

Лекционные занятия:

1. 06.10.2022 **Введение**
*О курсе. Список лекций и семинаров.
Типы нейроинтерфейсов. Примеры использования. Парадигмы работы.*
2. 13.10.2022 **Методы регистрации информации из мозга**
*Ликбез по генерации сигнала отделам мозга.
ЭЭГ, МЭГ, МРТ, имплантируемые матрицы, стентроды, оптогенетика.*
3. 20.10.2022 **Инвазивные интерфейсы**
Экстраклеточная регистрация нейронной активности, как метод исследований функций мозга. Историческая ретроспектива основных изменений в подходах к внеклеточной регистрации реакций нейронов. Хронические имплантации множественных микроэлектродов и появление возможности для работы. Понятие инвазивного интерфейса мозг-компьютер и его использование для управления внешними устройствами. Определение качества и стабильности регистрации нейрофизиологических сигналов. Особенности тканевых реакций на имплантат. Современные конструкции микроэлектродов и перспективы их технологического развития.
4. 27.10.2022 **Повреждение мозга и биосовместимость нейроимплантов**
Инсульт: причины, последствия и механизмы. Травма мозга. Эпилепсия. Нейродегенерация. Биосовместимость инвазивных нейроимплантов.
5. 03.11.2022 **Инвазивные моторные и речевые нейроинтерфейсы**
Разработанные в НИУ ВШЭ технологии двунаправленных сенсомоторных нейроинтерфейсов и их имплементации в реальном времени. Стерео-ЭЭГ based интерфейс для декодирования речи - парадигма, алгоритмы декодирования, анализ качества работы, возможные подводные камни и как их обойти.
6. 10.11.2022 **Возможности нейромодуляции: вчера, сегодня, завтра**
7. 17.11.2022 **Функциональное картирование мозга. Модальности, принципы, оборудование. Источник данных ЭЭГ и МЭГ**
Геометрия коры головного мозга, пирамидальные нейроны, пре- и постсинаптические потенциалы, квазистатическая аппроксимация уравнений Максвелла, прямая электромагнитная модель, понятия топографии и поля чувствительности. Генеративная модель ЭЭГ, МЭГ и ЭКОГ данных. Понятие ОЗ, распределенная и дискретная модель нейронального источника, фундаментальная некорректность постановки и классификация методов решения ОЗ. Параметрические и непараметрические методы решения ОЗ (MNE и подгонка диполей) MNE Python - пайплайн для решения ОЗ, оценка качества решения, визуализация результатов.
8. 24.11.2022 **Продвинутые методы анализа сигналов в ИМК. Понятие Риманового многообразия**
Понятие Риманового многообразия. Многообразие положительно-определенных (ПО) матриц. Скалярное произведение и расстояние между двумя ПО матрицами. Геометрическое среднее. Примеры применения к классификации идеомоторных состояний. Физиологически интерпретируемые нейронные сети для декодирования сигналов активности мозга.

9. 01.12.2022 **Представление движений и интерфейсы мозг-компьютер на его основе**
Преимущества и недостатки бесстимульных (эндогенных) интерфейсов. Психофизиология мысленного движения. Время распознавания и режимы дискретизации мысленных команд. ИМК для контроля идеомоторной тренировки.
10. 08.12.2022 **Интерфейсы мозг-компьютер на основе волны Р300 и других когнитивных потенциалов. Айтрекинг и человеко-машинные интерфейсы на его основе**
Особенности, достоинства и недостатки неинвазивных ИМК. Потенциалы, связанные с событиями. Волна Р300, ИМК на ее основе. Роль зрительных стимулов в ИМК. Пассивные ИМК. Айтрекинг (видеоокулография). Гибриды ИМК и айтрекингового управления.
11. 15.12.2022 **Разработка и валидация неинвазивных ИМК: основные принципы и подводные камни**
Разбор реальных примеров создания новых ИМК. Чем отличается распознавание команды классификатором ИМК от выявления эффекта в нейрофизиологическом исследовании. Типичные ошибки в оффлайн и онлайн ИМК исследованиях: некорректные модельные задачи, неучет артефактов, ошибки валидации и др. Перспективные направления создания новых ИМК.

Семинарские занятия:

1. 08.10.2022 **Применение Arduino в научных разработках**
Обычно компьютера бывает недостаточно для подачи стимулов с воспроизводимой миллисекундной точностью или для механического взаимодействия с пользователем. Для этих задач применяются микроконтроллеры с цифровым интерфейсом с компьютером. Самая простая связка для этого PC<->Serial<->Arduino. Соберем зрительный, тактильный и акустический стимуляторы, необходимые для выполнения экспериментальных парадигм по сбору данных для обучения человеко-машинных интерфейсов.
2. 15.10.2022 **Статистика для обработки сигналов**
Будут поставлены численные эксперименты по статистике, разберемся с понятиями вероятность, гистограмма, распределение, а также параметрами распределения и их статистическими оценками t-test, p-value – вплоть до достижения интуитивного понимания.
3. 22.10.2022 **Электроника: сборка ЭМГ усилителя**
Проведем тест по сборке аналогового усилителя физиологических потенциалов с оцифровкой на микроконтроллере в приложении к работе с электромиографией. Это даст интуитивное понимание работы физиологических усилителей. Разберемся с “биполярными” и “монополярными” усилителями, коэффициентами усиления и глубиной АЦП.
4. 29.10.2022 **Портирование простых моделей машинного обучения на микроконтроллер для работы в режиме реального времени**

Линейные и логистические регрессии. Разберем библиотеку, которая генерирует с/cpp код по модели из пакета Python scikit-learn.

5. 05.11.2022 **Поиск и кластеризация внеклеточных потенциалов действия**
Разберем, как выглядят на деле внеклеточные потенциалы действия; узнаем, что такое spike sorting; рассмотрим примеры датасетов от лаборатории Adam Kampff; построим простые детекторы; визуализируем T-SNE профили внеклеточных ПД; изучим, как влияет плотность внеклеточных электродов на эффективность детекции и классификации внеклеточных ПД.
6. 12.11.2022 **Демонстрация операции по имплантации нейроинтерфейса**
В течение семинара будут продемонстрированы основные этапы нейрохирургической операции по имплантации пучка микроэлектродов в мозг животного (крысы) по стереотаксическим координатам. Будут рассмотрены: подготовка животного к операции (в т.ч. анестезия); работа со стереотаксисом; нейрохирургические манипуляции с целью получения доступа к мозгу; установка пучка микроэлектродов и фиксация имплантата на черепе животного. Отдельное внимание будет уделено особенностям и техникам выполнения основных этапов, а также наиболее распространенным ошибкам.
7. 19.11.2022 **Функциональное картирование мозга**
8. 26.11.2022 **Понятие вызванного потенциала (ВП)**
9. 03.12.2022 **Моторный гомункул. Сенсомоторный ритм**
10. 10.12.2022 **Продвинутые методы анализа сигналов в ИМК**