

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 612.821, 577.38
doi: 10.11621/vsp.2018.03.109

НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

**Ю. П. Зинченко, В. М. Еськов,
С. В. Григорьева, В. И. Майстренко**

Актуальность. Сегодня отсутствуют реальные модели эвристической деятельности мозга человека. В этой связи на основе накопленного экспериментального материала обсуждаются возможности моделирования двух базовых принципов работы реальных нейронных сетей мозга человека. Эти принципы были положены в основу работы нейроэмуляторов.

Цель. Доказать возможность применения нейроэмуляторов как реальных моделей эвристической работы мозга в режиме системного синтеза.

Методы. Мы предлагаем многократные повторения регистрации электроэнцефалограмм и в дальнейшем построение матриц их попарного сравнения. Для нейроэмуляторов мы предлагаем многочисленные

Зинченко Юрий Петрович — академик РАО, вице-президент РАО, президент РПО, доктор психологических наук, профессор, зав. кафедрой методологии психологии, декан ф-та психологии МГУ имени М.В. Ломоносова. *E-mail:* adm.psy@mail.ru

Еськов Валерий Матвеевич — доктор физико-математических наук, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры биофизики и нейрокибернетики Института естественных и технических наук БУ ВО ХМАО—Югры «Сургутский государственный университет». *E-mail:* filatovmik@yandex.ru

Григорьева Светлана Владимировна — аспирант кафедры биофизики и нейрокибернетики Института естественных и технических наук БУ ВО ХМАО—Югры «Сургутский государственный университет». *E-mail:* svg0191@gmail.com

Майстренко Валентин Иванович — кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии факультета психологии и педагогики ГОУ ВПО «Сургутский государственный педагогический университет». *E-mail:* mvi2767@mail.ru

повторения и хаотическое задание значений весовых коэффициентов w_{i0} для любых диагностических признаков x_i (две новые процедуры), что реализуется в реальных электроэнцефалограммах.

Выводы. Было показано, что эти две процедуры (реверберации и хаос) идентичны эвристической работе мозга. Мозг выбирает параметры порядка x_i^* из всех x_i , и в этом случае возможен переход из фазового пространства размерности m к фазовому пространству меньшей размерности n ($n < m$). Выбор этих x_i^* является задачей системного синтеза (нахождение параметров порядка). Это сейчас реализовано нами (в режиме ревербераций и хаоса нейросетей) с помощью нейромуляторов в особом режиме их работы.

Ключевые слова: реверберации, хаос параметров, квазиаттракторы, системный синтез.

Введение

Нахождение правильного решения любой задачи в условиях полной (или частичной) неопределенности мозга человека относится к эвристической деятельности нейросетей мозга и психики человека в целом. До настоящего времени не раскрыты элементарные механизмы такой деятельности, нет никаких алгоритмов эвристики и нет понимания типов неопределенности во всем естествознании, которое базируется на традиционной стохастике. Новая теория хаоса-самоорганизации и решение с ее помощью задачи системного синтеза (отыскание параметров порядка) ренимируют сейчас эту проблему формализации эвристической деятельности мозга человека. Напомним, что *системный синтез* (СС) является завершающей стадией развития общей теории систем и всей нейрокибернетики.

Действительно, при формализации проблемы СС мы фактически решаем задачу эвристической работы мозга. Это становится ясно, если проанализировать деятельность психологов или врачей. Как правило, они имеют мало информации (ее всегда недостаточно и для психолога, и для врача). В ходе их деятельности получают разные выборки диагностических признаков x_i , по которым необходимо выбрать параметры порядка (главные диагностические признаки x_i^*), и затем по ним правильно поставить диагноз (сделать правильный выбор) [1; 2; 3; 4; 5]. Такая процедура в психологии и медицине, как правило, все эти годы была искусством (очень часто инсайтом). Мы ценили умение хорошего врача или психолога делать правильные выводы. Отметим, что сейчас все-таки существуют реальные вероятностно формализованные процедуры (алгоритмы и

диагностические программы) для автоматизированной постановки правильного диагноза психологом (клиническим, например) или врачом. Иными словами, эти программы обеспечивают помощь врачу или психологу, но никак не заменяют их.

