

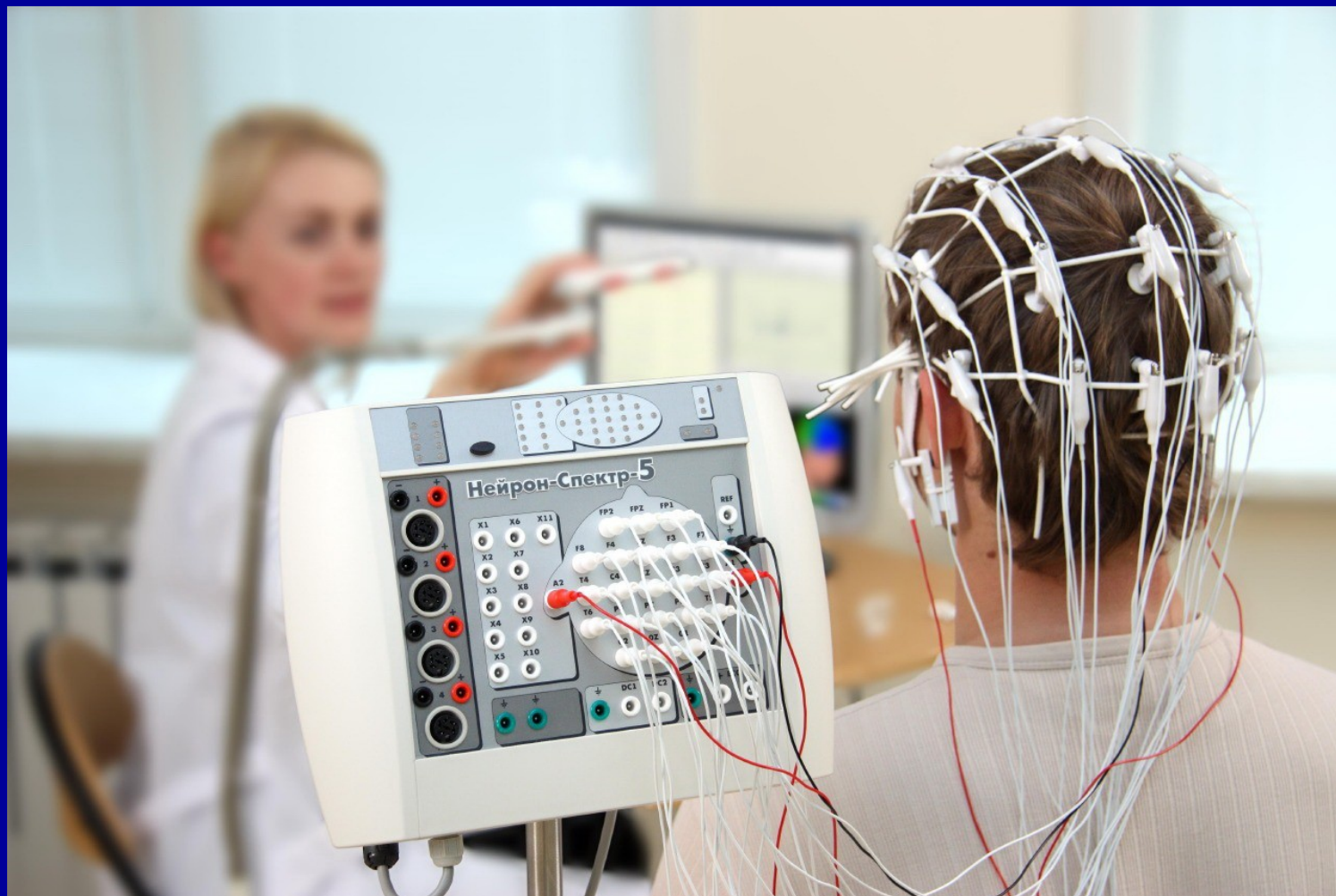
КИБЕРНЕТИКА И НЕЙРОНАУКИ: математические модели мозга



