

О ПРАВИЛЕ МИЛЛЕРА ДЛЯ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ МОЗГА

Мейлихов Е.З. Фарзетдинова Р.М.

Курчатковский институт, Россия, 123182, E-mail: meilikhov@yandex.ru

Рабочая память мозга (working memory) – это совокупность процессов и структур, обеспечивающих оперативную сохранность информации в течение времени, достаточного для ее когнитивной обработки. Многочисленные эксперименты и жизненный опыт подтверждают ограниченность ее объема. Разные авторы оценивают его количеством элементов от 3 до 7 ± 2 (“магическое число Миллера”).

Почему число Миллера заключено в относительно узком интервале 3-9 (то есть порядка 10) и, уж, заведомо не равно $\sim 10^3$ или $\sim 10^2$? Критически важным способом удержания информации является фонологическая петля, связанная с процессом артикуляторного повторения. Без нее информация распадается в течение нескольких десятков секунд. При повторном использовании петель информация может храниться “вечно”, а число таких “вечных” элементов определяется соотношением между характерными временами затухания и “освежения” информации.

Уровень сохранности информации можно характеризовать “параметром порядка” x , принимающим значения от 0 до 1: $x=1$ соответствует максимально сохранной и доступной для использования информации в рабочей памяти, а $x=0$ - исчезнувшей (или недоступной) информации. Критическое значение x_c параметра порядка делит информацию на два вида - доступная ($x > x_c$) и практически недоступная ($x < x_c$).

Закодированная нейронным графом информация сохраняется в относительно полном виде, пока сохраняется его связность. Для случайных графов последняя пропадает, когда доля разорванных связей (или доля удаленных вершин) составляет $\sim 20-50\%$. Это соответствует $x_c \approx 0.35$ (середина указанного диапазона). Без использования фонологической петли информация в рабочей памяти затухает по закону $x(t) = x_0 \exp(-t/\tau_1)$, где t - текущее время, x_0 - параметр порядка в момент времени $t=0$. За время τ_1 параметр порядка падает от $x_0=1$ до $x \approx 0.37 \approx x_c$. В течение этого времени необходимо использовать средство, препятствующее забыванию - фонологическую петлю. Процесс “освежения” информации описывается соотношением $x(t) = 1 - (1 - x_0) \exp(-t/\tau_2)$, где τ_2 - характерное время “реставрации” памяти. Если положить $x_0=0.4$ (что близко к пороговому значению $x_c=0.35$), то за время $2\tau_2$ параметр x достигнет величины $x \approx 0.92$, что соответствует практически полному восстановлению образа в памяти.

Для удержания в памяти возможно большего числа элементов надо *последовательно* освежать информацию, относящуюся к каждому из них, чтобы значения соответствующих параметров x_i ($i=1, 2, \dots$) всегда оставались выше порогового уровня x_c . На каждом из этих этапов параметры порядка x_i восстанавливаются от значения, близкого к x_c , до значения $x \approx 0.9$, что требует времени, близкого к $2\tau_2$. С другой стороны, “освеженная” информация деградирует до критического уровня за время τ_1 . Именно это время отведено на то, чтобы “обслужить” другие затухающие образы. Количество образов в памяти, которые можно поддержать с помощью описанного механизма, равно отношению $N = \tau_1 / 2\tau_2$. Используя для оценки экспериментальные значения $\tau_1 \sim 30$ с и $\tau_2 \sim 2$ с, находим $N \approx 7$, что совпадает с классическим результатом Миллера.