

# СТОХАСТИКА И ХАОС В НЕЙРОСЕТЯХ МОЗГА

В. Ф. ПЯТИН<sup>1</sup>, В. В. ЕСЬКОВ<sup>2</sup>, А. В. МИЛЛЕР<sup>2</sup>, О. А. ЕРМАК<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара

<sup>2</sup> Сургутский государственный университет, Сургут

*Существует множество работ, в которых представлены результаты описания и моделирования механизмов и принципов эвристической деятельности мозга. При этом, все они не включают ряд базовых принципов работы нейросетей мозга в режиме эвристики. Используемые физические (и компьютерные) модели работы мозга в виде нейро-ЭВМ (НЭВМ) или искусственных нейросетей не используют два фундаментальных принципа работы мозга. Первый из них — многократные реверберации в нейросетях (итерации в НЭВМ), второй — принцип «встряхивания» (о нем писал еще Тихонов и Самарский в 20-м веке). В работе показывается их реальная (физическая) реализация на базе нейроэмуляторов, которые тогда обеспечивают системный анализ (идентификацию параметров порядка — главных диагностических признаков  $x_i^*$  в биомедицине). Это обеспечивает минимизацию размерности фазовых пространств (переход от  $m$  к  $n$ ,  $n < m$ ) и отыскание параметров порядка. На сегодня, эта проблема (системного синтеза) в физике и математике не формализована и не решена в общем виде. Предложено ее физическое (модельное) решение для любых биомедицинских систем. Одновременно доказана низкая эффективность любых статистических методов в системном синтезе, как модели эвристической деятельности мозга.*

**Ключевые слова:** хаос, стохастика, нейросети мозга, нейроэмулятор.

Развитие медицинской кибернетики и нейрокибернетики, как и общее развитие естествознания встречает серьезные препятствия для использования традиционных статистических методов в биологии, медицине, психологии, экологии и др. «нечетких» науках. Напомним, что Э. Резерфорд говорил в 20-м веке, что «есть физика и собирание марок». Ряд выдающихся ученых (как мы сейчас доказываем в новой *теории хаоса-самоорганизации* — ТХС) были правы по отношению к биологии, медицине психологии, экологии и др. «нечетких» наук. В рамках новой ТХС доказывается их правота (вместе с тысячами других скептиков от физиков и математиков). Феноменологические науки (и системные науки о *гомеостатических системах* — ГС, как мы сейчас говорим об экологических, физиологических и др. биомедицинских системах) оперируют со статистически неустойчивыми системами — ГС [1–9].

Правота Э. Резерфорда и других ученых доказывается на основе *эффекта Еськова-Зинченко* (ЭЕЗ) [9–16]. В этом эффекте представлено отсутствие статистической устойчивости для подряд полученных выборок  $x_i$  — компонент вектора состояния  $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$  любой гомеостатической системы. Такие *системы третьего типа* — СТТ по W. Weaver [31] демонстрируют хаос статистических функций и отсутствие однородности выборок  $x_i$  для ГС. Это означает, что для любых  $j$ -й и  $j+1$ -й выборок  $x_j$ , описывающих динамику поведения СТТ (*complexity* по I. R. Prigogine [30] или эмерджентных

систем по J. A. Wheeler [32], мы не можем произвольно получить их статистические совпадения (отнесения этих двух выборок  $x_i$  к одной генеральной совокупности). Эти соседние выборки  $x_j$ , полученные от одной системы (например, организма одного человека), могут статистически совпадать с вероятностью  $p \leq 0,05$  ( $f_j(x_j) \neq f_{j+1}(x_j)$  с  $p \leq 0,05$ ). Это весьма малая величина и ЭЕЗ полностью подрывает возможности выбора однородных групп и дальнейшего использования статистики во всех биомедицинских науках [10–17].

Поскольку статистика не работает в изучении СТТ-*complexity* (*гомеостатических систем* — ГС в нашей терминологии), то что следует применять в изучении и моделировании нейросетей мозга? Как тогда современные физика и математика могут описывать гомеостатические системы? Как работают *нейросети мозга* (НСМ), если стохастика [10–17] их не может описывать?

