

the heart are preferable because of their ability of widening the coronary vessels.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бериташвили Д. Р., Кафиани К. Н. Вопросы мед. химии, 3, 322, 1975.
2. Галоян А. А. ДАН АрмССР, 34, 109—111, 1962.
3. Галоян А. А. В кн. Некоторые проблемы по биохимии гипоталамической регуляции, Ереван, 1965.
4. Галоян А. А., Срапионян Р. М., Карапетян Р. О., Саакян С. А. ДАН АрмССР, 67, 3, 176—179, 1978.
5. Галоян А. А., Срапионян Р. М., Геворкян Г. Г. Биолог. ж. Армении, 20, 4, 3—8, 1967.
6. Гурвиц Б. Я., Сарибекян Г. А., Сомова Е. С., Галоян А. А. ДАН АрмССР, 66, 5, 290, 1978.
7. Мисирян С. С., Срапионян Р. М., Бхелян М. Т., Сарибекян Г. А., Галоян А. А. Биолог. ж. Армении, 32, 5, 397—401, 1979.
8. Мисирян С. С., Срапионян Р. М., Медведев Ф. А., Галоян А. А. ДАН АрмССР, 49, 5, 290—294, 1979.
9. Срапионян Р. М., Галоян А. А. ДАН АрмССР, 56, 3, 174—176, 1973.
10. Срапионян Р. М., Мисирян С. С. Биолог. ж. Армении, 27, 10, 102—104, 1974.
11. Срапионян Р. М., Мисирян С. С., Галоян А. А. Вопросы биохимии мозга, 10, 122—127, 1975.
12. Срапионян Р. М., Саакян С. А., Медведев Ф. А., Галоян А. А. ДАН АрмССР, 20, 3, 182—186, 1980.
13. Срапионян Р. М., Саакян С. А., Абелян Ж. Г., Галоян А. А. Нейрохимия, 1, 1, 36—42, 1982.
14. Воеупаеми J., Dumont J. Mol. and Cell. Endocrinology, 7, 1, 33—47, 1977.
15. Chem M., Creig S., Stoner J. Biochemistry, 19, 11, 3559—3563, 1972.
16. Haale W., Srapionian R., Oeme P., Galoyan A. Acta Biol. Med. Germ., 35, 265—267, 1976.
17. Morawitz P. Z., Zahn A. Dtsch. Arch. Klin. Med., 116, 364, 1914.
18. Pösch G., Kukovetz W. R. Life Sciences, 10, 133, 1971.

«Биолог. ж. Армении», т. XXXVI, № 6, 1983

УДК 153.8

О СООТВЕТСТВИИ ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫМ СТАДИЯМ ФОРМИРОВАНИЯ УСЛОВНОРЕФЛЕКТОРНОЙ СВЯЗИ

Ю. Х. ГРИГОРЯН

В первой стадии выработки условного рефлекса, когда проявляется его генерализованная фаза, наиболее подходящим описанием вероятности обнаружения сигнала является теория Блэквелла. При ориентировочных реакциях наиболее приемлема модель Люса. В этих случаях использование критерия максимизации выигрыша в соответствии с теорией Светса, Таннера, приведет к рассогласованию с действительностью. Последняя теория предпочтительна для анализа восприятия при упроченной условнорефлекторной связи.

Ключевые слова: психофизическая модель, сенсорный порог.

Различие между выработанными в психофизике моделями работы сенсорной системы обусловлено в первую очередь различием в их исходных принципах. В частности, в основе теории Блэквелла лежит утверждение о достаточно высоком сенсорном пороге и наличии независимого внесенсорного механизма «ложных тревог»; в теории Люса порог фиксирован на более низком уровне, источником ложных ответов является внешний шум, при этом постулируется неразличимость для наблюдателя входных воздействий в надпороговой области, так что изменение вероятности ответов происходит из-за внесенсорных влияний; в модели Светса, Таннера непрерывен сам сенсорный порог, его значения определяются на основании критерия принятия решения наблюдателя [2]. Отсюда—применимость этих теорий будет зависеть от соответствия конкретным ситуациям восприятия.

Рассмотрим крайне упрощенную схему взаимодействия некоторых функциональных систем живого организма при формировании временной связи (рис.).

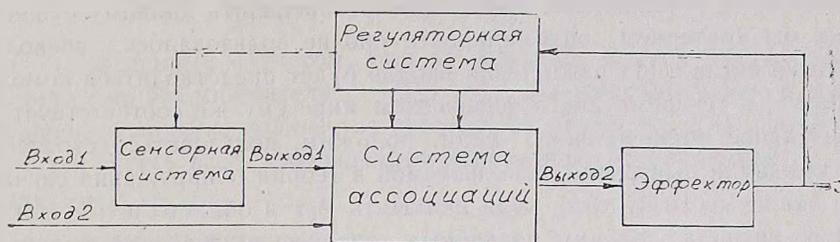


Рис. Схема взаимосвязей некоторых функциональных систем организма при формировании временной связи.