В этом направлении психологии (и науке о мозге в целом) имеется ряд существенных недостатков. Главные из этих недостатков заключаются в двух принципиальных (и фундаментальных) фактах. Во-первых, в рамках эффекта Еськова—Зинченко [3; 20; 30; 36; 37] сейчас доказано, что получаемые подряд выборки x_i параметров вектора состояния организма человека $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) не могут демонстрировать статистическую устойчивость. Это главная особенность гомеостатического регулирования любых жизненных функций всего организма. Если выборки x_i получены подряд у одного испытуемого (или группы), находящегося в неизменном гомеостатическом состоянии, то $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ с вероятностью $p \leq 0.05$. В этом случае любая выборка x_i уникальна, ее информационная ценность аналогична знаниям об одной квантовой вселенной Хокинга (из многих других). Это касается и параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) человека и его других параметров (кроме ССС это и электроэнцефалограммы, и другие процессы и явления).

С позиций эффекта Еськова—Зинченко (для гомеостатических систем, или систем третьего типа по У. Уиверу [35]) уникальность означает, что две соседние выборки, их статистические функции распределения $f(x_i)$, не совпадают, вероятность p для $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ крайне низка, $p \leq 0.05$. Более того, существует еще и эффект Еськова—Филатовой, когда выборки x_i разных людей более статистически близки (подобны), чем 15 выборок x_i одного человека, в режиме 15 повторных регистраций в неизменном гомеостазе. Объяснение этого эффекта (или парадокса) пока в современной *детерминистской и стохастической науке* (ДСН) не существует, нет его и в теории хаоса-самоорганизации [22; 28; 30]. В этом случае мы не можем говорить о статистической устойчивости получаемых подряд выборок x_i в неизменном гомеостазе гомеостатической системы в принципе. Это справедливо как для одного человека, так и для группы разных испытуемых при повторных измерениях x_i , находящихся в неизменном гомеостазе. В этом случае вся стохастика не может описывать эвристическую деятельность мозга, так как мозг работает по другим принципам. Новые принципы работы мозга и новые его модели, отличные от ДСН, представляются сейчас нами с позиций новой теории хаоса-самоорганизации, базирующейся на новых методах (а не на стохастике).

1. Неопределенность 1-го типа и нейроэмуляторы в режиме эвристики

Статистическая неопределенность (или неустойчивость) выборок x_i в новой теории хаоса-самоорганизации классифицируется как неопределенность 2-го типа [6; 14; 15; 16; 17; 18]. Эта неопределенность логически связана и является аналогом неопределенности в известном принципе Гейзенберга из квантовой механики. Математически она определяется как система неравенств для x_i (в квантовой механике она представлена для сопряженных величин Δx_1 — координата и Δx_2 — скорость, умноженная на массу частицы m). В теории хаоса-самоорганизации мы ее определяем шире, для всех x_i в ФПС, эта неопределенность 2-го типа лежит в основе постулатов этой теории, и она связывает любую координату x_i , описывающую гомеостаз, и ее скорость $x_2 = dx_1/dt$. Это является базовым принципом организации *гомеостатических систем* (*complexity* по классификации М. Гелл-Манна [32] и И.Р. Пригожина [33]). Эта неопределенность полностью опровергает возможности ДСН в описании систем третьего типа или гомеостатических систем (в теории хаоса-самоорганизации), так как это 2-й тип неопределенности, который ограничивает вариации Δx_1 и ее скорости Δx_2 в ФПС в виде верхней границы Z_{max} : $Z_{max} \geq \Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq Z_{min}$.

Еще раз отметим, что эвристика необходима в случаях недостатка информации, которая в теории хаоса-самоорганизации получается сразу (это главное свойство биосистем) в виде вариаций параметров x_i для Δx_1 и Δx_2 . Неопределенность 2-го типа уже сразу дает такую ситуацию: нет статистической устойчивости выборок x_i — нет информации (правильной) об объекте. Однако проблема моделирования эвристической деятельности мозга и попытки построения экспертных систем в медицине (которые якобы заменяют врача) накладывают ограничения на применение любых методов ДСН и, в частности, всех статистических методов [6; 21; 22; 23]. К этой проблеме (в рамках уже доказанной неопределенности 2-го типа в теории хаоса-самоорганизации) добавляется весьма неприятная неопределенность 1-го типа, которая тоже подрывает устои ДСН-методов при изучении гомеостатических систем. В этом случае получаемые выборки такой системы, находящейся в двух разных состояниях гомеостаза H_1 и H_2 ($H_1 \neq H_2$), демонстрируют статистическое совпадение. Иными словами, статистика не показывает различий между двумя гомеостазисами ($H_1 \neq H_2$), но методы

теории хаоса-самоорганизации могут показывать такие различия (фактически рассматривается грань между больным и здоровым человеком).