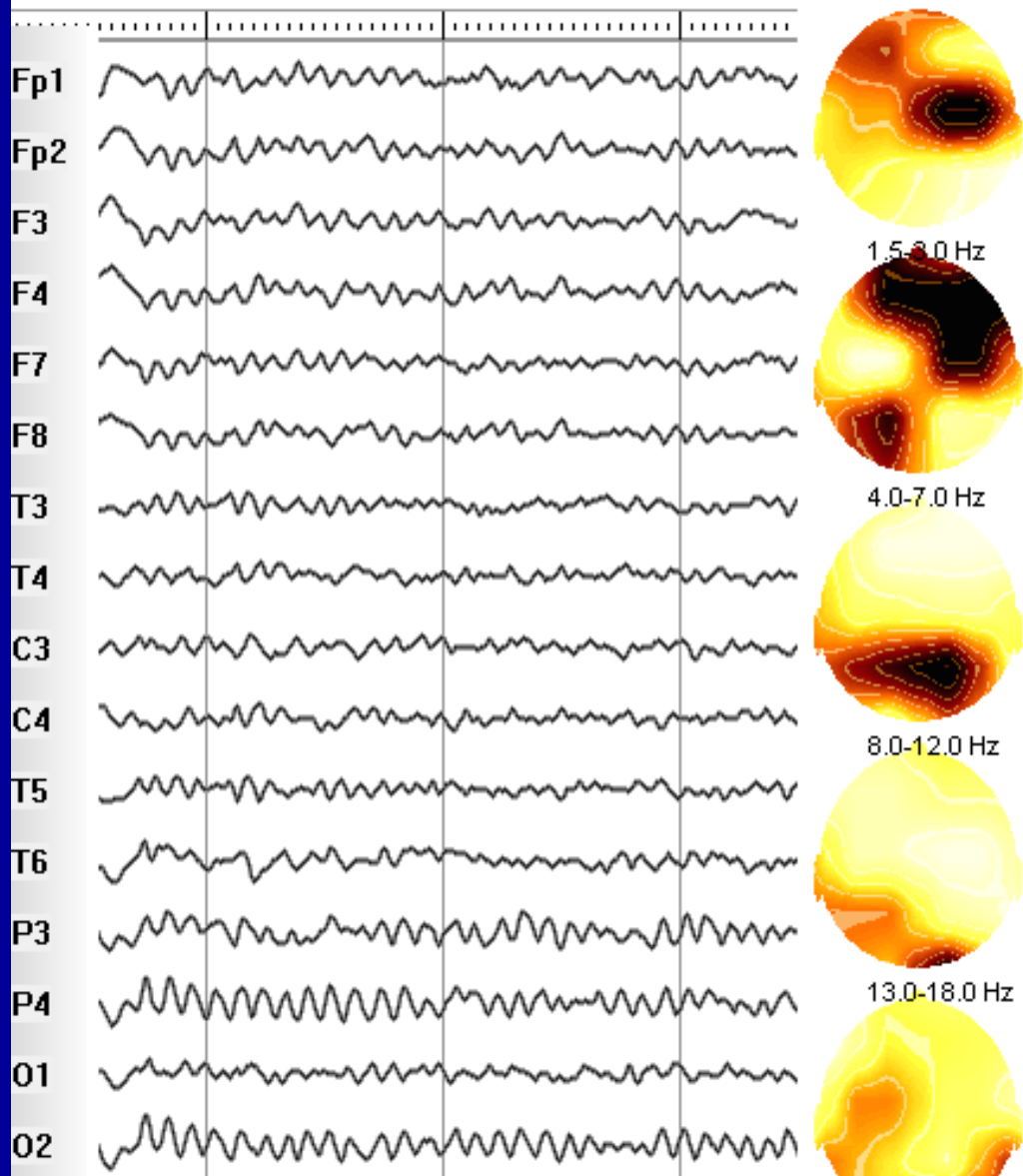
д.т.н., проф. А.Л.Фрадков (fradkov@mail.ru)

