

видно, что они играют существенную роль в механизмах надежности мозга.

Для целей анализа этих механизмов мы воспользовались понятием формального нейрона [6]. Формальный нейрон привлекается нами в аспекте логической надежности его функционирования.

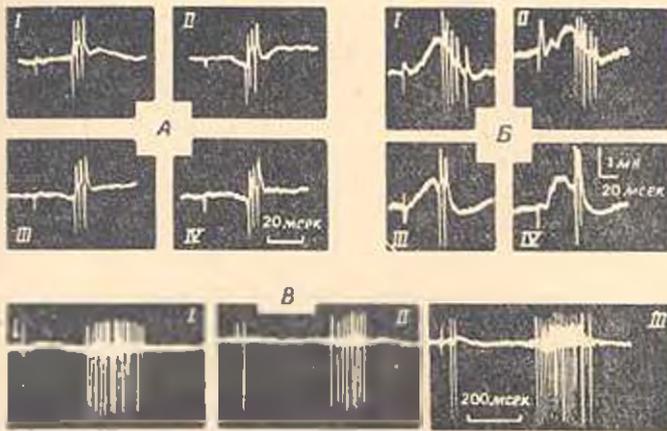


Рис. 1. Примеры полисенсорных нейронов. А. В срединном центре таламуса все раздражения были соматическими: I — передняя контралатеральная конечность; II — передняя ипсилатеральная; III — задняя контралатеральная; IV — задняя ипсилатеральная. Б. В хвостатом ядре: I — зрительное раздражение; II — слуховое раздражение; III — соматическое раздражение задней контралатеральной конечности; IV — соматическое раздражение задней ипсилатеральной конечности. В. В красном ядре: I — соматическое раздражение передней контралатеральной конечности; II — слуховое раздражение; III — зрительное раздражение. (По А. Фессару [11]).

Формальный нейрон и контактирующие с ним концевые бляшки предшествующих нейронов А, В, С приведены в схемах (рис. 2). Из работ Мак-Каллока [4—6] и других авторов известно, что если значение пороговой функции нейрона увеличится на единицу, то и большинстве случаев он вычисляет другую логическую функцию, аргументами которой являются выходы нейронов А, В, С...

Для каждой схемы [9] столбца I рис. 2, приводится логическая функция F (столбец III), вычисляемая по этой схеме же при условии, что 0 принимает значения, приведенные в столбце II. Буква Г обозначает тавтологию, Ф — противоречие.

Из приведенного рис. 2 видно, что в каждой конкретной схеме распределения синаптических связей при изменении порога нейрона получается множество функций. Более того, для одного и того же числа входных нейронов могут быть получены разные множества логических функций в зависимости от способа распределения концевых бляшек по входным нейронам.

В общем случае, N концевых бляшек, распределенных по n входным нейронам, позволяют образовать C_N^n множество логических функций.

Следует отметить, что при распределении по 1, 2, 3 (рис. 2, схема 3)

	I	II	III
	Схема	θ	F
1		0 1 2	\mathcal{I} A φ
2		0 1 2 3 4	\mathcal{I} $A \vee B$ $A \cdot B$ $A \cdot B$ φ
3		0 1 2 3 4 5 6 7	\mathcal{I} $A \vee B \vee C$ $B \vee C$ $A \cdot B \vee C$ $A \cdot C \vee B \cdot C$ $B \cdot C$ $A \cdot B \cdot C$ φ
4		0 1 2 3 4 5 6 7	\mathcal{I} $A \vee B \vee C$ $A \vee B \vee C$ $A \cdot B \vee A \cdot C \vee B \cdot C$ $A \cdot B \vee A \cdot C \vee B \cdot C$ $A \cdot B \cdot C$ $A \cdot B \cdot C$ φ
			$P(N_i) = \frac{N! 2^{-N}}{N_i!}$ $\sum N_i = N$

Рис. 2. Схемы формального нейрона и контактирующие с ним концевые бляшки предшествующих нейронов А, В, С

соответствующие изменения порога, приводит к появлению на выходе b различных функций (не считая тавтологии и противоречия), но схема с таким распределением концевых бляшек обладает высокой чувствительностью к изменению значения порога, тогда как распределение концевых бляшек по 2, 2, 2 дает только три различные функции и по отношению к изменению значения порога нейрона обладает относительно высокой устойчивостью.