В этом случае одни и те же выборки x_i показывают статистическое совпадение, т.е. $f_j(x_i)=f_k(x_i)$ с вероятностью $p \geq 0.95$, для j -го и $j+1$ -го гомеостазов биосистемы, хотя они существенно различаются (это могут быть группы больных и здоровых пациентов; группы, находящиеся в условиях физических воздействий и без таковых; и др.). Больной человек должен отличаться от здорового, но статистика этого не показывает, гомеостазы как бы одинаковы.

Тогда на помощь могут прийти нейроэмуляторы — искусственные нейронные сети, аналог нейрокомпьютера (НЭВМ). Оказывается, что в m -мерном ФПС наборы выборок x_i в состояниях k -м и j -м (двух реально разных гомеостазах) с помощью НЭВМ будут различаться. Такая ситуация в теории хаоса-самоорганизации нами обозначена как неопределенность 1-го типа, когда с позиции ДСН мы имеем стационарный режим гомеостатических систем, а с позиции новой теории гомеостазы j -й и k -й различаются. Оказалось, что такая ситуация довольно часто наблюдается для ССС или состояния нейросетей мозга (НСМ) человека.

Таблица 1

Критерий Вилкоксона p для парных сравнений интегрально-временных параметров x_i в шестимерном фазовом пространстве состояний ($m=6$) параметров ССС девочек ($n=30$) при широтных перемещениях (критерий Вилкоксона ($p < 0.05$ для разных выборок)), т.е. при сравнении гомеостазов H_1 , H_2 и H_3

Группы сравнения	Уровни значимости p для признаков x_i					
девочки	$P_1 - SIM$	$P_2 - PAR$	$P_3 - SSS$	$P_4 - SDNN$	$P_5 - INB$	$P_6 - SpO_2$
H_1 и H_2	0.47	0.24	0.28	0.07	0.16	0.84
H_1 и H_3	0.10	0.02	0.01	0.03	0.06	0.47

Примечание. SIM — показатель состояния симпатической вегетативной нервной системы (ВНС); PAR — показатель состояния парасимпатической ВНС; SSS — частота сердечных сокращений; $SDNN$ — стандартное отклонение для SSS ; INB — индекс напряжения по Баевскому; SpO_2 — уровень насыщения оксигемоглобином крови испытуемого

В качестве примера представим сравнение 6 параметров ССС детей (девочки) Югры перед отъездом из г. Сургута (север РФ) — состояние H_1 ; после приезда на юг (г. Туапсе) — состояние H_2 ; после оздоровления на юге, т.е. пред отъездом из Туапсе — H_3 и после возвращения в г. Сургут — H_4 . Три этих состояний по параметрам ССС статистически слабо различаются. В табл. 1 представлены результаты статистического сравнения только H_1-H_2 и H_1-H_3 , причем 1-е сравнение дает полное совпадение по всем 6 x_i , т.е. нет статистических различий между этими двумя гомеостазисами. Для пары H_1-H_3 тоже во многих случаях критерий p Вилкоксона показывает совпадение выборок x_i . Во многих случаях $p > 0.05$, т.е. выборки не различаются в H_1 , H_2 и H_3 . Фактически это означает, что с позиции ДСН ни сами широтные перемещения (перелет с севера на юг), ни оздоровительные мероприятия (лечебные процедуры) ничего не дали.

Отсутствие различий между выборками x_i для этих трех состояний гомеостаза ССС доказывает наличие неопределенности 1-го типа (статистика показывает совпадение выборок x_i при сравнении H_1 , H_2 и H_3). Однако нейроэмуляторы дают противоположный эффект. Широтные перемещения (перелеты) существенно влияют на ССС, оздоровительные мероприятия благотворно влияют на гомеостаз ССС.