**Особенности динамики гомеостатического мозга.**

Очевидно, что сознание, *центральная нервная система* (ЦНС) человека должны создавать управляющие действия на организацию движений, работу сердца и другие *функциональные системы организма* (ФСО). В 1947 г. Н. А. Бернштейн [9] указывал на наличие в организме (конкретно, в ЦНС) как минимум пяти систем управления (организации). Из этих 5-ти систем три последние (С, D, E), находятся только на уровне *высшей нервной деятельности* (ВНД) и включают высшие отделы ЦНС, эти системы включают наше сознание [22–28].

Таблица 1

Непараметрические критерии Вилкоксона (*WilcoxonSignedRanksTest*)  $p$  для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ТМГ испытуемого (число повторов  $N=15$ ), число совпадений  $k_j=3$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	<b>0.13</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	<b>0.13</b>	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	<b>0.19</b>	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.19</b>	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		<b>0.09</b>
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.09</b>	

ВНД, сознание обеспечивают контроль и работы любых ФСО. Возникает иллюзия в этой связи, что различия между произвольными движениями (у нас это теппинг — периодические движения пальца испытуемых) и произвольными движениями (у нас это постуральный тремор — непериодические движения пальца (в нашем случае по отношению к датчику перемещения)) существенны. Организация произвольных (теппинг) и произвольных (тремор) движений происходит различным образом. Специалисты в области изучения мозга считают, что произвольные движения отличаются от произвольных. Можно ли оценить эти различия физически, по результатам конечного управления, т.е. можно ли физически доказать, что *теппинграммы* (ТПГ) отличаются от *треморграмм* (ТМГ)?

Механизмы тремора и теппинга разные с позиций организации движений, но имеются ли различия в итоговых движениях (результатах). Имеются ли различия между ТМГ и ТПГ с точки зрения физика? Многочисленные опыты убедительно доказывают определенную общность этих двух типов движений. Эта общность проявляется в анализе выборок  $x_j$  (положение пальца в пространстве по отношению к датчику движения), их *спектральных плотностей сигнала* (СПП), их *автокорреляции* —  $A(t)$  и т.д. С физической точки зрения выборки  $x_j$  для ТМГ и ТПГ не демонстрируют существенных отличий. С позиций физики и статистики наблюдается большое сходство между произвольными движениями и произвольными [20–28].

Тремор и теппинг имеют существенное сходство, что проявляется в превалировании хаоса выборок

$x_j$ , их СПС и  $A(t)$ . Статистическая неустойчивость выборок  $x_j$ , полученных от одного испытуемого в неизменном гомеостазе подводит нас к необходимости переосмысления базовых принципов в биомеханике и физиологии (с медициной) в целом. Сейчас мы говорим о том, что любая выборка  $x_j$  для ТМГ или ТПГ уникальна. Ее невозможно произвольно повторить, т.к. для любых  $j$ -й и  $j+1$ -й выборок ТМГ или ТПГ мы не можем получить их статистические совпадения. Это представлено в табл. 1 и табл. 2 в виде матриц парных сравнений выборок ТМГ и ТПГ. Невозможно относить к одной генеральной совокупности две соседние выборки ТМГ или ТПГ (см. табл. 1 и табл. 2). Их статистические функции  $f(x_j)$  не совпадают, вероятность  $p$  такого совпадения, т.е. что бы  $f(x_j) = f_{j+1}(x_j)$  крайне мала,  $p \leq 0,05$ . Это означает, что у выборок нет однородности и возникает базовая проблема науки о ФСО и мозге: где источник такого хаоса в *нервно-мышечной системе* (НМС)?

