

сов, с учетом долговременной синаптической пластичности и влияния долговременных изменений эффективности синапса по безусловному входу на эффективность синапса по условному входу. В математической модели синаптического обучения для вызова долгодлящейся потенциации по входам УС и БС стимулов использована модель химического синапса, учитывающая кратковременную и долговременную пластичности синапса [6]. Показана способность модели воспроизводить процесс синаптического обучения [7]. В работе [8] в вычислительных экспериментах исследовано влияние пресинаптических параметров модели синапсов по УС и БС входам на эффективность процесса обучения.

Целью настоящей работы является исследование в вычислительных экспериментах влияния постсинаптических параметров модели синапсов на эффективность процесса обучения.

Результаты и обсуждение. Представлены результаты вычислительных экспериментов с моделью синаптического обучения, показывающие характер изменения процесса обучения при изменении пяти постсинаптических параметров модели синапсов по двум входам: длина (длина дендритного дерева), ширина (ширина ствола дендритного дерева), $I(\text{Ca})$ (порог кальциевого тока), τ_F (постоянная времени восстановления), P_F (фактор обратной связи). Параметры модели по двум входам представлены в таблице. Влияние вышеуказанных параметров модели на характер обучения представлено на рис.1. На рис.1, А,В показаны кривые, характеризующие зависимость эффективности синаптического обучения от длины и ширины дендритного дерева. Как видно из рисунка, увеличение параметров приводит к уменьшению удельного сопротивления мембраны нейрона, что приводит к уменьшению величины уровня установившегося состояния долгодлящейся потенциации (LTP) по 2 входам и к уменьшению эффективности обучения. На рис.1, С показана кривая, характеризующая зависимость эффективности синаптического обучения от порогового уровня постсинаптического $[\text{Ca}^{2+}]$. Как видно из рисунка, увеличение порога постсинаптического $[\text{Ca}^{2+}]$ приводит к увеличению уровня установившегося состояния долгодлящейся потенциации по 2 входам, что и приводит к уменьшению эффективности обучения. На рис.1, D,E показаны кривые, характеризующие зависимость эффективности синаптического обучения от влияния обратной связи – τ_F и P_F . Влияние параметра τ_F представлено на рис.1, E. Как видно из рисунка, при изменении параметра τ_F меняется характер обучения, поскольку при изменении τ_F меняется количество медиатора, возвращаемое из готового пула R пресинаптической части синапса в запасной пул S, на интервалах между поступлениями пресинаптических импульсов. При увеличении τ_F меньшее количество медиатора возвращается в запасной пул, что и приводит к увеличению установившегося уровня LTP и к увеличению эффективности обучения. Влияние P_F представлено на рис 1, D.

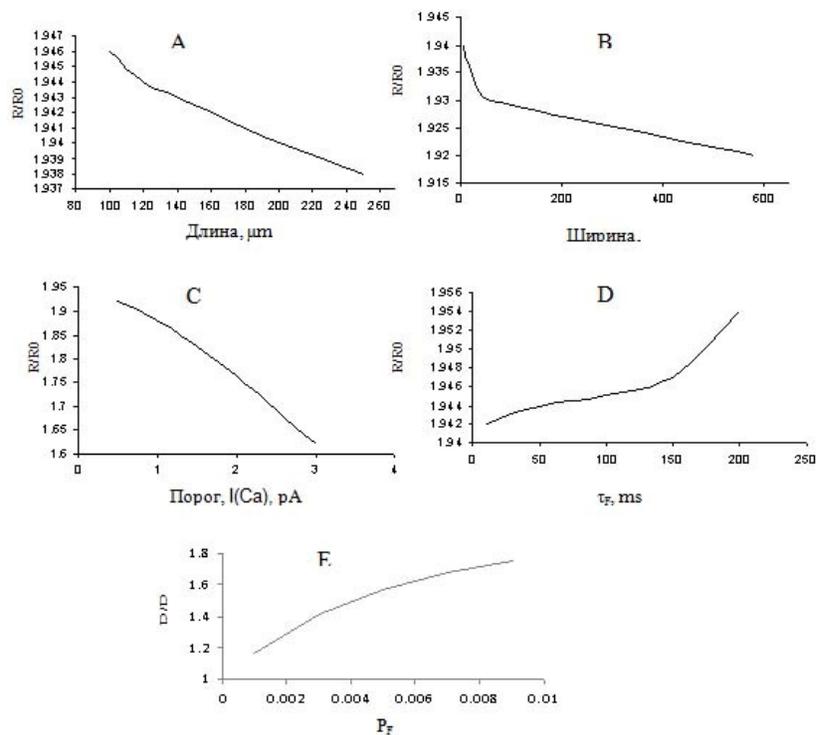


Рис. 1. Результаты вычислительных экспериментов по определению зависимости эффективности синаптического обучения от длины, ширины, порога I(Ca), τ_F , P_F .