Нейроэмулятор *NeuroPro* строго демонстрирует различие между всеми парами выборок ССС до отъезда и после оздоровительных мероприятий на юге РФ. Возникает неопределенность 1-го типа: статистика не показывает различий между группой в j -м и k -м гомеостазах, а нейроэмулятор четко демонстрирует различия по всем x_i . Однако возникает вопрос: достаточно ли полно нейроэмулятор демонстрирует работу нейросетей мозга — НСМ (в нашем случае в режиме бинарной классификации)? Ведь нам важно знать не только факт различий H_1 , H_2 и H_3 , но и значимость этих x_i . Это уже задача выбора главных диагностических признаков x_i^* . В этом случае мы должны как-то оценить информационную значимость всех диагностических признаков x_i ($m=6$). Это уже задача выбора главных диагностических признаков x_i , когда уменьшается размерность ФПС и мы переходим от размерности m к n , где $n \ll m$. В кибернетике и теории систем такая задача определяется как системный синтез (отыскание параметров порядка для x_i^*). В рамках ДСН сейчас отсутствуют формальные методы идентификации, и мы предлагаем новые методы на базе аналогов работы НСМ в режиме эвристической деятельности.

2. Новые принципы работы нейроэмуляторов

Как известно, в нейроэмуляторе заложено несколько реальных принципов работы НСМ. В частности, пороговые свойства нейрона и их коммуникации в нейросети (в НЭВМ по принципам стохастики на основе метода обратной ошибки). Таким образом, то, что любой нейроэмулятор (или НЭВМ) работает на базе стохастики, уже плохо, так как любая выборка x_i имеет разовый характер: она не может быть изучена в рамках ДСН. Согласно неопределенности 2-го типа (см. выше) мы всегда будем иметь разовую выборку x_i , и результаты работы нейроэмулятора будут иметь разовый характер действия. В чем это проявляется? Имеются несколько подходов в работе НЭВМ, которые выходят за рамки ДСН, рассмотрим их более детально с позиций новой теории НСМ человека.

Если мы попытаемся в нашей задаче с разделением выборок параметров x гомеостаза ССС школьников решить задачу системного синтеза, т.е. выделить главные диагностические признаки (параметры порядка x_i^* в системном синтезе), то можно легко убедиться, что, многократно повторяя эту процедуру бинарной классификации (настройки нейросети на разделение выборок x_i^k и x_j^l , например в шестимерном ФПС — $i=1, 2, \dots, 6$), на выходе мы всегда будем иметь неизменные веса W_i признаков x_i . Многократные итерации не могут обеспечить ранжирование параметров x_i разделения выборок x_i . Нейроэмулятор *NeuroPro* будет каждый раз выдавать одинаковые веса признаков w_i при каждом повторении решения задачи бинарной классификации (разделение H_1 и H_2 или H_1 и H_3). Мы не можем выделить параметры порядка, т.е. найти главные диагностические признаки x_i^* и уменьшить размерность ФПС, т.е. перейти от m к n ($n < m$).

Однако такой результат для НСМ ошибочен, так как мы знаем, что мозг работает в режиме повторений, но состояние НСМ не может сохраняться. Статистически невозможно сохранять веса связи w_i неизменными в реальном НСМ. Например, регистрация подряд выборок x_i параметров ЭЭГ не может показывать совпадение двух соседних выборок ЭЭГ (для одного человека в неизменном гомеостазе). Вероятность совпадения подряд получаемых выборок x_i (в неизменном гомеостазе) ЭЭГ, при 15 повторах регистрации, невелика ($p \leq 0.1$). Это крайне малая величина в стохастике, и для иллюстрации этого факта мы представляем матрицу парных сравнений выборок ЭЭГ в режиме непрерывной регистрации из одной точки (области мозга *Z-Ref*) у одного человека (в неизменном го-

меостазе) в виде табл. 2. В этой таблице имеется небольшое число k соседних пар выборок x_i , которые имеют общие статистические функции $f(x_i)$. В общем случае вероятность совпадения $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ будет невелика ($p \leq 0.2$).