Под системой ассоциаций будем понимать систему, в которой формируется собственно условная связь, где сигнал приобретает новое значение для организма. В таком представлении она соответствует понятию среднего звена условнорефлекторной дуги [1]. Регуляторной системе придадим прежде всего функцию мотивации, которая будет обусловлена как потребностями организма, так и значением внешних воздействий [1, 7]. Через нее проявится и влияние так называемой решающей системы.

Предположим, что на вход 2 поступает натуральный раздражитель или стимул ранее упроченной условнорефлекторной связи. Имеется также суммирующееся со стимулом внешнее, «шумовое», воздействие, распределенное с плотностью $f_n(x)$. Взаимовлияния указанных систем относительно входа 2 будем считать уже сформированными, так что отношение к этому входу может быть описано на основании теории обнаружения сигнала, как это делалось Светсом с соавторами [5]. Примем, что на вход 1 подаются условные сигналы. В силу того, что в исходной ситуации они являются случайными по отношению к реакциям на стимулы по входу 2, и, следовательно, вход 1 не подвергается обратному воздействию со стороны регуляторной системы (такая цепь пока не сформирована), его порог x_{01} можно считать стабильным и достаточно высоким по отношению к внешним шумам. На выходе 1 при

плотности распределения сигналов $f(x)$ будем иметь импульсы с вероятностью $p_y = \int_{x_{01}}^{\infty} f_y(x) dx$.

Известно, что в начальной стадии образования условного рефлекса проявляется его генерализованная форма, т. е. ответные реакции возникают как на безусловный раздражитель, так и на сигналы других модальностей. Имеются данные, согласно которым на ранних этапах работы у нейронов двигательной области коры преобладают реакции полисенсорного типа [4], при подпороговой деполяризации нейроны соматосенсорной коры начинают отвечать на неспецифические раздражения: свет, звук и пр. [3]. Исходя из этого, примем, что в начальный период под влиянием регуляторной системы снижается порог системы ассоциаций, так что на выходе 2 появляются ответы на все входы этой системы, в том числе и на вход 1. Оптимальную величину порога, которая должна быть установлена, очень сложно определить данному существу каким бы критерием оптимальности оно не пользовалось, поскольку условный сигнал при различении входов будет представляться помехой, «шумом», в то время как в физическом мире ему же соответствует положительное подкрепление. Если, положим, пользоваться стратегией максимизации выигрыша, используемой в теории обнаружения сигнала, то в зависимости от того, куда включить P_y , в область шума или полезного сигнала, получим различные критические значения отношения правдоподобия.

В первом случае вероятность правильных реакций на стимул $p(V/s)$ будет определяться суммарным распределением безусловного стимула с «шумом» $f_{0n}(x)$ и величиной (x_2) порога системы ассоциаций — $p(V/s) = p_6 = \int_{x_2}^{\infty} f_{0n}(x) dx$. Вероятность реакций при отсутствии стимула, так называемой «ложной тревоги», $p(Y/n) = p_n + (1 - p_n) \cdot p_y$,

где $p_n = \int_{x_2}^{\infty} f_n(x) dx$. Считаем, что импульсы на выходе 1 превышают порог. Вероятность отсутствия реакции при подаче стимула $p(N/s) = 1 - p_6$, а при отсутствии его $p(N/n) = (1 - p_n)(1 - p_y)$.

Для второго случая, $p(Y/s) = p_6 + (1 - p_6) \cdot p_y$; $p(Y/n) = p_n$;

$p(N/s) = (1 - p_6) \cdot (1 - p_y)$; $p(N/n) = 1 - p_n$.

Математическое ожидание выигрыша для первого варианта

$$E\{V\} = c_{Ys} \cdot P_s \cdot p_6 + c_{Nn} \cdot P_n \cdot (1 - p_n) (1 - p_y) - c_{Yn} \cdot P_n \times \\ \times [p_n + (1 - p_n) \cdot p_y] - c_{Ns} \cdot P_s \cdot (1 - p_6),$$

где P_s и p_n — безусловные вероятности появления сигнала с шумом и только шума, выявляемые по предшествующим событиям на входе 2 (опыту), а c_{Ys} , c_{Nn} , c_{Yn} , c_{Ns} — соответствующие цены (подкрепления) за правильное или ошибочное решение о наличии сигнала или отсутствии его.