Варьируемые параметры	Постоянные параметры	Значения постоянных параметров	Расчетные кривые обучения
Длина	Ширина, I(Ca), τ_F , P_F	5.78 μm , 1.2 pA, 100 ms, 0.005	Рис.1,А
Ширина	Длина, I(Ca), τ_F , P_F	120 μm , 1.2 pA, 100 ms, 0.005	Рис.1,В
I(Ca)	Длина, ширина, τ_F , P_F	120 μm , 5.78 μm , 100 ms, 0.005	Рис.1,С
τ_F	Длина, ширина, I(Ca), P_F	120 μm , 5.78 μm , 1.2 pA, 0.005	Рис.1,Д
P_F	Длина, ширина, I(Ca), τ_F	120 μm , 5.78 μm , 1.2 pA, 100 ms	Рис.1,Е

Параметр P_F приводит к модификации R пула. Модификация R пула имеет место в моменты появления пресинаптических импульсов. Количество медиатора, передаваемое с помощью механизма обратной связи из запасного пула S в R пул, зависит от величины P_F . Чем больше P_F , тем больше величина модификации пресинаптического R пула, что и приводит к увеличению уровня установившегося состояния LTP и к увеличению эффективности обучения.

Итак, согласно полученным нами результатам вычислительных экспериментов, при изменении постсинаптических параметров модели синапсов по двум входам происходит изменение эффективности обучения. При увеличении отдельных параметров – ширины, длины и $I(Ca)$ происходит уменьшение эффективности обучения, а при увеличении τ_F и P_F – ее увеличение. Следовательно, варьированием постсинаптических параметров можно менять характер обучения и достигнуть необходимой характеристики обучения.

Таким образом, предложенная модель синаптического обучения может рассматриваться как элемент обучающейся нейронной сети и быть применена для исследования и анализа нейронных сетей различных структур мозга, вовлеченных в процесс обучения.

Институт физиологии им. Л.А.Орбели НАН РА

А. С. Чобанян, Т. С. Мартиросян, О. А. Мкртчян

Компьютерные исследования процесса синаптического обучения

Приведены результаты вычислительных экспериментов с использованием модели синаптического обучения, представляющие влияние различных постсинаптических параметров на процесс обучения.

Ա. Ս. Չոբանյան, Տ. Ս. Մարտիրոսյան, Օ. Օ. Մկրտչյան

Մինապտիկ ուսուցման պրոցեսի համակարգչային հետազոտություն

Օգտագործելով սինապտիկ ուսուցման մեթոդը՝ ներկայացված են հաշվարկման փորձերի արդյունքները, որոնք արտացոլում են տարբեր հետսինապտիկ պարամետրերի ազդեցությունը ուսուցման վրա:

A. S. Chobanyan, T. S. Martirosyan, H. H. Mkrtchyan

Computational Investigations of Synaptic Learning Process

The results of computational experiments which have been held using the synaptic learning model, are presented. The results demonstrate the influence of different parameters of model upon the process of learning.

Литература

1. *Kim J.J., Jung M.W.* - *Neurosci Biobehav Rev.* 2006. V. 30. P. 188-202.
2. *Sigurdsson T., Doyere V., Cain C.K., LeDoux J.E.* – *Neuropharmacology.* 2007. V. 52. P. 215-227.
3. *Di Filippo M., Picconi B., Tantucci M. et al.* - *Behav Brain Res.* 2009. V.199. P. 108-118.
4. *Minichiello L.* - *Nat Rev Neurosci.*, 2009. V. 10. P. 850-860.
5. Чобанян А.С., Мартиросян Т.С., Мкртчян О.А. - Биолог. журн. Армении, 2007. Т. 3-4. N 59. С. 220-225.
6. *Sargsyan A.R., Melkonyan A.A., Paratheodoropoulos C., Mkrтчian H.H., Kostropoulos G.K.* - *Neural Networks.* 2003. V 16. N 8. P. 1161-1177.
7. Чобанян А.С., Мартиросян Т.С., Мкртчян О.А. – МАНЭБ. 2008. Т. 13. С. 146-148.
8. Чобанян А.С., Мартиросян Т.С., Мкртчян О.А. - ДНАН РА. 2011. Т. 111. N 1. С. 88-92.