

А. Б. КОГАН, О. Г. ЧОРАЯН

ДИНАМИКА ИНФОРМАЦИОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ РЕАКЦИЙ НЕЙРОНОВ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ

(Представлено академиком В. Н. Черниговским 22 I 1975)

Анализ любых физиологических данных всегда связан с постановкой и ответом на вопрос о сравнительной ценности наблюдаемых изменений. Это становится особенно важным при изучении информационных свойств первичных клеток, ибо разработанная К. Шенноном ⁽¹⁾ статистическая теория связи рассматривает лишь взаимоотношения сигнала с каналом связи и не касается семантических аспектов воспринимаемой информации. Поэтому шенноновское определение информации следует считать справедливым только в случае равноценности всех сообщений, получаемых данной системой связи. Проблема содержательной оценки передаваемых и воспринимаемых потоков информации отражает взаимоотношения передаваемого сигнала и приемника сообщения. Один из распространенных методов определения ценности информации основан на количественной оценке изменения степени «трудности достижения цели» при решении некоторой задачи, связанной с восприятием и переработкой информации ⁽²⁻⁵⁾. Модификация такого подхода лежит в основе методики анализа информации, проведенного в данной работе.

В настоящем исследовании сделана попытка выбрать адекватный и достаточно чувствительный показатель ценности информации с последующим использованием его при количественном определении динамики информационных характеристик (в частности, «полезной информации») импульсной активности отдельных нервных клеток в процессе адаптационных изменений их ответов на периферические сенсорные раздражения. Опыты ставились на речных раках *Astacus leptodactylus*. Импульсная активность идентифицированных афферентных и эфферентных первичных волокон регистрировалась униполярно металлическими электродами от нервов системы 6-го брюшного ганглия. В качестве адекватного раздражения использовалось механическое раздражение (одинаковой силы) отдельных волосков эндо- и проподита уропода. Анализировали импульсные реакции рецепторных и моторных нейронов в статистических выборках, взятых в разные периоды времени действия повторных стимулов (на протяжении от нескольких минут до 3-4 час. вплоть до появления выраженных признаков адаптации).

Для определения коэффициента, учитывающего изменение количества информации при учете ее ценности, использован метод, описанный В. А. Стуловым ⁽⁶⁾. Анализ начинался с построения постстимульных гистограмм электрической активности отдельных нервных клеток. На основе этих гистограмм вычисляли усредненную ценность каждого класса интервалов (сообщения) в гистограмме и количество информации без учета ее ценности $Q_c = \sum_{i=1}^n P_i Q$, где Q_c — усредненная ценность, Q — относительная ценность каждого сообщения (класса межимпульсных интервалов или частот), P_i — вероятность каждого сообщения (интервалов данной длины). Относительная ценность каждого сообщения определялась по постстимульной гистограмме нервной клетки в состоянии выраженной адаптации.

Количество информации без учета ее ценности определялось обычным способом по К. Шеннону (¹) $H_1 = - \sum_{i=1}^{i=n} P_i \log_2 P_i$, где P_i — вероятность отдельных частот или межимпульсных интервалов (в частотной или интервальной гистограмме соответственно). Затем вычисляли величину коэффициента α , изменяющего количество информации при учете ее ценности $\alpha = n \cdot Q_c$, где n — число классов гистограммы. Найдя этот коэффициент, можно вычислить количество информации с учетом ценности сообщений (H_0): $H_0 = \alpha \cdot H_1$. Результаты такого анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Информационные показатели вызванных импульсных потоков нервных клеток в разные периоды

Информационные показатели	Номера нейронов	Период начальной реакции	10-я минута раздражения	Период выраженных признаков адаптации
Q_c	1	0,055	0,053	0,073
	2	0,051	0,056	0,066
	3	0,053	0,051	0,067
	4	0,051	0,054	0,067
	5	0,049	0,053	0,065
	6	0,052	0,049	0,061
H_1	1	3,83	3,80	3,45
	2	3,49	3,41	3,38
	3	4,05	4,08	3,83
	4	4,12	4,11	3,65
	5	4,30	4,23	4,20
	6	4,29	4,25	3,63
H_0	1	3,60	3,89	4,48
	2	3,57	3,52	3,86
	3	4,06	3,96	4,86
	4	4,20	4,28	4,54
	5	4,26	3,99	5,48
	6	4,42	4,38	4,37

Как видно из табл. 1, усредненная ценность каждого сообщения у всех нейронов повышается при наступлении адаптации. Увеличение показателя усредненной ценности сообщения сопровождается уменьшением количества информации на одно сообщение без учета ее ценности (H_1). Обращает на себя внимание факт, что не всегда повышение усредненной ценности каждого сообщения приводит к аналогичному повышению величины информации с учетом ее ценности. Так, например, в 15—20% случаев мы наблюдали уменьшение величины H_0 при четком возрастании Q_c по мере наступлении адаптационных изменений в реакциях нервных клеток. Очевидно, что явление связано с непропорциональным ростом информации, содержащейся в разных классах интервальных и частотных гистограмм.

Полученные результаты указывают на наличие определенной перестройки вызванного импульсного потока, обеспечивающей передачу и восприятие информации с большим коэффициентом полезного действия даже при общем уменьшении количества импульсных потенциалов, генерируемых нейроном в ответ на одно и то же повторное раздражение (⁷). Следует заметить, что при достаточном обосновании выбранного критерия оценки цели, задачи, выполняемой данным нейроном или нейронным ансамблем, аналогичный подход с успехом может быть применен при определении динамики полезной информации, получаемой и перерабатываемой данной системой связи. Приведенные результаты рассматриваются нами как свидетельство целесообразности использования информационных методов.

анализа импульсных потоков, направленных на выявление полезной информации в ходе адаптационных изменений в реакциях нервных клеток на стимул.

Ростовский государственный
университет

Поступило
12 XII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ К. Шеннон, Работы по теории информации и кибернетике, ИЛ, 1963. ² С. Голдман, Теория информации, ИЛ, 1957. ³ А. А. Харкевич, Теория информации, «Наука», 1964. ⁴ М. М. Бонгард, В сб.: Проблемы кибернетики, М., 1963, стр. 5. ⁵ О. Р. Чораян, Информационные процессы в нервной системе, Ростов, 1974. ⁶ А. В. Стулов, В сб.: Разработка и конструирование средств автоматизации и систем управления, Киев, 1973, стр. 24. ⁷ Н. В. Barlow, In: Cybernetics, Baltimore, Maryland, Manchester, 1968, p. 183.