Таким образом, роль стохастики в организации биопотенциалов мозга крайне мала, и мы не можем говорить о статистической устойчивости как ЭЭГ (их $f(x_i)$ непрерывно изменяются), так и их спектральных плотностей сигнала (СПС) и автокорреляций $A(t)$. Для СПС и $A(t)$ мы во всех случаях (при повторях регистрации ЭЭГ в неизменном гомеостазе), как и для статистических функций распределения $f(x)$, будем иметь низкие значения чисел пар совпадений выборок x_i для ЭЭГ — $k < 40\%$. Это доказывает бесполезность стохастики в изучении активности НСМ, но одновременно доказывает и целесообразность введения двух новых базовых принципов работы нейросетей мозга. Действительно, все НСМ не имеют статистической устойчивости [6; 11; 22; 23], у них имеется непрерывный хаос в их организации (и активности). НСМ постоянно демонстрируют реверберации (асинхронные повторения биоэлектрической активности мозга), которые проявляются в некоторой (но не стохастической) повторяемости ЭЭГ. При этом ЭЭГ — это все-таки колебания, но они хаотические, их СПС (их гармоники) непрерывно и хаотически изменяются, нет статистической устойчивости (на фоне ревербераций) [2; 4; 5; 6; 8; 9].

3. Хаос W_{i0} обеспечивает идентификацию главных диагностических признаков x_i^*

Для устранения недостатков в работе НЭВМ мы предлагаем непрерывное и хаотическое изменение начальных значений весов w_{i0} динамических признаков x_i . Это задается для каждого x_i из всего m -мерного пространства состояний на каждой j -й итерации, что моделирует реальный хаос ЭЭГ, который мы наблюдаем в реальных НСМ. Поскольку число итераций N велико ($N > 1000$), то этим мы моделируем реальные реверберации в НСМ (они постоянно генерируют активность). Тогда НСМ работают в двух особых режимах: хаос параметров (у нас w_{i0}) и многократные реверберации (самой процедуры) настройки. Если для получаемых в итоге (после настройки) выборок значений w_i (после каждых 50 итераций) построить матрицы, аналогичные табл. 2, то хаотическая настройка нейроэмулятора покажет определенную статистическую закономерность. Она проявляется в неодинаковости w_i , т.е. появляется возможность ранжирования весов диагностических признаков

x_i . Так как все $0 \leq w_i \leq 1$, то было предложено считать веса с $w_i > 0.5$ биологически (психологически) более значимыми параметрами порядка, чем $w_i \leq 0.5$. Таким образом, нейроэмулятор в режиме итераций показывает эвристическую деятельность: находит главные диагностические признаки x_i^* (когда традиционная наука бессильна).

Подчеркнем, что во всех наших исследованиях мы имеем дело с неопределенностью 1-го типа, когда стохастика не различала H_1 и H_2 (см. табл. 1). Однако в режиме хаоса и ревербераций при получении выборки w_i (с помощью нейрокомпьютера) во всех $N > 1000$ итерациях их гомеостазы четко различались. При этом решалась и задача системного синтеза: признаки x_i четко ранжировались, их средние значения $\langle Wi \rangle$ после N итераций демонстрировали различия и это показывало два важных факта в работе нейроэмулятора. Во-первых, это доказывает, зачем нужен хаос в нейросетях мозга (при хаосе начальных значений w_{i0} НЭВМ решает задачи системного синтеза — совершает выбор наиболее значимых диагностических признаков x_i^*). Во-вторых, многократные реверберации в НСМ (у нас итерации НЭВМ) обеспечивают статистически устойчивую идентификацию весов признаков W_i (на выходе нейроэмулятора). Фактически мы сейчас предлагаем новые механизмы работы мозга (хаос вместе с огромным числом ревербераций, $N \geq 1000$) и создаем формальный универсальный аппарат для системного синтеза (идентификации параметров порядка) [2; 3; 5; 21; 22; 23; 27]. Там, где стохастика не работает (наблюдается статистическое совпадение выборок x_i), можно применять нейроэмуляторы (как модели НСМ) в режимах генерации хаотических режимов реальных НСМ. Однако из-за хаоса выборки x_i (их $f(x_i)$) очевидна целесообразность применения таких методов во всех случаях сравнения психического и физиологического гомеостазов.