Встреча со студентами 2 курса 04.03.2023

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ



ЭЭГ-покоя, 16-канальная регистрация



Анализ ЭЭГ
затруднен из-за
зашумленности
данных и
сложности
математических
моделей
активности
головного мозга

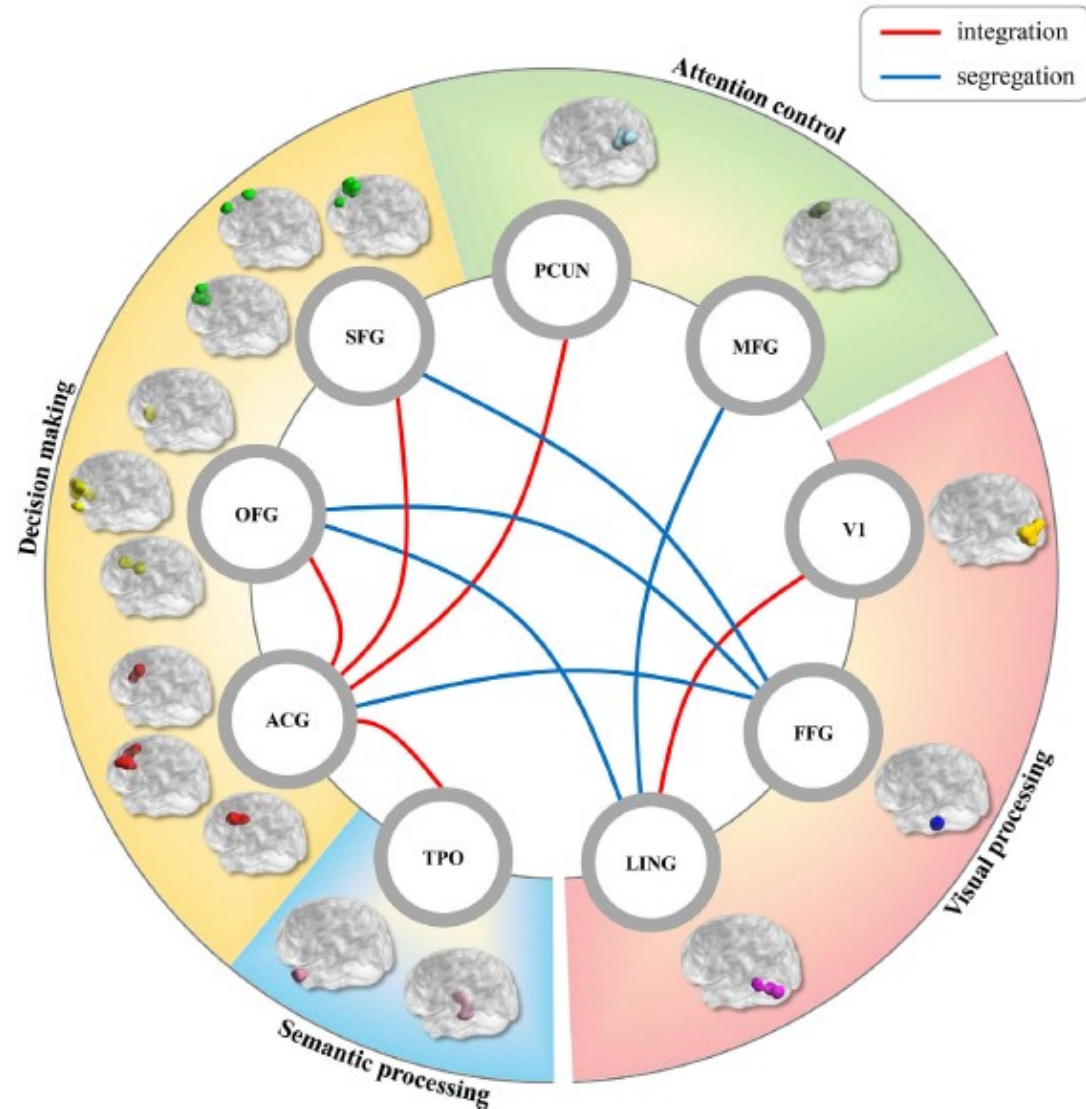
В головном мозге человека
>80 млрд. нейронов



