

позволяет получать достаточно однородные по толщине и удельному поверхностному сопротивлению $Ta-Al$ пленки с минимальным разбросом параметров (меньше, чем у TaN пленок).

При использовании ситалловых подложек радиусы эллипсообразного расположения таблеток должны подбираться такими, чтобы соответствовали сторонам прямоугольной подложки. Выполнение этих условий обеспечивает максимальную однородность пленок, полученных из составных мишеней $Ta-Al$. Этот способ повышения однородности пленок может быть применен при использовании любой составной мишени.

ЕрПИ им. К. Маркса

17. IX. 1986

ЛИТЕРАТУРА

1. Рахманин Н. М., Реуданик В. В. Резисторы для прецизионных микросхем цифро-аналоговых преобразователей на основе пленок системы тантал-алюминий // *Электронная техника*. — 1979. — Сер. 5, вып. 6 (37). — С. 22—29.
2. Апетисян А. М. Сравнение свойств резистивных пленок сплавов на основе тантала // *Электронная техника*, сер. Радиодетали и радиокомпоненты. — 1983. — Вып. 1 (50). — С. 13—15.
3. Бинкинская С. К., Буганова Л. Ф., Литвинский Н. С. Использование анодно-окисных пленок тантал-алюминия для изготовления прецизионных резисторов ГИС // *Техника средств связи*. — 1981. — Вып. 5. — С. 62—66.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XI, № 5, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Н. С. ХОНДКАРЯН

АНАЛИЗ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОБУЧАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Одним из наиболее важных методических приемов при анализе принципов управления и переработки информации в различных отделах мозга показали себя методы математического моделирования, опирающиеся на физиологические представления о принципах функционирования реальных нервных клеток [1, 2]. Недостатки такого рода работ связаны с упрощенным математическим аппаратом, используемым для описания как отдельного нейронного элемента, так и связей между ними в имитируемой сети. В настоящей работе дано математическое описание самоорганизующейся обучающейся нейронной сети, в которой модель нейронного элемента и связи между элементами опираются на существующие на сегодняшний день физиологические и модельные представления.

Модель состоит из n уровней, расположенных один над другим (рис. 1). Каждый уровень содержит $U_i(n)$ возбуждающих и $V_i(n)$ тормозных нейронов. Здесь $n = (n_x, n_y)$ определяет расположение клетки. Каждая возбуждающая клетка $U_i(n)$ l -го слоя принимает фиксированное количество окончаний нервных волокон (синапсов) от возбуждающих $U_{l-1}(n+m)$ (из проекционной зоны) и тормозного $V_{l-1}(n)$ нейронов предыдущего слоя $l-1$. Под действием ритмического ряда импульсы веса синапсов изменяются, что в модели соответствует изменению количества медиатора, высвобождаемого в синаптическую щель [3]. При таком подходе характеристикой модифицируемого синапса является величина выброса медиатора V_i в момент поступления i -го импульса по данному входу. Ранее было показано, что величина выброса медиатора определяется произведением двух величин — мобилизации медиатора $e(t)$ и величины изменения его количества в пресинаптическом окончании $W(t)$ [3, 4].

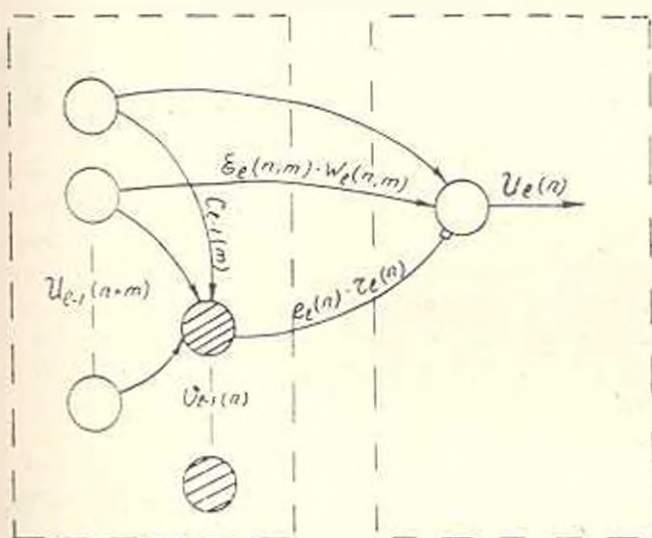


Рис. 1. Многоуровневая обучающаяся нейронная сеть

Обозначим параметры пресинаптического окончания клетки $U_i(n)$ по каждому из возбуждающих входов через $z_i(n, m)$ и $W_i(n, m)$, а параметры пресинаптического окончания той же клетки по тормозному входу от клетки $V_{l-1}(n) - e_l(n)$ и $r_l(n)$. Тогда выход нейрона $U_l(n)$ запишем в виде

