

Übung 3: Okulare Dominanz

Christoph Bauermeister

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

22.05.2017

Übungstechnische Hinweise

- ▶ Abgabetermin für aktuelle Übung: Do, 08.06.2017, 11.00 Uhr!
- ▶ Lösungen bitte an: chrbauermeister@googlemail.com
- ▶ Lösungsformat: Eine pdf (!) Datei mit allen Diskussionen, Herleitungen, Bildern, etc. und eine oder mehrere m-Dateien mit dem MatLab-Code.
- ▶ Ablauf der Übung: (1) Kurze Präsentation. (2) Zeit zum eigenständigen, beaufsichtigtem Programmieren.

Einleitung

- ▶ Aktivitätsabhängige synaptische Plastizität ist ein wichtiges Phänomen, das Lernen, Gedächtnis und der Entwicklung von neuronalen Schaltkreisen unterliegt.
- ▶ Donald Hebb (1949): Wenn synaptischer Input von Neuron A signifikant zum Feuern von Neuron B beiträgt, dann wird die synaptische Verbindung von A nach B gestärkt.
- ▶ Hebbsche Plastizität: Plastizität, die auf Korrelationen zwischen prä- und postsynaptischen Feuerraten basiert.

Stabilität

- ▶ Die Hebbsche Regel verursacht Instabilitäten!
- ▶ Einschränkung der Instabilität: Beschränken der Gewichte nach oben oder Einführung von Wettbewerb zwischen verschiedenen Synapsen (wenn einige ihr Gewicht vergrößern, dann müssen andere ihr Gewicht verkleinern)

Feuerratengleichung

$$\tau \frac{dv}{dt} = -v + \mathbf{w} \cdot \mathbf{u} \quad (1)$$

Dabei ist:

- ▶ τ : Zeitkonstante
- ▶ \mathbf{w} : Vektor der synaptischen Gewichte
- ▶ \mathbf{u} : Vektor der präsynaptischen Feuerraten
- ▶ v : postsynaptische Feuerrate

Über längere Zeitskalen (Plastizität viel langsamer als das Feuern!) gilt:

$$v = \mathbf{w} \cdot \mathbf{u} \quad (2)$$

Die Hebb'sche Regel

$$\tau \frac{d\mathbf{w}}{dt} = v \cdot \mathbf{u} \quad (3)$$

Dabei ist:

- ▶ τ : Zeitkonstante
- ▶ \mathbf{w} : Vektor der synaptischen Gewichte
- ▶ \mathbf{u} : Vektor der präsynaptischen Feuerraten
- ▶ v : postsynaptische Feuerrate

Instabilität! Beschreibt nur LTP!

Modifizierte Hebb'sche Regel

$$\tau \frac{d\mathbf{w}}{dt} = (v - \theta_v) \cdot \mathbf{u} \quad (4)$$

Dabei ist:

- ▶ τ : Zeitkonstante
- ▶ \mathbf{w} : Vektor der synaptischen Gewichte
- ▶ \mathbf{u} : Vektor der präsynaptischen Feuerraten
- ▶ v : postsynaptische Feuerrate

Beschreibt LTP und LTD!

Kovarianzregel

- ▶ wähle: $\theta_v = \langle v \rangle$
- ▶ benutze: $v = \mathbf{w} \cdot \mathbf{u}$
- ▶ ersetze die rechte Seite durch ihren Mittelwert

Kovarianzregel

$$\tau_w \frac{d\mathbf{w}}{dt} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{w} \quad (5)$$

$$\mathbf{C}_{ij} = \langle u_i u_j \rangle - \langle u_i \rangle \langle u_j \rangle \quad (6)$$

Oja-Regel

$$\tau_w \frac{d\mathbf{w}}{dt} = \mathbf{C}\mathbf{w} - \frac{1}{2}(\mathbf{w}^T \mathbf{C}\mathbf{w})\mathbf{w} \quad (7)$$

Okulare Dominanz

Wir betrachten zwei LGN-Neuronen, die zum primären visuellen Kortex projizieren, u_L und u_R . Dabei bekommt u_L Input vom linken Auge, und u_R vom rechten. Man beobachtet, dass die Zielneuronen im primären visuellen Kortex hauptsächlich Input von einem Auge bekommen (okulare Dominanz). In dieser Übung geht es darum, dieses Phänomen mit Hilfe von Kovarianzregel und Oja-Regel nachzuvollziehen.

Beschreibung der Übung

Dabei nehmen die Raten von u_L und u_R der Einfachheit halber nur zwei Werte an: 1 oder 0.

$$\langle u_R \rangle = \langle u_L \rangle = \frac{1}{2}$$

$$p_{11} = p_{00} = \frac{\gamma}{4}$$

$$p_{01} = p_{10} = \frac{1}{2} - \frac{\gamma}{4}$$

Beschreibung der Übung

Teil der Übung ist die Berechnung der Matrix **C**.

Beispiel: $\langle u_R u_L \rangle = 0 \cdot p_{00} + 0 \cdot p_{01} + 0 \cdot p_{10} + 1 p_{11} = \frac{\gamma}{4}$

Beschreibung der Übung

Visualisierung von Eigenvektoren: ShowEigen(C)

Zeichnet die Eigenvektoren mit Länge gleich Eigenwert

Berechnung von Eigenvektoren und -werten

MatLab-Befehl: $[V,L]=\text{eig}(C)$

Dann enthält V die Eigenvektoren und L in der Diagonale die zugehörigen Eigenwerte.

Hinweis zum Plotten

Zum plotten der Gewichtszustände im Raum $[0, 1] \times [0, 1]$ den Plotbereich so wählen, dass die kritischen Achsen sichtbar sind:
`axis([-0.1, 1.1, -0.1, 1.1])`

Fragen

- ▶ Matrizenrechnung klar!?
- ▶ Herleitung der Differentialgleichungen klar!?
- ▶ Numerische Lösung von DGL klar (Euler-Schritt)!?
- ▶ Erzeugung eines Ensembles von Inputs klar?