

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра биофизики

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

« » _____ 20__ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Моделирование когнитивных функций на искусственных нейронных сетях

03.04.02 Физика

03.04.02.01 Биофизика

Научный руководитель	_____	д.ф.-м.н.	Барцев С.И.
Выпускник	_____		Маркова Г.М.
Рецензент	_____	к.ф.-м.н.	Шуваев А.Н.

Красноярск 2021

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Моделирование когнитивных функций на искусственных нейронных сетях» содержит: 34 страницы текстового документа, 8 иллюстраций, 1 таблицу, 7 формул, 72 использованных источника.

РЕФЛЕКСИЯ, НЕЙРОННЫЕ КОРРЕЛЯТЫ, ЭВРИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, ОТЛОЖЕННЫЙ ТЕСТ СРАВНЕНИЯ, КРОСС-ВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Цель данной работы – выяснить, существуют ли устойчивые паттерны возбуждения нейронов искусственной нейронной сети, кодирующие внешние стимулы при решении этой сетью задачи на рефлексиию.

В работе использовалась концепция нейронных коррелятов как биофизического подхода к проблеме сознания и его свойств, позволяющего исследовать феномен по регистрируемым проявлениям без ответа на вопрос о его сути. Исследована возможность выявления нейронных коррелятов рефлексии у рекуррентных искусственных нейронных сетей, выполнявших задачи на рефлексиию. В качестве такой задачи использовался отложенный тест сравнения. Показана принципиальная сложность идентификации полученного искусственной нейронной сетью стимула по паттерну нейронной активности при прохождении отложенного теста сравнения. Выдвинута гипотеза, что способность кодировать внешний стимул присуща изначально даже для полностью необученной и случайно сгенерированной искусственной нейронной сети.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
1 Краткие теоретические сведения.....	6
1.1 Современные подходы к проблеме сознания.....	6
1.2 Концепция нейронных коррелятов сознания.....	6
1.3 Рефлексия как один из ключевых компонентов сознания.....	7
1.4 Эвристическое моделирование.....	9
2 Материалы и методы	11
2.1 Модельный объект – простые рекуррентные нейронные сети	11
2.1.1 Структура нейронной сети.....	11
2.1.2 Алгоритм обучения.....	12
2.2 Отложенный тест сравнения.....	14
2.3 Методы обработки данных по нейронной активности	15
2.3.1 Среднеквадратичное отклонение	15
2.3.2 Кросс-временная классификация	16
2.4 Разработка программного инструментария	17
3 Результаты и обсуждение.....	20
3.1 Обучение искусственных нейронных сетей прохождению отложенного теста сравнения	20
3.2 Анализ паттернов возбуждения искусственных нейронных сетей, соответствующих внутренним репрезентациям различных стимулов	21
3.2.1 Среднеквадратичное отклонение между уровнями возбуждений нейронов.....	21
3.2.2 Метод кросс-временной классификации.....	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	27
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	30

ВВЕДЕНИЕ

Одна из фундаментальных проблем современной науки и философии – это проблема сознания: в чем состоит механизм, порождающий данный феномен. Поскольку само по себе сознание является комплексным явлением, можно изучать его отдельные аспекты. Например, рефлексию, которая с одной стороны является неотъемлемым и ключевым компонентом сознания, а с другой – имеет определение и может быть выделена в эксперименте.

В данной работе рефлексия в широком смысле определяется как внутреннее представление внешнего мира. Относительно простым в реализации методом исследования представляется поиск нейронных коррелятов рефлексии (т.е. минимального объема нейронов или их активности, связанных с рефлексией) у искусственных нейронных сетей, являющихся эвристическими модельными объектами.

Цель работы: выяснить, существуют ли устойчивые паттерны возбуждения нейронов искусственной нейронной сети, кодирующие внешние стимулы при решении этой сетью задачи на рефлексию. Формулируя иначе, «возможно ли по паттерну возбуждения нейронов понять, какой стимул в данный момент хранится в нейронной сети в виде внутренней репрезентации?».