$$U_l(n) = \varphi \left[\frac{1 + \sum_m \xi S_l U_{l-1}(n+m) z_l(n, m) W_l(n, m)}{1 + V_{l-1}(n) e_l(n) r_l(n)} - 1 \right], \quad (1)$$

где S_l — проекционная зона клетки.

При этом:

$$\varphi[x] = \begin{cases} x, & \text{если } x \geq 0; \\ 0, & \text{если } x < 0. \end{cases} \quad (2)$$

Приведенная форма определения суммарного постсинаптического потенциала (отношение величины суммарного возбуждающего потенциала l -го слоя к величине тормозного влияния того же слоя) объясняется необходимостью ограничения скорости увеличения процесса обучения.

Если знаменатель $V_{l-1}(n) e_l(n) \ll 1$, то $U_l(n)$ приобретает вид, используемый для описания обычного аналогово-порогового элемента [3].

Тормозная клетка $V_{l-1}(n)$ принимает синаптические соединения $C_{l-1}(v)$ от возбуждающих клеток $U_{l-1}(n+m)$ и на его выходе потенциал равен

$$V_{l-1}(n) = \sum_v \xi S_l C_{l-1}(v) U_{l-1}(n+m), \quad (3)$$

где

$$\sum_v \xi S_l C_{l-1}(v) = 1. \quad (4)$$

Для того, чтобы модель нейронной системы была способна к самообучению, необходимо задать правила модификации (изменения весов) афферентных синаптических соединений от нейронов проекционной зоны и тормозного нейрона к нейрону вышестоящего слоя. В настоящей модели синаптическая модификация основана на видоизмененной гипотезе Бриндли [5, 6]. Параметры синаптического соединения от пресинаптического нейрона, входящего в проекционную зону $U_{l-1}(n+m)$ к постсинаптическому нейрону $U_l(n)$, изменяются только при условии срабатывания обоих нейронов, причем, потенциал постсинаптического нейрона должен быть максимальным в некоторой зоне распределения, заданной для каждого афферентного нейрона.

Введем функцию:

$$\delta_l(n) = \begin{cases} 1, & \text{если } U_l(n) \geq U_l(n+m) \text{ для каждой } v \in \Omega_l; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (5)$$

где Ω определяет зону распределения клетки.

Если функция $\delta_l(n)$ принимает значение, равное единице, то скорость изменения синаптической модификации будет определяться, исходя из следующих условий. Обозначим:

$$e_l(n, m) W_l(n, m) = B_l(n, m); \quad e_l(n) r_l(n) = D_l(n).$$

Если $U_l(n) = 0$, то

$$\Delta B_l(n, m) = q_0 C_{l-1}(m) U_{l-1}(n+m) \delta_l(n), \quad (6)$$

$$\Delta D_l(n) = q_0 V_{l-1}(n) \delta_l(n), \quad (7)$$

а если $U_l(n) > 0$, то

$$\Delta B_i(n, m) = q_i C_{i-1}(m) U_{i-1}(n+m) \delta_i(n), \quad (8)$$

$$\Delta D_i(n) = \frac{\sum_m \xi S_i \Delta B_i(n, m) U_{i-1}(n+m) \delta_i(n)}{2V_{i-1}(n)} =$$

$$= \frac{q_i \sum_m \xi S_i C_{i-1}(m) U_{i-1}^2(n+m)}{2V_{i-1}(n)}, \quad q_1 > q_0 > 0. \quad (9)$$

На основе приведенных уравнений разработан алгоритм машинных расчетов, позволяющий проводить численный анализ процессов переработки информации в нейронных структурах мозга. На рис. 2 и 3 показана эффективность воспроизведения полного образа в зависимости от местоположения слоя, в котором выбрана клетка с максимальной активностью.

