



Westfälische
Wilhelms-Universität
Münster

Konnektivität im Gehirn

Lutz Althüser, Tobias Frohoff-Hülsmann, Victor Kärcher,
Lukas Splitthoff, Timo Wiedemann

Überblick

Motivation und Ziel

Die Modelle

Lineares Modell

Bilineraes Modell

Hämodynamisches Modell

Numerische Methoden

Euler-Verfahren

Runge-Kutta-Verfahren (4. Ordnung)

Theoretische Experimente

linear

bilinear

hemodynamisch

Literatur

```

from programs import RK4 as RK4
from programs import Euler as RK1
from programs import hemodynamicModel as HM
from programs import bilinearModel as BM

# Parameter Beispiel 1
T = 100. # Endzeit
t0 = 0. # Anfangszeit
dt = 0.1 # Zeitschrittlänge
t = np.arange(t0, T+dt, dt) # Zeitarray

A = np.array([[[-1., 0., 0. ],
               [0.3, -1, 0.2],
               [0.6, 0., -1.]]) # Kopplung

B1 = np.zeros((3,3)) # Induzierte Kopplung
B2 = np.array([[0, 0, 0 ],
               [0, 0, 0.8],
               [0.1, 0, 0 ]]) # Zusammenfassen der ind. Kopplung in ei

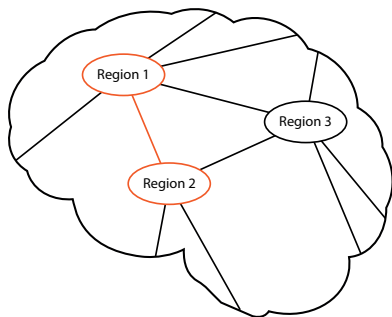
C = np.array([B1, B2]) # äußerer Einfluss auf Hirnaktivität

# Stimulus u1
u[1, 451:550] = 2.
# Stimulus u2
u[1, 251:350] = 5.
# Stimulus u2
u[1, 691:910] = 2.

# Anfangsbedingungen
x_0 = np.ones(15)
x_0[0:6] = 0.

# Zusammenfassen der Parameter für das "hemodynamicModel"
theta = np.array([A,B,C])
    
```

Einleitung in DCM - Dynamic Causal Model



Interaktion zwischen
verschiedenen Hirnregionen

Konnektivität im Gehirn

Über die Mathematische
Modellierung von Interaktionen
zwischen mehreren Regionen des
Gehirns.

Ziel

Das Aufstellen eines einfachen und
realistischen neuronalen Modells
aller interagierenden Gehirnregionen.

Einleitung in DCM - Dynamic Causal Model

[Hier ein nettes Bild]

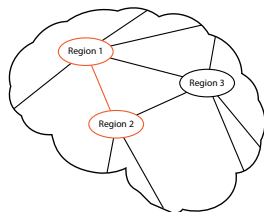
Ziel

Das Aufstellen eines einfachen und realistischen neuronalen Modells aller interagierenden Gehirnregionen.

- ▶ Rückschlüsse auf die Verschaltung von Hirnregionen
- ▶ Einfluss der Veränderungen in der neuronalen Aktivität

Datengrundlage des DCM sind funktionelle
Magnetresonanztomographien.

Lineares Modell



u Inputs $\rightarrow z$ Outputs pro Hirnregion

Inputs

- ▶ direkten Input: Veränderung des neuronalen Zustands
- ▶ latenten Input: Veränderung der Vernetzung

Outputs

- ▶ neuronale Aktivität in der Hirnregion
- ▶ ...