После преобразований получим:

$$E\{V\} = c_{Nn} \cdot P_n - c_{Ns} \cdot P_s - P_n \cdot p_y \cdot (c_{Nn} + c_{Yn}) + P_s \cdot p_0 \cdot (c_{Ys} + c_{Ns}) - \\ - P_n \cdot p_n \cdot (c_{Nn} + c_{Yn}) \cdot (1 - p_y).$$

Выбор оптимальности будет связан с той частью $E\{V\}$, которая зависит от x :

$$P_s \cdot p_0 \cdot (c_{Yn} + c_{Ns}) - P_n \cdot p_n \cdot (c_{Nn} + c_{Yn}) \cdot (1 - p_y) = P_s \cdot (c_{Ys} + c_{Ns}) \times \\ \times \int_{x_1}^{\infty} f_{0n}(x) dx - P_n \cdot (c_{Nn} + c_{Yn}) \cdot (1 - p_y) \cdot \int_{x_2}^{\infty} f_n(x) dx.$$

Приравняв к нулю производную этого выражения, получим критическое значение отношения правдоподобия

$$\lambda_k = \frac{f_{0n}(x)}{f_n(x_2)} = \frac{P_n}{P_s} \cdot \frac{c_{Nn} + c_{Yn}}{c_{Ys} + c_{Ns}} \cdot (1 - p_y).$$

Расчет, проведенный с учетом только входа 2, привел бы к такой же формуле, но без множителя $(1 - p_y)$ (4). Уменьшение порога и, следовательно, увеличение количества реакций на «шум», но и на стимулы, объясняется скорее всего уменьшением постоянной составляющей $E\{V\}$ на величину $P_n \cdot p_y \cdot (c_{Nn} + c_{Yn})$.

Аналогичный расчет

$$E\{V\} = c_{Ys} \cdot P_s \cdot [p_0 + (1 - p_0) \cdot p_y] + c_{Nn} \cdot P_n \cdot (1 - p_n) - \\ - c_{Yn} \cdot P_n \cdot p_n - c_{Ns} \cdot P_s \cdot (1 - p_0) \cdot (1 - p_y), \\ E\{V\} = c_{Nn} \cdot P_n - c_{Ns} \cdot P_s + P_s \cdot p_y \cdot (c_{Ys} + c_{Ns}) + \\ + P_s \cdot p_0 \cdot (c_{Ns} + c_{Ys}) \cdot (1 - p_y) - P_n \cdot p_n \cdot (c_{Nn} + c_{Yn}),$$

для второго варианта приведет к величине

$$\lambda_k = \frac{P_n}{P_s} \cdot \frac{c_{Nn} + c_{Yn}}{c_{Ys} + c_{Ns}} \cdot \frac{1}{1 - p_y}.$$

Опять-таки выбор оптимальной величины порога вследствие прибавки $P_s \cdot p_y \cdot (c_{Ys} + c_{Ns})$ будет определяться уже стремлением уменьшить ложные реакции из-за наличия шума. Порог повысится в $\frac{1}{1 - p_y}$ раз.

Между критическими точками, выбранными, когда условный сигнал воспринимается как случайный, «шумовой», фактор и когда он учитывается как полезный сигнал (что и соответствует конкретной физической ситуации), имеется большое расхождение. В условиях образования новой связи, пока данный сигнал не стал отражаться в новом значении и тем более не сформировались обратные связи, корректирующие восприятие такого в физическом пространстве, функционирование системы в соответствии с теорией Светса будет приводить к рассогласованию с действительностью. По той же причине эта теория окажется неприемлемой для описания работы самого сенсорного входа.

Если импульс ответа с вероятностью появления p_y превышает порог системы ассоциаций, то вероятность срабатывания эффектора относительно входа 1 будет равна $p(Y/s) = p_y + (1 - p_y) \cdot p_d$, где p_d — вклад входа 2 или, если отвлечься от приведенной схемы, при отсутствии безусловного стимула добавка от воздействий на другие входы внешних или внутренних шумов при определенном мотивационном уровне. В этом виде формула схожа с выводом высокопороговой теории Блэквелла: вероятность обнаружения сигнала линейно зависит от вероятности «ложной тревоги». Зависимость $p(Y/s)$ от $p(Y/n)$ (в данном случае p_d) в психофизике принято называть рабочей характеристикой наблюдателя (РХН). Для модели Блэквелла она представляет собой отрезок прямой между точками $(0; P_y)$, $(1,0; 1,0)$. Данная модель оказывается более приемлемой для оценки вероятности ответов в начальной стадии выработки условного рефлекса при явлениях типа суммарного рефлекса или доминанты. В период, когда возникает ориентировочная реакция на условный сигнал (есть основание полагать, что ее появление обусловлено несоответствием поведенческих реакций, совершаемых по ранее выработанному критерию, их действительной эффективности), возбудимость периферических анализаторных механизмов повышается [6]. Следует, однако, иметь в виду, что сигнал при этом воспринимается или в своей безусловнорефлекторной значимости или в каком-либо ином, ранее упроченном значении, но отнюдь не в новом качестве. Напротив, выработка условной реакции приводит к угашению ориентировочного рефлекса, так что снижение порога не следует относить к линейному обучению в соответствии с каким-либо критерием по работе новой связи. Она еще не выработана. Поэтому низкий порог на время действия ориентировочной реакции можно считать неизменным. Так же, как и в предыдущем случае, на выходе 1 вероятность ответа по сигналу обозначим p_y , по «шуму», поскольку теперь правильнее будет учитывать и его воздействие, — $p_{ш}$. Примем, что в сенсорной системе выход сформирован по типу «все или ничего», поэтому образы сигналов на выходе системы ассоциаций не различимы. Вероятность выхода 2 с учетом воздействий внутренних и внешних шумов по прочим входам (P_d) будет относительно входного сигнала равна $p(Y/s) = p_y + (1 - p_y) p_d$, а по «шуму» — $p(V/n) = p_{ш} + (1 - p_{ш}) \cdot p_d$, откуда —