Мы в любых исследованиях с ТМГ или ТПГ получаем статистический хаос  $x_j$ , их  $f(x_j)$ , СПС,  $A(t)$ . Невозможно два раза подряд произвольно повторить две статистически одинаковые выборки ТМГ и ТПГ. Это означает окончание применения статистики в биомеханике, физиологии и НМС. Выборки ТМГ и ТПГ не однородны, они статистически неустойчивы [29,33,34]. Последнее имеет место, т.к. мы сейчас доказываем сходство хаоса ТМГ и ТПГ, т.е. произвольных и произвольных движений. Существенно, что это не детерминированный хаос Лоренца, это хаос гомеостатических систем, *СТТ-complexity*.

Таблица 2

Непараметрические критерии Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*)  $p$  для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ТПГ испытуемого (число повторов  $N=15$ ), число совпадений  $k_2=10$ 

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1		0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
2	0,00		0,68	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	<b>0,68</b>		0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	<b>0,08</b>	0,05		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,23	0,02	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	<b>0,09</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,01	<b>0,05</b>	<b>0,17</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,64</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,17	0,04	0,00
14	<b>0,06</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,23</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,17</b>		0,23	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	<b>0,23</b>		0,00

### Сознание человека имеет хаотическую природу.

Наличие хаоса в работе НСМ легко проверить путем сравнения 15-ти выборок ЭЭГ для одного испытуемого. Для иллюстрации этого высказывания представим характерный пример парного сравнения выборок *электроэнцефалограмм* (ЭЭГ) одного человека в неизменном гомеостазе (см. табл. 3). Здесь число  $k_3 \leq 40\%$ . В табл. 3 число пар выборок ЭЭГ, которые имеют одну (общую) генеральную совокупность невелико ( $k_3=37$ ).

Отметим, что регистрация ЭЭГ осуществляется дискретно (шаг дискретизации  $\tau=10$  м

сек) далее записывается ЭЭГ в файл, в ЭВМ, и это все повторяется (15 раз регистрация ЭЭГ у одного и того же испытуемого в неизменном гомеостазе в виде 500 точек). Полученные 15 выборок ЭЭГ (см. табл. 3) попарно сравнивают статистически (критерий Вилкоксона  $p \geq 0,05$  показывает статистическое совпадение этих двух выборок ЭЭГ) в табл. 3. Эта таблица позволяет рассчитать долю стохастики в общей динамике ЭЭГ (по числу  $k$  пар совпадений выборок ЭЭГ). Она крайне мала, в табл. 1  $k_1=3$ , а в табл. 2  $k_2=10$  для ТПГ у одного и того же испытуемого (в неизменном гомеостазе). Однако в табл. 3 для ЭЭГ мы уже имеем  $k_3=37$ . Это число, обычно в 2–3 раза больше, чем хаос ТПГ (где участвует сознание) и в 9–10 раз больше  $k_1 < 5$  для хаоса ТМГ. Очевидно, что сознание (в организации движений) первично и хаос НСМ (ЭЭГ) уже задает некоторый хаос на нижележащие структуры.

Таким образом, доля стохастики для тремора  $k \leq 7$ , а для ТПГ  $k \leq 18$  (во всех наших исследованиях с ТМГ и ТПГ). Однако хаос ЭЭГ, активности нейросетей мозга, менее существенный. Он дает долю стохастики все-таки не большую, но это уже  $k_3 \leq 40\%$ . Для физиологов и психологов это огромный удар, т.к. они всегда считали, что произвольные движения в биомеханике и ЭЭГ в физиологии можно описывать статистически. Мы сейчас доказываем ошибочность таких подходов, статистика в физиологии не работает. Сейчас мы доказываем, что существенных различий между произвольными движениями и непроизвольными не существует. Везде царит хаос статистических функций,  $f_j(x_j) \neq f_{j+1}(x_j)$ , стохастика в физиологии движений занимает менее 20%. Этот хаос начинается с хаоса нейросетей мозга и усиливается на периферии. Это все мы сейчас классифицируем как неопределенность 2-го типа в ТХС. Она касается не только ТМГ, ТПГ, но и *электромиограмм* — ЭМГ (в неизменном гомеостазе) и *электроэнцефалограмм* — ЭЭГ. Их *спектральные плотности сигналов* (СПС), *автокорреляции* —  $A(t)$  и др. статистических характеристик статистически невозможно повторить. Наступает эпоха окончания стохастики в физиологии, биологии, медицине и психологии. Наступает эра неопределенности 2-го типа [12–18, 29, 33, 34] во всех медико-биологических науках и психологии. Хаос в работе ФСО порождается уже на уровне ЭЭГ (НСМ).