Чтобы достичь заявленной цели, требуется выполнить задачи:

1. Проанализировать публикации по существующим моделям нейронов и нейронных сетей, алгоритмам их обучения, методам анализа паттернов возбуждения нейронов;
2. Разработать программный инструментарий: для генерации и обучения нейронных сетей прохождению отложенного теста сравнения, фиксации паттернов возбуждения нейронных сетей; для обработки паттернов возбуждения методом кросс-временной классификации;
3. Обучить простые рекуррентные нейронные сети прохождению отложенного теста сравнения;
4. Проанализировать паттерны возбуждения нейронных сетей, соответствующие внутренним репрезентациям различных стимулов:
 - a) Вычислить среднеквадратичное отклонение между уровнями возбуждений нейронов;
 - b) Получить матрицы точности кросс-временного кодирования возбуждений нейронов методом кросс-временной классификации.

С 5 по 26 страницы изъято в связи с авторскими правами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были сделаны следующие выводы:

1. Простые рекуррентные искусственные нейронные сети малых размеров (25, 30 нейронов) способны обучиться задаче, требующей рефлексии в широком смысле, а именно – отложенному тесту сравнения.

2. Паттерны возбуждения, формирующиеся у искусственных нейронных сетей при прохождении отложенного теста сравнения при получении внешних стимулов, являются нейронными коррелятами рефлексии, поскольку происходит сохранение внутренней репрезентации (отображения) внешнего стимула в структуре сети;

3. Из подсчета среднеквадратичного отклонения между уровнями возбуждения искусственных нейронных сетей в ходе прохождения отложенного теста сравнения выявлено, что между паттернами возбуждения нейронов, соответствующих разным стимулам в синхронные моменты времени, больше сходства, чем между паттернами, соответствующими одному и тому же стимулу в разные моменты времени. Следовательно, простая корреляция «стимул-репрезентация» в данном случае отсутствует;

4. Метод кросс-временной классификации, первоначально разработанный для декодирования паттернов нейронной активности биологических нейронных сетей и ранее опробованный на искусственных сетях, работающих в непрерывном временном режиме, применим также для сетей с дискретным функционированием. При использовании данного метода для анализа паттернов возбуждения простых рекуррентных искусственных нейронных сетей были воспроизведены основные закономерности кодирования внешних стимулов в ходе прохождения отложенного теста на сравнение.

5. Сопоставление матриц точности кросс-временного кодирования, полученных при анализе уровней возбуждения искусственной нейронной сети, обученной прохождению отложенного теста сравнения, а также сети, полностью необученной и со случайно заданными весовыми коэффициентами, показало, что способность кодировать внешний стимул для сети присуща изначально, даже если сеть сгенерирована случайным образом и не обучена. На этом основании выдвинута гипотеза, что при обучении прохождению отложенного теста сравнения нейронные сети учатся преимущественно формированию требуемого отклика, а не кодированию внешних стимулов.

6. Устойчивые паттерны возбуждения нейронов искусственной нейронной сети, кодирующие внешние стимулы при решении этой сетью задачи на рефлексию, существуют.

Для нужд исследования был разработан программный инструментарий для генерации и обучения искусственных нейронных сетей прохождению отложенного теста сравнения, фиксации паттернов возбуждения сетей, а также для обработки данных по уровням возбуждения нейронов искусственных нейронных сетей методом кросс-временной классификации и отрисовки матриц кросс-временного кодирования.

Таким образом, цель, поставленная в данной работе, может считаться достигнутой, а задачи – выполненными.

Исследования в направлении, заданном в данной работе, планируется продолжить путем разработки метода для классификации паттернов возбуждения нейронов и точной идентификации полученного стимула.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ИНС – искусственная нейронная сеть

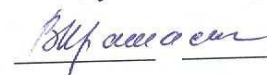
НКС – нейронный коррелят сознания

С 30 по 34 страницы изъято в связи с авторскими правами.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра биофизики

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



«15» 06 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Моделирование когнитивных функций на искусственных нейронных сетях

03.04.02 Физика

03.04.02.01 Биофизика

Научный руководитель

Выпускник

Рецензент



д.ф.-м.н.

к.ф.-м.н.

Барцев С.И.

Маркова Г.М.

Шуваев А.Н.

Красноярск 2021