

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
И АСТРОНОМИИ И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
АКАДЕМИИ НАУК СССР**

(26—27 февраля 1986 г.)

26 и 27 февраля 1986 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась совместная научная сессия Отделения общей физики и астрономии и Отделения ядерной физики АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

26 февраля

1. В. Л. Афанасьев. Связь структуры галактик с активностью их ядер.
2. В. Ф. Шварцман. Исследования по релятивистской астрофизике и космологии на 6-метровом телескопе.
3. И. М. Копылов. Спектральные наблюдения на 6-метровом телескопе двойных систем с релятивистскими компаньонами.
4. Л. И. Снежко. 6-метровый телескоп БТА: состояние и перспективы.

27 февраля

5. П. Г. Костюк. Работа нервной клетки.
6. В. Л. Дунин-Барковский. Многонейронные структуры: теория и эксперимент.
7. Л. Б. Иоффе, М. В. Фейгельман. Спиновые стекла и модели памяти.

Краткое содержание пяти докладов приводится ниже.

В. Л. Дунин-Барковский. Многонейронные структуры: теория и эксперимент. В 1984—1986 гг. физические журналы опубликовали десятки статей по теории информационных процессов в нейронных структурах ^{1/2}. Их появление обусловлено как собственным прогрессом теории в нейронауках ^{3,4}, так и «социальным заказом»: электронные схемы достигли уровня мозга по числу элементарных операций в 1 с в 1 см³, но уступают ему по эффективности решения многих задач переработки информации. Основным достижением теории до Хопфилда ⁵ было открытие нетривиальных возможностей многонейронных структур: найдены запоминающие схемы из 10³—10⁵ нейроподобных элементов со случайным законом формирования связей, которые обладают практически детерминированным поведением (вероятности ошибок — 10⁻⁵—10⁻⁷) и высокой устойчивостью к повреждениям при небольшой избыточности ^{3,4}.

Теория глубинных структур мозга (мозжечка, коры больших полушарий и т. д.), в отличие от теории сенсорных систем (зрение, слух), имеет дело с самым нижним уровнем представления и переработки информации, т. е. с представлением чисел и операций над ними. Цифровой предел представления чисел активностью сети из N нейронов соответствует 2^N значащим состояниям сети, а аналоговый — N состояниям. Если число M существенных состояний] сети таково, что

$$N \ll M \ll 2^N, \quad (1)$$

то в принципе возможно организовать вычислительный процесс так, чтобы обеспечить большой (по сравнению с N) диапазон представления чисел и помехозащищенность вычислений. Существенные состояния сети могут образовывать в конфигурационном пространстве сети нейронов связанное топологическое многообразие (точнее — его конечную модель; близость состояний сети — по числу нейронов с несовпадающими состояниями). Можно добиться того, чтобы структура такого многообразия соответствовала структуре многообразия допустимых значений переменных моделируемого объекта ⁶. Математическим операциям соответствуют отображения пар одномерных многообразий в одномерные многообразия. Примеры нетривиальных семейств одномерных многообразий в конфигурационном пространстве нейронной сети можно получить при моделировании записи и воспроизведения (с разными порогами нейронов) последовательности возбуждений нейронов (рис. 1) ⁷.

Примером успешного взаимодействия теории с экспериментом в нейрофизиологии может служить анализ памяти в мозжечке ^{8,9-11} — наиболее регулярно устроенном отделе нервной системы. В 1969 г. была предложена теория работы мозжечка ³, основанная на гипотезе о том, что совместное возбуждение зернистых клеток и лианного волокна, действующего на одну клетку Пуркинье, определяет, какие зернистые клетки эффективно действуют на клетку Пуркинье. Эта гипотеза была подтверждена экспериментально ^{9,10} и др. В частности, в разных условиях может иметь место как уменьшение ⁹, так и увеличение ¹⁰ эффективности синапсов зернистых клеток на клетках Пуркинье после одновременной активации лианного волокна и зернистой клетки. Данные, представленные на рис. 2, иллюстрируют увеличение вероятности ответов клетки Пуркинье на раздражение зернистых клеток после сочетания возбуждения зернистых клеток и лианного волокна ¹⁰.