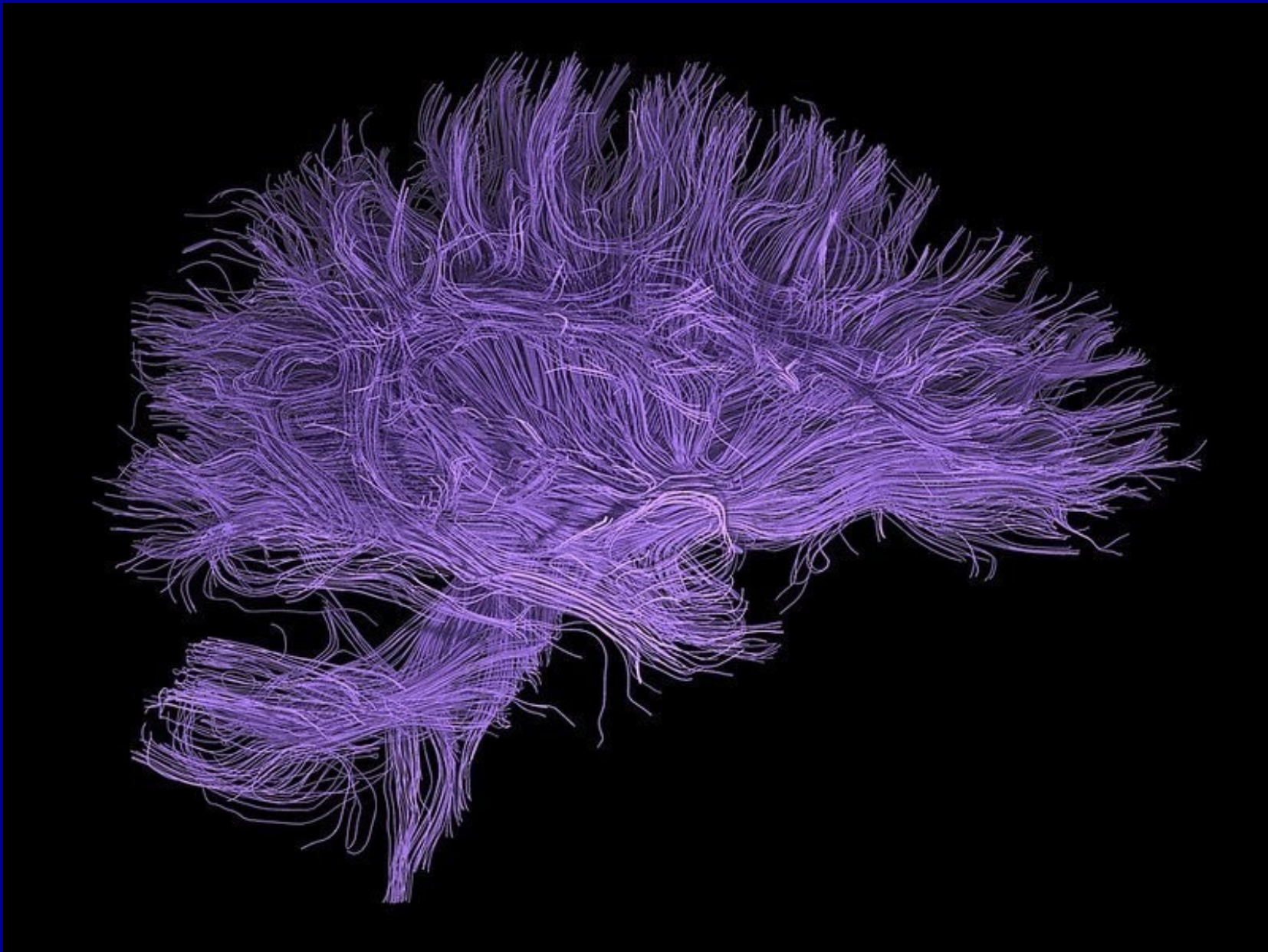
Human Connectome Project - Mapping human brain