Работа нейроэмулятора в режиме 50 итераций представлена в табл. 3 для трех гомеостазов H_1 , H_2 и H_3 . Очевидно, что в табл. 3 задаются главные диагностические признаки x_i^* (это x_6 — SpO_2 и x_5 — индекс Баевского), что позволило устранить неопределенность 1-го типа (см. в табл. 1 первую строку — сравнение гомеостазов H_1 и H_2 , где все x_i статистически совпадают). Аналогичное разделение выборок, т.е. H_1 и H_3 и H_1 и H_4 , тоже показало успешность работы нейроэмулятора при неопределенностях 1-го и 2-го типов. Подчеркнем, что эвристика начинается в работе мозга человека при неопределенностях (неполной информации). У нас имеется 2 типа

неопределенности и при этом мы решаем задачу системного синтеза — находим параметры порядка. Для сравнения гомеостазов H_1 и H_3 параметрами порядка будут: x_5 — индекс Баевского (*INB*) и x_4 — *SDNN*, т.е. в каждом гомеостазе будут свои главные диагностические признаки.

Таблица 3

Расчет весов w_i для шести признаков — параметров x_i CCC девочек ($n=30$) при широтных перемещениях в режиме многих n итераций ($n \leq 50$)

Расчеты итераций по выборкам ($N \geq 50$)	Веса w_i признаков x_i после $N=50$ итераций НЭВМ					
	x_1 — <i>SIM</i>	x_2 — <i>PAR</i>	x_3 — <i>SSS</i>	x_4 — <i>SDNN</i>	x_5 — <i>INB</i>	x_6 — <i>SpO₂</i>
$n=50$ $j=(1, \dots, 50)$						
1 и 2	0.53	0.38	0.26	0.37	0.84	0.67
1 и 3	0.59	0.41	0.21	0.65	0.95	0.48

Примечание. *SIM* — показатель состояния симпатической вегетативной нервной системы (ВНС); *PAR* — показатель состояния парасимпатической ВНС; *SSS* — частота сердечных сокращений; *SDNN* — стандартное отклонение для *SSS*; *INB* — индекс напряжения по Баевскому; *SpO₂* — уровень насыщения оксигемоглобином крови испытуемого

4. Новая теория гомеостаза открывает новые возможности всей науки о мозге и *complexity*

Отметим, что список гомеостатических систем (или *СТТ-complexity* в нашей интерпретации) нами сейчас существенно расширяется, так как он выходит за пределы психологии, биологии и медицины и захватывает объекты неживой природы. Кроме параметров гомеостаза в физиологии, медицине и биологии методы и модели теории хаоса-самоорганизации распространяются и на психологию, и на экологию [7; 10; 12; 13; 14; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 28; 29; 30].

Очевидно, что все эти аналогии (и модели НСМ в виде обновленного двумя новыми методами в работе нейроэмулятора) позволяют и особым образом раскрывать механизмы работы мозга, его НСМ. Для нас сейчас очевидно, что нейросети находятся в непрерывном хаосе и реверберациях, так как это показывает два

новых эффекта: эффект Еськова—Зинченко и эффект Еськова—Филатовой. Эти хаос и реверберации нужны мозгу для эвристической деятельности, для выбора (при ситуации, когда статистика не работает) из множества вариантов параметров порядка x_i^* и на их основе принимать правильные (на данном этапе изучения процесса) решения. Человек при этом устанавливает новые законы, доказывает теоремы. Очевидно, что этим занимается и любой талантливый ученый, когда другие делают $N < 50$ попыток системного синтеза, то они многократно (делает $N \geq 1000$ итераций одной и той же задачи) повторяют решение одной и той же (никем пока не решенной) проблемы. После таких ревербераций (и начального хаоса W_{i0}) новое решение можно найти, только отбросив старые шаблоны. Это и есть начальный хаос решения одной и той же задачи (многократные попытки ее решения), при этом ученый находит единственно правильное решение (свою собственную вселенную) из миллионов других состояний (и решений) [21; 22; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37].