Развитие теории обучения в мозжечке и расчет ее следствий позволил обнаружить существование критической величины количества записанной на

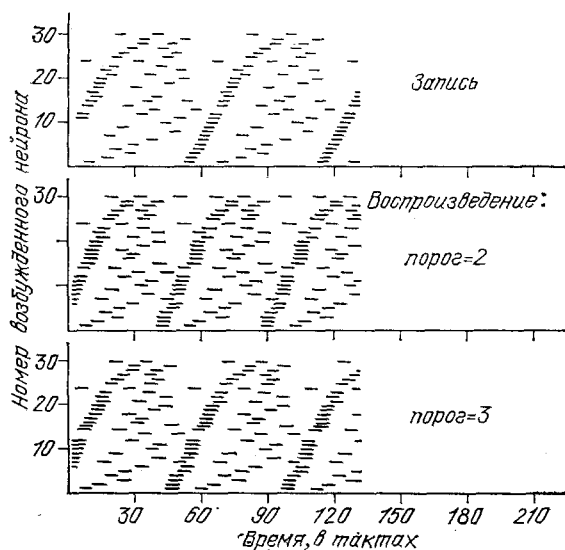
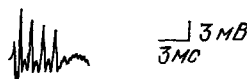


Рис. 1.

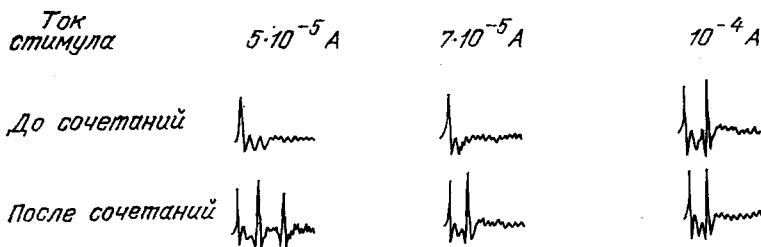
клетке Пуркинье информации⁸. Если число записанных ситуаций меньше критического значения, условная вероятность того, что входная ситуация выучена клеткой Пуркинье, при условии, что клетка на нее отреагировала как на выученную, близка к 1, а при превышении критического значения эта вероятность близка к 0⁸. Аналитические и имитационные расчеты позволяют найти оптимальное соотношение между тормозящим и возбуждающим влияниями на клетку Пуркинье, обеспечивающее максимум числа хорошо заучиваемых ситуаций¹¹. Значение оптимального отношения параметров связей изменяется в N раз

(N — число синапсов у клетки Пуркинье; $N = 10^5$ для мозжечка человека) в зависимости от того, увеличивается или уменьшается при обучении

Ответ на стимуляцию лианного волокна



Ответ на стимуляцию зернистых клеток



Вероятности моносинаптических ответов клеток Пуркинье на стимуляцию зернистых клеток при разных силах тока стимулов в ходе опытов

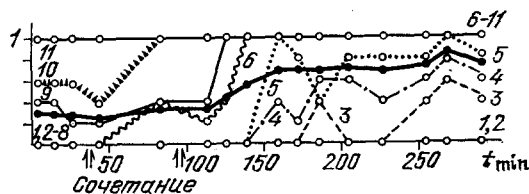


Рис. 2.

вес синапса зернистой клетки¹¹. Предлагаются схемы опытов по дальнейшей проверке следствий теории обучения в мозжечке^{8,9,11}.

Модели помехозащищенной ассоциативной памяти ⁵, привлечение внимания многих физиков-теоретиков ^{1,2}, представляют переоткрытие нейросетевых эффектов, обнаруженных Д. Марром (1945—1980) в теории архикортекса и неокортекса ³. Развитие теории этих эффектов (^{1,2,4-8,11} и др.) необходимо для дальнейшего прогресса в понимании нейронных механизмов. Нужна концентрация усилий на создании теорий, имеющих проверяемые следствия, и распространение в нейронауках идеи необходимости экспериментов по проверке развитых современных теорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веденов А. А., Левченко Е. Б. // Письма ЖЭТФ. 1985. Т. 41. С. 328.
2. Science Citation Indexes. — 1984, 1985. — 18 статей в физических журналах со ссылкой на работу ⁵.
3. Marr D. // J. Physiol. 1969. V. 202, P. 437; Proc. Roy. Soc. Ser. B. 1970. V. 176. P. 161; Phil. Trans. Ser. B. 1971. V. 262. P. 23.
4. Brindley G. S. // Proc. Roy. Soc. Ser. B. 1969. V. 174. P. 193.
5. Hopfield J. J. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1982. V. 79. P. 2554.
6. Kohonen T. Neural Models of Associative Memories. — Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1984.
7. Дунин-Барковский В. Л. // Бисфизика. 1984. Т. 29. С. 899.
8. Дунин-Барковский В. Л. Информационные процессы в нейронных структурах. — М.: Наука, 1978.
9. Ito M. The Cerebellum and Neural Control. — New York: Raven, 1984.
10. Chajlachian L. M. et al. // Synaptic Constituents in Health and Disease. — Liubiana, 1980. — P. 429.
11. Dunin-Barkowski W. L., Larionova N. P. // Biol. Cybern. 1985. V. 51. P. 399.