<http://www.humanconnectomeproject.org>

FIGURE 4 Altered functional connectivity with their possible corresponding functional integration (red lines) or segregation (blue lines) in the IR group. The locations of ACG, SFG, OFG, and TPO are represented by multiple images for two reasons: (1) the sub-regions of TPO are disconnected and located in different hemispheres; and (2) changed functional connections in the ACG, SFG, or OFG were observed in different sub-regions. Detailed brain region connections are shown in Figures S1-S3



Волокна мозга (коннектом)



СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ МОЗГА

Модель нейрона ФитцХью-Нагумо (ФХН):

$$\begin{cases} \dot{u} = u - u^3/3 - v + I_{ext}, \\ \dot{v} = \varepsilon(u - a - bv). \end{cases} \quad (10)$$

Здесь u описывает динамику мембранного потенциала нейрона; v – совокупное действие всех медленных ионных токов, отвечающих за восстановление потенциала покоя мембраны. Параметры a и b определяют проводимостные характеристики ионных каналов, а ε ($\varepsilon > 0$) – относительную скорость изменения медленных ионных токов.

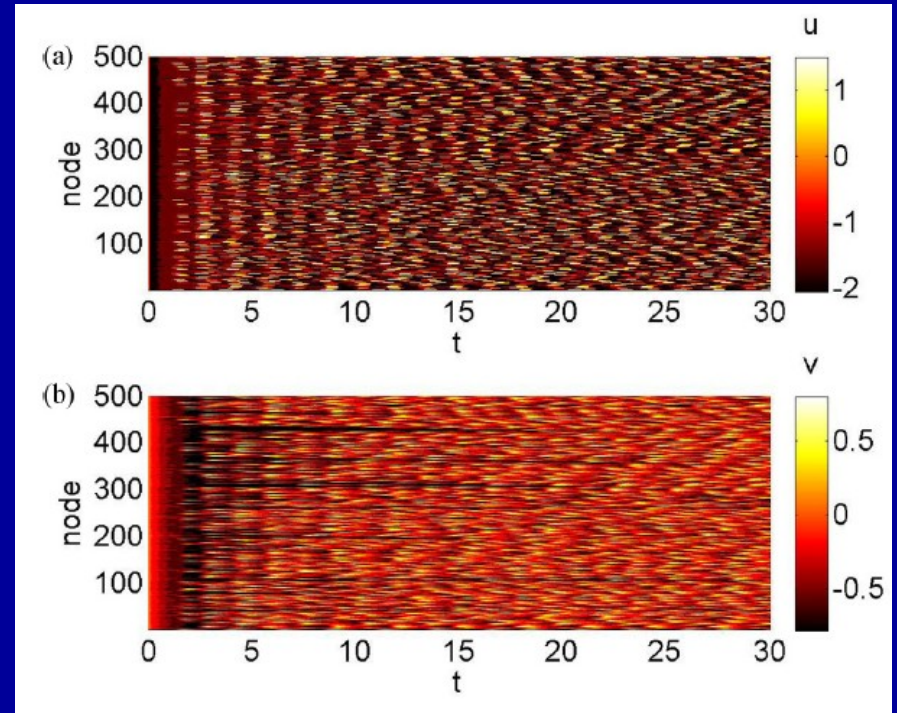
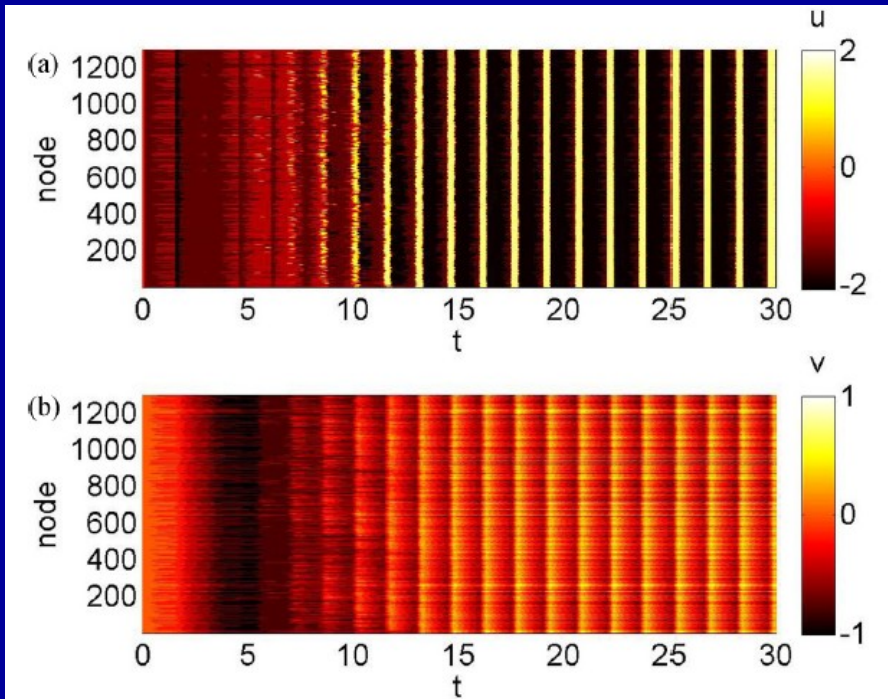
Модель сети ФХН-нейронов (C , G_{ij} - к-нты связи. τ - задержка:

