrate-and-Fire Punktneuronen-Modell (5 Punkte)

In der Vorlesung haben Sie das phenomenologische Izhikevich-Punktneuronen-Modell kennengelernt. In dieser Aufgabe wird ein weiteres einfaches Punktneuronen-Modell, das *Leaky Integrate and Fire*-Modell, mit Octave numerisch gelöst. Das Modell hat die Form

$$\begin{aligned} \tau_m \partial_t v(t) &= -(v(t) - v_L) + R \cdot I(t), \\ v(t) &= v_{reset}, && \text{falls } v(t) > v_{threshold}, \\ v(0) &= v_0. \end{aligned}$$

Hierbei werden das Potential $v(t)$, die Potential-Batterie v_L, der Spike-Schwellwert $v_{threshold}$, der initiale Potential-Wert v_0 sowie v_{reset}, der Reset-Wert des Potentials, in $[mV]$ gemessen, $I(t)$ ist ein eingeprägter Strom in nA, R der gesamte Membran-Wiederstand in $M\Omega$ und $\tau_m = R \cdot C$ eine Zeitkonstante in ms, die aus dem Produkt des Wiederstandes mit einer Kapazität C (in pF) berechnet wird und die die dynamischen Vorgänge des Systems hinreichend auflöst. Die Modellzeit t hat die Einheit ms.

Beachten Sie, daß im Unterschied zum Izhikevich-Modell für dieses Modell kein Spike-erzeugender Prozess existiert, d.h., ein Spike ist charakterisiert durch das Übertreffen eines frei wählbaren Thresholds. ohne das der absolute Wert des Spikes (in $[mV]$) interessiert. Zwar wird auch hier das Potenzial wie beim Izhikevich-Modell auf den Reset-Wert gesetzt, allerdings ist der Wert von $v_{threshold}$ hier nicht der Peak-Wert, sondern die Barriere zur Spike-Generierung. Der Wert des Peaks wird dabei von Hand vorgegeben und ist nicht relevant. Bei Izhikevich hingegen ist der Wert, bei dem das Potential zurückgesetzt wird, als Peak-Wert anzusehen. In diesem Sinne ist das *Leaky Integrate-And-Fire*-Neuron kein *Spiking Neuron*, d.h. es enthält keinen intrinsischen Spike-generierenden Mechanismus.

1. Implementieren Sie das Forward-Euler-Verfahren für das Modell mit Octave und den Parametern $R = 10,\ \tau_m = 10,\ t_{end} = 1000,\ dt = 0.1,\ v_L = -65,\ v_{threshold} = -50$ und $v_{reset} = -65$. Der Startwert des Potentials sei $v(0) = v_0 = 0$. Der Strom soll konstant sein, $I(t) = I_0 = 2.0$. Erzeugen Sie Plots „Potential über Zeit“ und „Strom über Zeit“ und exportieren Sie diese als *eps*-, *png*- oder *pdf*-Datei (Den Peak bzw. Peak-Wert müssen Sie nicht mit einzeichnen).

2. Welchen Effekt beobachten Sie, wenn Sie den Strom auf $1.4\,nA$ erniedrigen? Haben Sie eine Erklärung hierfür? Berechnen Sie zur Argumentation das Gleichgewichts-Potential ($\tau_m \partial_t v = 0$) bei konstantem Strom.

3. Implementieren Sie einen zeitabhängigen Strom $I(t)$, beim dem auf einen Grundstrom von $I_0 = 1.4nA$ vier Sinus-Moden $sin(\omega t)$ mit zufälliger Frequenz ω (Octave-Funktion `rand(1)`) addiert werden. Fertigen Sie wiederum Plots wie in Teilaufgabe (1) an und kommentieren Sie das Spike-Verhalten.