Так как нейроны нескольких различных типов при помощи синаптических связей образуют комплексы, насчитывающие тысячи и десятки тысяч клеток, то считаем уместным привести статистические данные.

Рассмотрим n входных нейронов $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$, каждый из которых имеет по $N_1, N_2, \dots, N_i, \dots, N_n$ концевых бляшек, связанных с интересующим нас нейроном так, как указано на схеме (рис. 2).

Допускается, что число концевых бляшек

$$N = \sum_{i=1}^n N_i$$

является фиксированным. Число способов, которыми можно получить конкретное распределение, равно $\frac{N!}{\prod N_i!}$, а число возможных распределений — 2^N .

Таким образом, вероятность встретить данное распределение концевых бляшек равна*

$$P(N_i) = \frac{N! 2^{-N}}{\prod N_i!}$$

где

$$N = \sum_{i=1}^n N_i.$$

Наибольшую вероятность имеет равномерное распределение концевых бляшек.

$$N_i = N_0 = \frac{N}{n}$$

Не трудно заметить**, что множество логических функций для схем (рис. 3) с равномерным распределением синаптических связей по сравнению с другими схемами будет содержать наименьшее число различных функций, т. е. равное n , а разность значений порога нейронов, при которой происходит смена функций на выходе для этих схем, максимальна и равна N_0 .

* Эти рассуждения ничем не отличаются от Больцмановского способа подсчета числа различных состояний для молекул разреженного и невзаимодействующего газа.

** Следует отметить, что в наших рассуждениях энергетическая сторона вопроса не затрагивается.

	I	II	III		I	II	III
	Схема	В	F		Схема	В	F
1		0 1 2 3	\mathcal{J} $A \vee B$ $A \cdot B$ Ψ	3		0 1 2 3 4	\mathcal{J} $A \vee B \vee C$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \cdot C$ Ψ
2		0 1 2 3 4 5	\mathcal{J} $A \vee B$ $A \vee B$ $A \cdot B$ $A \cdot B$ Ψ	6		0 1 2 3 4 5 6 7	\mathcal{J} $A \vee B \vee C$ $A \vee B \vee C$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \cdot C$ $A \cdot B \cdot C$ Ψ
5		0 1 2 3 4 5 6 7	\mathcal{J} $A \vee B$ $A \vee B$ $A \vee B$ $A \cdot B$ $A \cdot B$ $A \cdot B$ Ψ	7		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	\mathcal{J} $A \vee B \vee C$ $A \vee B \vee C$ $A \vee B \vee C$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \cdot C$ $A \cdot B \cdot C$ $A \cdot B \cdot C$ Ψ
4		0 1 2 M N+1 2N 2N+1	\mathcal{J} $A \vee B$ $A \vee B$ $A \vee B$ $A \cdot B$ $A \cdot B$ $A \cdot B$ Ψ	8		0 1 2 M N+1 2N 2N+1 3N 3N+1	\mathcal{J} $A \vee B \vee C$ $A \vee B \vee C$ $A \vee B \vee C$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \vee B \cdot C \vee C \cdot A$ $A \cdot B \cdot C$ $A \cdot B \cdot C$ Ψ

Рис. 3. Логические функции для схем с равномерным распределением синаптических связей.

Очевидно, число полезных функций равно числу входных нейронов, где m — число полезных функций,

n — число входных нейронов,

а разность значений порога нейронов θ_0 при которой происходит смена функции на выходе для данной схемы, равно числу синаптических связей одного входного нейрона

$$\theta_0 = N_0 = \frac{N}{n}$$

Очевидно, с увеличением N , увеличивается θ_0 т. е. увеличивается логическая устойчивость нейрона.

Изменения не будут наблюдаться и в том числе, если допустить, что входные нейроны имеют каждая по одной бляшке, и что множество входных нейронов состоит из n подмножеств, каждое из которых передает информацию разных качеств А, В, С и т. д. Схематически это можно выразить так, как это показано на рис. 4.

Принцип полианализаторной деятельности мозга и полисенсорной конвергенции позволяет сделать это допущение.

Учитывая такую организацию связей (рис. 4) и производя анализ вышележащим путем, можно обнаружить, что разность значений порога нейронов θ_0 равна числу клеток в подмножестве. С увеличением каналов связи θ_0 увеличивается, т. е. увеличивается логическая устойчивость. Если за критерий оценки логической надежности принять вероятность того, что нейрон будет выполнять данную логическую функцию, то можно сказать, что полианализаторный принцип и принцип полисенсорной передачи информации приводят к увеличению логической надежности нейрона.