$$\varepsilon \dot{u}_i = u_i - \frac{u_i^3}{3} - v_i + C \sum_{j=1}^N G_{ij} [u_j(t - \tau) - u_i(t)],$$

$$\dot{v}_i = u_i + a_i, \quad i = 1, \dots, N,$$

СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ МОЗГА

Синхронизация моделей ФитцХью-Нагумо:



S. A. Plotnikov, J. Lehnert, A. L. Fradkov, E. Schöll.

Synchronization in heterogeneous FitzHugh-Nagumo networks with hierarchical architecture. *Phys. Rev. E* 94, 012203 (2016),

Plotnikov S.A., Fradkov A.L.

Synchronization of nonlinearly coupled networks based on circle criterion. *Chaos* 31, 103110 (2021)

Работы по нейроуправлению в ИПМаш РАН и СПбГУ



Рис. 1: Внешний вид нейросетевого стенда «НС-1»

Схема нейросетевого стенда «НС-1»

Экспериментальная установка

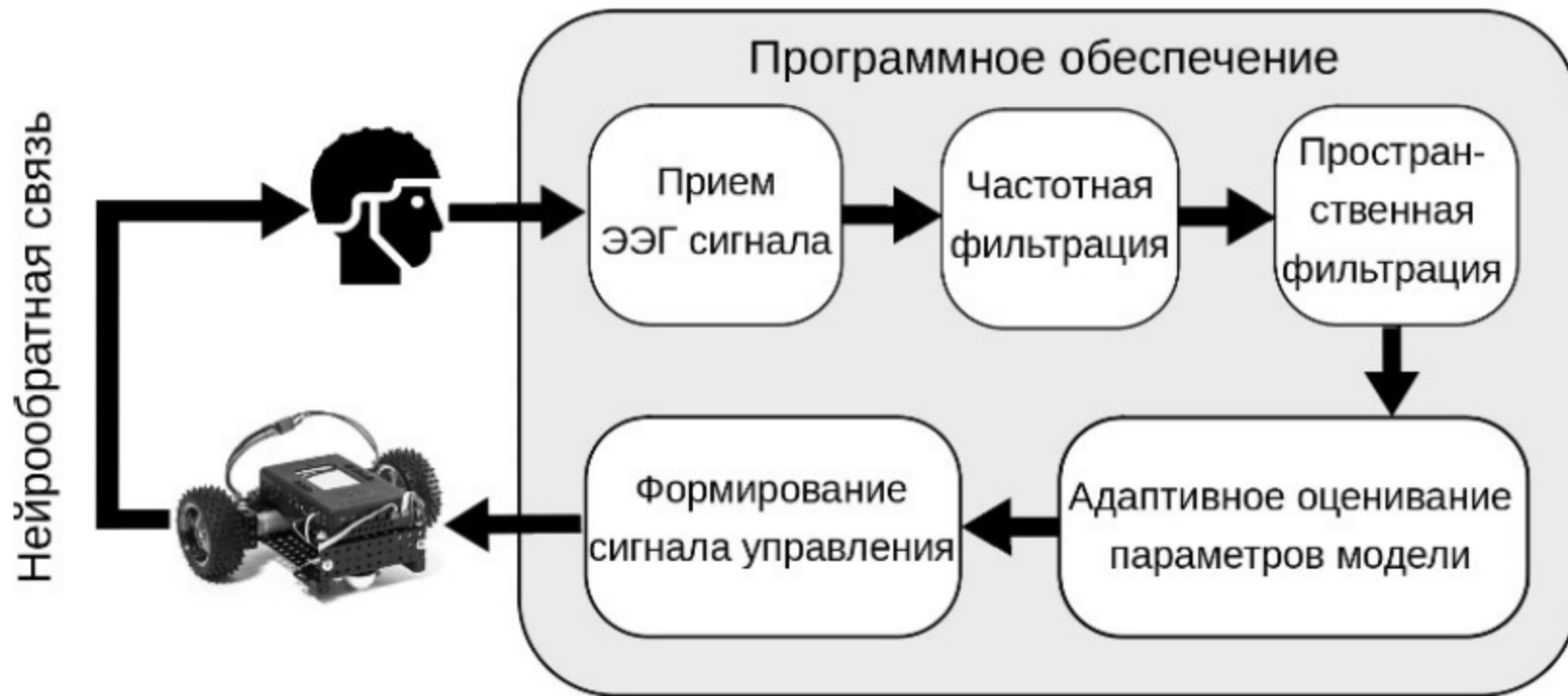


Рис. 2: Схема экспериментальной установки и программного обеспечения.

- ГРАНТ СПбГУ (2021-2023 гг)

- ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННОЙ АКТИВНОСТИ И БИОМАРКЕРОВ СОСТОЯНИЙ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

- С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ

- ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

- - СПбГУ, матмех, каф.теор.кибернетики
 - - СПбГУ, биофак, каф. высшей нервной деят-ти
 - - Институт мозга человека РАН
 - - Институт проблем машиноведения РАН
 - - Университет им.Э.Канта, Центр нейронаук

ИСТОЧНИКИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Нелинейные динамические модели нейронов: Обзор.**

А. С. Дмитричев и др. ИПФ РАН, 2018

<https://andjournal.sgu.ru/ru/articles/nelineynye-dinamicheskie-modeli-neuronov-obzor>

2. Математическое моделирование нейродинамических систем. Прокин И.С., Симонов А.Ю., Казанцев В.Б

Учебное пособие. ННГУ, 2012,

<http://window.edu.ru/resource/465/79465>

3. Моделируем электрическую активность нейронов

<https://habr.com/ru/post/201220/>

4. Human Brain Project <https://www.humanbrainproject.eu/en/>

ИСТОЧНИКИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Коннектом — полное описание структуры связей в нервной системе организма. <https://intellect.icu/konnektom-polnoe-opisanie-struktury-svyazej-8034>
6. Cofré, R., Herzog, R., Mediano, P.A.M., (...), Perl, Y.S., Tagliazucchi, E. Whole-brain models to explore altered states of consciousness from the bottom up (Открытый доступ) 2020 Brain Sciences, 10(9),626, с. 1-29.
7. Rabinovich M. I. Varona P. Selverston A. I. Abarbanel. Dynamical principles in neuroscience (биб-ка СПбГУ).
Reviews of Modern Physics. 2006, V. 78, 1213-1265.
8. D.Nikitin, I. Omelchenko, A.Zakharova, M.Avetyan, A.L. Fradkov, E. Scholl. Complex partial synchronization patterns in networks of delay-coupled neurons. Philosophic Trans. Royal Society A, 2019, A 377 (2153), 20180128.