Vernetzung von
Hirnregionen

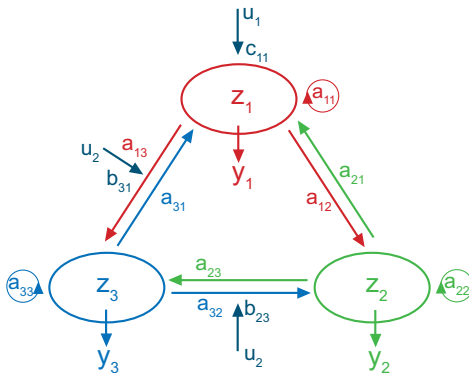
$$\dot{z} = A + Cu$$

Matrix A: Konnektivitätsmatrix - Verschaltung der Hirnregionen

Matrix C: Einfluss der Inputs auf die neuronale Aktivität einer Hirnregion

Bilineares Modell

Gehirn als nicht-lineares, deterministisches, dynamisches System



$$\dot{z} = (A + \sum_j u_j B^j)z + Cu$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \\ c_{31} & c_{32} \end{pmatrix}$$

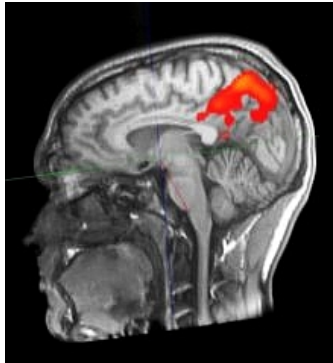
Vergleichbarkeit

Bilineare Modell \Rightarrow Gehirnaktivitäten $z_i(t)$

Vergleichbarkeit

Bilineare Modell \Rightarrow Gehirnaktivitäten $z_i(t)$

Experiment (funktionelle MRT) \Rightarrow BOLD-Signal/Kontrast $y_i(t)$
 \approx Sauerstoffgehalt der roten Blutkörperchen



Hämodynamisches Modell

4 biophysikalische Zustandsvariablen übermitteln $z_i(t) \rightarrow y_i(t)$:

$s_i(t)$: Zusammenfassung mehrerer neurogener Signale

$f_i^{\text{in}}(t)$: (sauerstoffreicher) Blutzufuss

$v_i(t)$: Venenvolumen

$q_i(t)$: Desoxyhämoglobinkonzentration

Biophysikalisch:

$$\dot{s}_i = z_i - \kappa s_i - \gamma(f_i^{\text{in}} - 1)$$

$$\dot{f}_i^{\text{in}} = s_i$$

$$\dot{v}_i = \frac{1}{\tau}(f_i^{\text{in}} - f_i^{\text{out}}) = \frac{1}{\tau}(f_i^{\text{in}} - v_i^{1/\alpha})$$

$$\dot{q}_i = \frac{1}{\tau}(f_i^{\text{in}} E_i / \rho - v_i^{1/\alpha} q_i / v_i)$$

BOLD-Signal (fMRT):

$$y_i = V_0(k_1(1 - q_i) + k_2(1 - q_i/v_i) + k_3(1 - v_i))$$

Euler-Verfahren

explizites Verfahren

Runge-Kutta-Verfahren (4. Ordnung)

Analyse der effektiven Konnektivität

Numerisches Experiment - linear

Analyse der effektiven Konnektivität

Numerisches Experiment - bilinear

Analyse der effektiven Konnektivität

Numerisches Experiment - hämodynamisch

Analyse der effektiven Konnektivität

Literatur

- Dynamic causal modelling

K.J. Friston et al. / NeuroImage 0 (2003)

web.mit.edu/swg/ImagingPubs/connectivity/Dcm_Friston.pdf

Designfeatures

Hervorhebungen

Wenn man Dinge hervorheben möchte nutzt man entweder Fettdruck, kursive Schrift oder das Schlüsselwort **alert**". Auch itemizeUmgebungen werden von der Stilvorlage überschrieben:

Designfeatures

Hervorhebungen

Wenn man Dinge hervorheben möchte nutzt man entweder Fettdruck, kursive Schrift **oder das Schlüsselwort älert**". Auch itemizeUmgebungen werden von der Stilvorlage überschrieben:

- ▶ So wird sichergestellt,
- ▶ dass alle Elemente der Präsentation
- ▶ dieselbe Farbe nutzen.

Achtung!

Hier kommt Rot ins Spiel!

Beispiel

Hier kommt Grün ins Spiel!