Непараметрические критерии Вилкоксона (*WilcoxonSignedRanksTest*)  $p$  для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ЭЭГ испытуемого (число повторов  $N=15$ ), число совпадений  $k_3=37$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,95	0,81	0,30	0,39	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,32	0,08	0,00	0,38
2	<b>0,95</b>		0,75	0,80	0,10	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,93	0,04	0,00	0,43
3	<b>0,81</b>	<b>0,75</b>		0,75	0,58	0,00	0,00	0,38	0,01	0,00	0,00	0,36	0,31	0,00	0,40
4	<b>0,30</b>	<b>0,80</b>	<b>0,75</b>		0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,69	0,02	0,00	0,34
5	<b>0,39</b>	<b>0,10</b>	<b>0,58</b>	0,00		0,00	0,00	0,52	0,14	0,30	0,00	0,01	0,65	0,00	0,12
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,07</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	<b>0,20</b>	<b>0,29</b>	<b>0,38</b>	<b>0,11</b>	<b>0,52</b>	0,00	0,00		0,04	0,09	0,00	0,08	0,46	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,01	0,00	<b>0,14</b>	0,00	0,00	0,04		0,78	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,30</b>	0,00	0,00	<b>0,09</b>	<b>0,78</b>		0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	<b>0,32</b>	<b>0,93</b>	<b>0,36</b>	<b>0,69</b>	0,01	0,00	0,00	<b>0,08</b>	0,00	0,00	0,00		0,06	0,03	0,72
13	<b>0,08</b>	0,04	<b>0,31</b>	0,02	<b>0,65</b>	0,00	0,00	<b>0,46</b>	<b>0,28</b>	<b>0,07</b>	0,00	<b>0,06</b>		0,00	0,03
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00		0,00
15	<b>0,38</b>	<b>0,43</b>	<b>0,40</b>	<b>0,34</b>	<b>0,12</b>	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	<b>0,72</b>	0,03	0,00	

По аналогии с принципом неопределенности Гейзенберга мы в ТХС вводим особую неопределенность 2-го типа на сопряжённые величины (в наших примерах ТМГ и ТПГ это  $\Delta x_1$  — координата пальца и  $x_2=dx/dt$ , т.е.  $\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq Z_{min}$ ) и на любые параметры  $x_i$  гомеостаза. В этом случае рассчитываются квазиаттракторы (КА). Эти КА отличаются от КА в теории динамического хаоса Лоренца, т.к. они не могут быть произвольно повторены человеком. Более того, при изменении гомеостаза эти КА меняются вполне закономерным образом. Например, для табл. 1 и табл. 2, для ТМГ и для ТПГ,  $КА_1 \ll КА_2$  (квазиаттракторы  $КА_1$  тремора всегда меньше  $КА_2$  — квазиаттракторов теппинга).

С неопределенностью 2-го типа в изучении движений (и других систем регуляции гомеостаза) в ТХС вводится одновременно и неопределенность 1-го типа, когда статистические функции совпадают, а ФСО находится в двух разных гомеостазах  $H_1$  и  $H_2$  ( $H_1 \neq H_2$ , но  $f_1(x_i) = f_2(x_i)$ ). Неопределенности 1-го и 2-го типов составляют базу отличий СТТ-complexity (гомеостатических систем) от традиционных физических, химических и технических систем. Все физические системы могут повторять свое начальное состояние  $x(t_0)$ , но СТТ этого продемонстрировать не могут. Они непрерывно демонстрируют не только  $dx/dt \neq 0$  и  $x_i(t) \neq const$ , но и отсутствие статистической устойчивости, когда  $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$  с вероятностью  $p \geq 0,95$ .