$$p(Y/s) = \frac{p_y - p_{ш}}{1 - p_{ш}} + \frac{1 - p_y}{1 - p_{ш}} \cdot p(Y/n), \text{ что соответствует формуле Люса}$$

при стратегии риска. На графике данная РХН представится отрезком прямой от точки $(p_{ш}; p_y)$ до $(1,0; 1,0)$. Изменение $p(Y/n)$ определяется возбудительным влиянием мотивации. В случае же, когда входы системы ассоциаций тормозятся, положим, при дифференцировке или вследствие влияния конкурирующих поведенческих актов, можно считать $p_s = 0$, а вероятности $p(V/s) = p_y \cdot t$, $p(V/n) = p_{ш} \cdot t$, где коэффициент $t \in [0; 1,0]$ учитывает степень торможения. Тогда зависимость $p(Y/s) = \frac{p_y}{p_{ш}} \cdot p(Y/n)$ — на графике отрезок прямой между точками

0, 0), (p_x ; p_y) — совпадает с формулой модели Люса для стратегии осторожности.

И только после образования временной связи, когда упрочится и цепь обратного корректирующего влияния на сенсорный элемент новой связи, работа системы с достаточным приближением может быть описана моделью Светса, Таннера. При гауссовой плотности распределения шума и постоянной величине сигнала РХН на сей раз будет иметь вид кривой, симметричной относительно диагонали (0; 1,0), (1,0; 0) (5).

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
АН Армянской ССР

Поступило 10.XI 1982 г.

ՊԱՅՄԱՆԱԿԱՆ ՌԵՖԼԵԿՏՈՐ ԿԱՊԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՏԱՐԲԵՐ ՓՈՒԼԵՐԻՆ ՀՈԳԵՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՄՈՌԵԼԵՆԵՐԻ ՀԱՄԱՊԱՏԱՍԽԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

3. Խ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

Պայմանական ռեֆլեքսի մշակման առաջին շրջանում, երբ հանդես է գալիս նրա համատարած ձևը, պայմանական ազդանշանի հայտնաբերման համապատասխան առավել համապատասխան նկարագիրը հանդիսանում է Բլեկվելի բարձրաշեմքային տեսությունը: Կողմնորոշման ռեակցիայի ժամանակ ափելի ընդունելի է Լյուսի մոդելը: Այս դեպքերում շահույթի մաքսիմիզացման հիման վրա գործառուումը, ըստ Սվետսի և Տանների տեսությունների, հանգեցնում է անհամաձայնության իրականության հետ: Վերջին տեսությունը գերադասելի է ընկալումների անալիզի համար՝ ամբողջական պայմանական կապի ժամանակ:

ON THE CORRESPONDENCE OF THE PSYCHO-PHYSICAL MODELS TO DIFFERENT FORMATION STAGES OF THE CONDITIONAL REFLEX CONNECTION

Y. Ch. GRIGORIAN

Studies have shown that Blackwell's high-threshold theory is quite acceptable for the description of signal perception during the first period of conditional reflex's formation, when the latter appears in its general form. Luse's model is more acceptable during the orientation reaction which is more preferable for the analysis of signals in case of the established conditional connection.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асратян Э. А. Очерки по высшей нервной деятельности. М., 1972.
2. Бардин К. В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы, М., 1976.
3. Воронин Л. Л. Журнал ВНД, 16, 4, 1966.
4. Рабинович М. Я. Журнал ВНД, 17, 1, 1967.
5. Светс Дж., Таннер В., Бердсолл Т. В кн.: Инженерная психология, М., 1964.
6. Соколов Е. Н. Восприятия и условный рефлекс, М., 1958.
7. Судаков К. В. В сб.: Механизмы и принципы целенаправленного поведения, М., 1972.