Сказанное можно подтвердить тем, что наличие полианализаторного принципа организации передачи информации приводит к увеличению структурной избыточности (избыточность каналов).

Приведенный выше анализ позволяет считать, что полианализаторный механизм деятельности является важным организационным принципом в обеспечении логической надежности функционирования системы.

Лаборатория нейробионики
АН АрмянССР

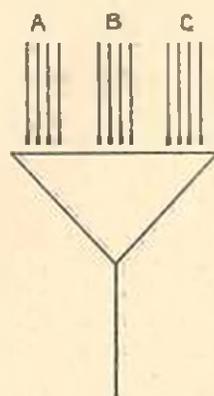


Рис. 4. Схема входных нейронов, учитывающая полисенсорность.

Поступило 16.11 1966 г.

ՈՒՂԵՂԻ ՀՈՒՍՈՒՐՈՒԹՅԱՆ ՊՈՒՍԵՆՍԱՎԳԱՏՈՐՈՅԻՆ ԽՆԵԱՆԻՉՈՐ

Ս. մ. փ. ո. փ. մ.

Հաշվի առնելով, որ գլխուցկերը հանդիսանում է անհոսալի էլեմենտներից բաղկացած, բայց հոսալիորեն աշխատող մի սխեմա, փորձ է արվում պարզարանել որոշ կազմակերպական սկզբունքներ, որոնք էական նշանակություն ունեն ուցկի հոսալիության գործում: Վերջիններին թվին է պատկանում ուղեղի գործունեության պոլիանալիզատորային սկզբունքը:

Սզտագործելով ֆորմալ նեյրոն հասկացությունը, տեսականորեն ցույց է արված, որ ինֆորմացիայի հազարզման պոլիանալիզատորային և պոլիսենտորային սկզբունքը բերում է նեյրոնի սրամաթանական հոսալիության մեծացմանը: Վերջինս հաստատվում է նրանով, որ ինֆորմացիայի հազարզման պոլիանալիզատորային սկզբունքի առկայությունը բերում է սարսկատորային ավելցուկության մեծացմանը:

Այսպիսով պոլիանալիզատորային մեխանիզմը հանդիսանում է ուղեղի գործունեության սրամաթանական հոսալիության բարձրացման կարևոր սկզբունքներից մեկը:

Լ И Т Е Р А Т У Р А

1. Գամբարյան Լ. Ս. О функциональной и анатомической структуре условного дингательного рефлекса, Ереван, 1959.
2. Գամբարյան Լ. Ս. Вопросы физиологии двинательного анализатора, М., 1962.
3. Գամբարյան Լ. Ս., Գարիբյան Ա. Ա. X съезд всесоюзного физиологического общества имени Н. П. Павлова. Тез. науч. сообщений, т. II, вып. I, стр. 188, М.—Л., 1964.
4. Мак-Каллок У. С. Сб. Самоорганизующиеся системы, М., стр. 358, 1961.
5. Мак-Каллок У. С. Сб. Проблемы бионики, М., 1965.
6. Мак-Каллок У. С., Пизе У. Автоматы. Сборник статей под ред. Шеннона и Дж. Маккарти, стр. 362, М., 1956.
7. Назумова Т. С. О взаимодействии специфической и неспецифической афферентации при формировании условного оборонительного рефлекса. Автореферат докторской диссертации, М., 1965.
8. Сотсков Б. С., Գամբարյան Լ. Ս., Մկրտչյան Ս. Օ. Доклады АН АрмССР, т. 42, 4, 1966.
9. Ферстер Г. Сб. Проблемы бионики, стр. 7, М., 1965.
10. Buser P. and Imbert H. Sensory Communication, edited by Walter A. Rosenblith. New York, Wiley, pp. 606—626, 1961.
11. Fessard A. Sensory Communication, edited by Walter A. Rosenblith. New York, Wiley, pp. 585—606, 1961.
12. Mukata K., Cramer H. and Bach-Y-Rita P. J. Neurophysiol. Vol. XXVIII, 6, 1223—1239, 1965.
13. Patton H. D., Towe A. L. and Kennedy T. T. J. Neurophysiol. Vol. 25, pp. 501—514, 1962.