В рамках новой теории хаоса-самоорганизации мы доказываем, что хаос СТТ-complexity не является динамическим хаосом Лоренца. Все процессы в физиологии и медицине происходят в рамках хаоса статистических функций. Очевидно, что сознание (НСМ) не может существенно повлиять на этот хаос (сравните ТМГ — табл. 1 и ТМГ — табл. 2). Несмотря на роль сознания в организации теппинга, доля стохастики (в виде  $k_2$ ) остается крайне незначительной. Из табл. 1 и 2 следует, что  $k_2 > k_1$ , но доля стохастики в организации теппинга остается ничтожной. Сознание не может преодолеть барьер (для стохастики) даже в 50% ( $k_2 < 20\%$ ). Это означает, что хаос превалирует над стохастикой. Роль сознания просматривается, но все-таки ТПГ — это хаотический процесс. Возникает принципиальная проблема описания любых движений с позиций стохастики. Сейчас мы доказываем, что и выборки ЭЭГ неоднородны и даже сознание не может увеличить долю стохастики в работе НСМ до традиционных  $P \geq 0,95$ . Какова тогда роль доказательной медицины, если подряд полученные выборки ТМГ, ТПГ и ЭЭГ статистически не однородны. Без однородности выборок статистика не работает, т.к. мы имеем дело тогда с уникальными процессами в регуляции движений и в работе нейросетей мозга.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Еськов В.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Живаева Н.В. Влияние локального холодового воздействия

- на параметры электромиограмм у женщин // Экология человека. 2018. № 9. С. 42–47.
2. Еськов В. В. Проблема статистической неустойчивости в биомеханике и в биофизике в целом // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25. № 2. С. 166–175.
  3. Еськов В. В., Пятин В. Ф., Ключ Л. Г., Миллер А. В. Гомеостатичность нейросетей мозга // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25. № 1. С. 102–113.
  4. Еськов В. М., Белошенко Д. В., Башкатова Ю. В., Иляшенко Л. К. Параметры кардиоинтервалов испытуемых в условиях гипотермии // Экология человека. 2018. № 10. С. 39–45.
  5. Еськов В. М., Зинченко Ю. П., Филатова О. Е., Еськов В. В. Гипотеза Н. А. Бернштейна и реальный хаос гомеостатических систем в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2017. № 3. С. 22–38.
  6. Пятин В. Ф., Еськов В. В., Алиев Н. Ш., Воробьева Л. А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25. № 1. С. 143–153.
  7. Мирошниченко И. В., Прохоров С. В., Эльман К. А., Срыбник М. А. Сравнительный анализ хаотической динамики показателей сердечно-сосудистой системы пришлого детско-юношеского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25. № 1. С. 154–160.
  8. Мирошниченко И. В., Башкатова Ю. В., Филатова Д. Ю., Ураева Я. И. Эффект Еськова-Филатовой в регуляции сердечно-сосудистой системы — переход к персонализированной медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25. № 2. С. 200–208.
  9. Bernshtein N. A. The co-ordination and regulation of movements // Oxford: New York, Pergamon Press. 1967.
  10. Eskov V. V., Filatova O. E., Gavrilenko T. V. and Gorbunov D. V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. 2017. Vol. 62. No. 6. Pp. 961–966.
  11. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vochmina Yu. V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. — 2017. Vol. 62. No. 11. Pp. 1611–1616.
  12. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. 1994. Vol. 4. No. 4. Pp. 403–416.
  13. Eskov V. M., Filatova O. E., Ivashenko V. P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. 1994. Vol. 37. No. 8. Pp. 967–971.
  14. Eskov V. M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. 1995. Vol. 48. No. (1–2). Pp. 47–63.
  15. Eskov V. M., Filatova O. E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. 1995. Vol. 25. No. 6. Pp. 348–353.
  16. Eskov V. M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. 1996. Vol. 11. No. (2–4). Pp. 203–226.
  17. Eskov V. M., Filatova O. E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. 1999. Vol. 44. No. 3. Pp. 518–525.
  18. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in Gerontology. 2016. Vol. 6. No. 1. Pp. 24–28.
  19. Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Vokhmina J. V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. — 2016. — Vol. 6. — No. 3. — Pp. 191–197.
  20. Eskov V. M., Filatova O. E., Eskov V. V. and Gavrilenko T. V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos—Self-Organization // Biophysics. — 2017. — Vol. 62. — No. 5. — Pp. 809–820.
  21. Eskov V. M., Gudkov A. B., Bazhenova A. E., Kozupitsa G. S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. — 2017. — No. 3. — Pp. 38–42.
  22. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V. and Vochmina Yu. V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N. A. Bernstein // Biophysics. — 2017. — Vol. 62. — No. 1. — Pp. 143–150.
  23. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // Moscow University Physics Bulletin. — 2017. — Vol. 72. — No. 3. — Pp. 309–317.
  24. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Vochmina U. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. N. A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. — 2017. — Vol. 21. — No. 1. — Pp. 14–23.
  25. Filatova D. U., Veraksa A. N., Berestin D. K., Streltsova T. V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. — 2017. — No. 8. — Pp. 15–20.
  26. Filatova O. E., Eskov V. V., Filatov M. A., Ilyashenko L. K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. — 2017. — Vol. 21. — No. 3. — Pp. 224–232.
  27. Filatova O. E., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov—Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. — 2018. — Vol. 63. — No. 2. — Pp. 125–130.
  28. Ilyashenko L. K., Bazhenova A. E., Berestin D. K., Grigorieva S. V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian Journal of Biomechanics. — 2018. — Vol. 22. — No. 1. — Pp. 62–71.
  29. Leonov B. I., Grigorenko V. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., and Ilyashenko L. K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // Biomedical Engineering. — 2018. — Vol. 52. — No. 3. — Pp. 210–214.