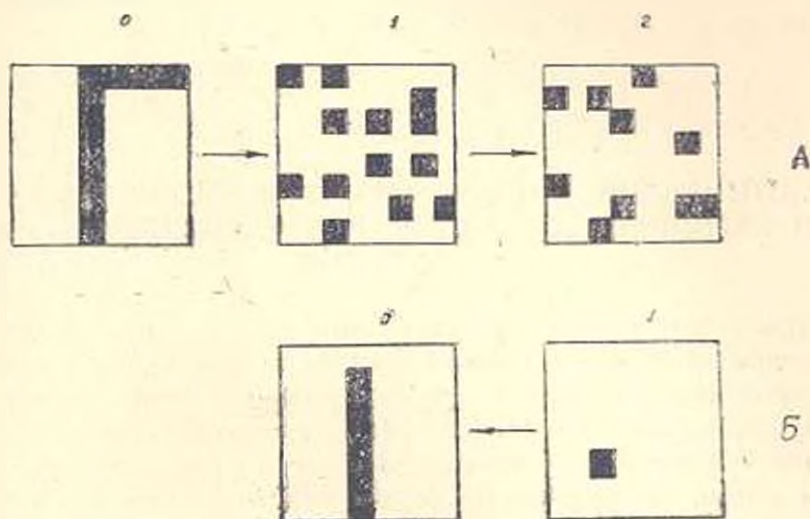


Рис. 2. А — ответы сети на латерн стимулов, соответствующих букве «Г». Стимулы предъявлены нулевому уровню 40-кратным повторением. После сорока предъявлений выделяются клетки, имеющие максимальную активность в зонах распределения. Б — обратное воспроизведение от одиночной клетки второго слоя. Исходные данные: проекционная зона и зона распределения — квадраты 3×3 и 2×2 соответственно. Коэффициенты обучения $q_0 = 2$, $q_1 = 8$.



Рис. 3. Обратное воспроизведение от одиночной клетки третьего слоя.

1. Элементы теории биологических анализаторов / Под ред. Н. В. Позина. — М.: Наука, 1978. — 360 с.
2. Perkel D. E. A computer program for simulating a network of interacting neurons. Comp. and Biomed. Res. — 1976, — v. 9, — № 1, — p. 31–43.
3. Мелконян Д. С., Мкртчян О. А., Хондкрян Н. С. Математическое описание поведения синапса в условиях ритмической стимуляции // ДАН АрмССР. — 1977. — Т. 65. — № 1. — С. 59–64.
4. Хондкрян Н. С., Мелконян Д. С. Анализ механизмов синаптической пластичности в нейронах красного ядра методами имитационного моделирования // Биол. журн. Армении. — 1985. — № 5. — С. 387–392.
5. Marr D. A theory of cerebellar cortex. J. Physiol. — 1969. — V. 202. — P. 437.
- Fukushima E. Cognitron: A self-organizing multilayered neural network. Biol. Cybernetics. — 1975. — V. 20. — P. 121–136.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), г. XL, № 5, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. С. ОВАКИМЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ДПМС ПРИ ЧАСТОТНО-ТОКОВОМ УПРАВЛЕНИИ

Двигатели с переменным магнитным сопротивлением относятся к синхронным машинам с наиболее простой и технологичной конструкцией, обладающей пассивным зубчатым ротором и сосредоточенной обмоткой управления на статоре. Частотно-токовое управление подразумевает формирование кривых токов фаз в функции углового положения ротора, что равнозначно формированию электромагнитного момента двигателя. Если не учитывать коэффициенты взаимоиндуктивности фаз, которые на порядок меньше, чем собственные индуктивности [1], электромагнитный момент, развиваемый ДПМС, будет равняться:

$$M = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m i_i^2 L'_i(\theta), \quad (1)$$

где i_i — ток, протекающий в i -той фазе; m — число фаз; $L'_i(\theta)$ — производная собственной индуктивности фазы в функции углового положения ротора θ (здесь и в дальнейшем производные обозначены со штрихами).

Как показано в [2], для обеспечения требуемого момента при минимуме потерь в обмотках ток должен протекать только в той фазе, которая при данном θ обладает наибольшей $L'_i(\theta)$ по сравнению с другими. Исходя из этого, можно выделить оптимальные угловые диапазоны коммутаций фаз: для симметричной m -фазной машины угловые диапазоны равны $2\pi/m$ эл. градусов. В каждом диапазоне обтекает