

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ САМООБУЧЕНИЯ НЕЙРОНА

Новиков А.А

Белорусский национальный технический университет

Нейрон, базовая клетка головного мозга, выполняет две информационные функции: передает, в режиме синхронизируемой параллельности и многоканальности, электромагнитные (точнее, медленные химические) сигналы соседям и постоянно реформирует сеть синапсов, непосредственных материальных носителей долговременной памяти.

Внутренность нейрона полагаем почти однородной субстанцией, в которой распространяется $H(\mathbf{r}, t)$ - «химическое напряжение», процесс описываем уравнением параболического типа (1), где $K(\mathbf{r})$ – коэффициент пространственной проводимости сигнала, α - коэффициент его затухания

$$H(\mathbf{r}, t)_t = \text{div}(K(\mathbf{r}) \text{grad } H(\mathbf{r}, t)) - H(\mathbf{r}, t). \quad (1)$$

Поверхность нейрона (граница для уравнения) фрагментирована площадками $S = \sum S_{ci} + S_{oi}$, где S_{ci} – место контакта с синапсом вход-выход, S_{oi} - нейтральная область. Начальное условие для (1): $H(\mathbf{r}, 0) = 0$. Нормальный режим работы нейрона: на нужные синапсы подается импульсное воздействие, которое через время достигает, с допустимым затуханием, нужных выходных синапсов. Режим «самообучения»: на нужные синапсы входа подается импульсный сигнал, который должен переформатировать внутреннюю структуру проводимости $K_o(\mathbf{r})$ в $K(\mathbf{r})$, чтобы этот сигнал достигал опять же нужных синапсов за время t . Изменения имеющейся внутренней структуры проводимости нейрона должны быть минимальны, т.к. нейрон должен обеспечивать максимум (все?) ранее заученные связи. А поскольку, в нашей модели функция $K(\mathbf{r})$ полагается дифференцируемой, то в качестве критерия оптимальности разумно воспользоваться метрикой Соболева (2) с весовым коэффициентом p - пропорциональном линейному размеру нейрона.

$$\text{Min}_{no K(\mathbf{r})} \iiint (K(\mathbf{r}) - K_o(\mathbf{r}))^2 + p(\text{grad}(K(\mathbf{r}) - K_o(\mathbf{r})))^2 dv \quad (2)$$

Реализация задачи (1)-(2) показала возникновение внутри нейронов канальных (псевдо одномерных и почти линейных) областей повышенной проводимости между нужными аксонами.

Выводы, по феноменологической модели и численным экспериментам:

- наиболее устойчивые во времени, т.е. при последующих «циклах самообучения», каналы проводимости наблюдаются между синапсами соседствующими на границе нейрона,
- для описания внутренней структуры нейрона и его оболочки вполне хватает двумерных, по пространству, моделей, но реальная структура сетей синапсов, разумеется, остается принципиально трехмерной.