30. Prigogine I. R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature; Free Press. 1997.
31. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. 1948. P. 536–544.
32. Wheeler J. A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey; Cambridge, MA, Perseus Books. 1999. p. 309.
33. Zilov V.G., Khadartsev A. A., Eskov V. V. and Eskov V. M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. — 2017. — Vol. 164. — No. 2. — Pp. 115–117.
34. Zilov V.G., Khadartsev A. A., Ilyashenko L. K., Eskov V. V., Minenko I. A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. — 2018. — Vol. 165. — No. 4. — Pp. 415–418.

## STOCHASTICS AND CHAOS IN THE NEURAL NETWORKS OF THE BRAIN

V. F. PYATIN, V. V. ESKOV, A. V. MILLER, O. A. ERMAK

*Now there are many works which presents the results of to description and modeling the mechanisms and principles of heuristic activity of brain. But all of them do not include a number of basic principles of brain neural networks in heuristics. Physical (and computer) models which are using for the brain modelling in the form of neuro-computers (artificial neural networks) or neuroemulators do not use two fundamental principles of brain. The first of them — multiple reverberations in neural networks (iterations in neurocomputer), thesecond principle- "shaking" (it was written by Tikhonov and Samarskii in the 20th century). Their real (physical) realization on the basis of neuroemulators which then provide the system analysis (identification of parameters of the order — the main diagnostic signs  $x_i^*$  in biomedicine) has been showed in work. The procedure minimizes the dimension of phase spaces (transition from  $m$  to  $n$ ,  $n \ll m$ ) and finds the order parameters. Today, this problem (system synthesis) in physics and mathematics hasn't been formalized and not solved in general. Its physical solution for any biomedical systems is proposed. At the same time, the low efficiency of any statistical methods in system synthesis as a model of heuristic activity of the brain has been proved.*

**Keywords:** chaos, stochastics, brain neural networks, neuro emulator.