Как выбирается из сотен, тысяч, миллионов возможных состояний W_{i0} единственное и правильное? Теперь мы знаем: путем хаоса начальных состояний и многих итераций (ревербераций НСМ) НЭВМ. Мы работаем с нейроэмуляторами, но гипотетически так работает и мозг, его НСМ, когда многократные итерации запускают работу НСМ, и в итоге находятся правильные решения задачи в условиях неопределенности 1-го и 2-го типов. Разрешить эти неопределенности можно только в рамках теории хаоса-самоорганизации, например, с использованием нейроэмуляторов в режиме реальных НСМ (хаос и реверберации).

Выводы

1. В рамках эффекта Еськова—Зинченко и новой теории хаоса-самоорганизации доказано, что реальные НСМ находятся в постоянном статистическом хаосе (их выборки статистически неустойчивы). В этой связи необходимо вводить хаос в нейроэмуляторы и заставлять искусственные нейросети мозга (например, нейроэмулятор) реверберировать (у нас это реализуется для нейроэмулятора в виде огромного числа итераций, $N > 1000$). Два этих режима (хаос и реверберации) приближают нейроэмулятор к работе реальных НСМ по динамике поведения.

2. При отсутствии таких двух режимов (хаос начальных видов w_{i0} динамических признаков x_i и ревербераций) нейроэмуляторы об-

ладают существенным недостатком — они генерируют одинаковые веса признаков W_i на выходе (в режиме бинарной классификации). Это означает отсутствие возможности идентификации параметров порядка — главных x_i^* диагностических признаков, если не изменять начальные параметры w_{i0} НЭВМ. Модель нейроэмулятора в режиме хаоса и ревербераций является реальной моделью эвристических механизмов работы мозга человека. Без этих двух свойств нейроэмулятор подобен умственно ограниченному человеку (у него нет вариаций в действиях).

3. Реализация этих новых двух принципов в работе нейроэмуляторов (хаоса и ревербераций) необходима и для НСМ. В этом случае их модель в виде нейроэмуляторов обеспечивает решение задачи выбора параметров порядка (задачи системного синтеза). Тогда идентифицируются главные динамические признаки x_i^* , и мы предполагаем аналогичную работу мозга (по крайней мере, хаос и реверберации генерируются в ЭЭГ, см. табл. 2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисова Л.А., Прохоров С.А., Шакирова Л.С., Филатова Д.Ю. Хаос параметров сердечно-сосудистой системы школьников в условиях транзитных перемещений // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25. № 1. С. 133—142.
2. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. 2018. Т. 25. № 1. С. 143—153. DOI: 10.24411/1609-2163-2018-15990
3. Еськов В.М., Филатова О.Е., Иляшенко Л.К. Биофизика живых систем в зеркале теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24. № 4. С. 20—26.
4. 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.
5. Филатова О.Е., Майстренко Е.В., Болтаев А.В., Газя Г.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на динамику сердечно-сосудистой систем работниц нефтегазового комплекса // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 7. С. 46—51.
6. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95. N 1. P. 92—94. doi.org/10.1134/S1064562417010240
7. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. 1993. Vol. 25. N 6. P. 420—426.

8. *Eskov V.M.* Cyclic respiratory neuron network with subcycles // *Neural Network World*. 1994. Vol. 4. N 4. P. 403—416.
9. *Eskov V.M.* Hierarchical respiratory neuron networks // *Modelling, Measurement and Control C*. 1995. Vol. 48 (1-2). P. 47—63.
10. *Eskov V.M.* Models of hierarchical respiratory neuron networks // *Neuro-computing*. 1996. Vol. 11 (2-4). P. 203—226. doi.org/10.1016/0925-2312(95)00048-8
11. *Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P.* Computer identification of compartmental neuron circuits // *Measurement Techniques*. 1994. Vol. 3. N 8. P. 967—971. doi.org/10.1007/BF00977157
12. *Eskov V.M., Filatova O.E.* A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // *Biophysics*. 1999. Vol. 44. N 3. P. 518—525.
13. *Eskov V.M., Filatova O.E.* Problem of identity of functional states of neuronal systems // *Biophysics*. 2003. Vol. 48. N 3. P. 526—534.
14. *Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I.* Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // *Moscow University Physics Bulletin*. 2014. Vol. 69. N 5. P. 406—411. doi.org/10.3103/S002713491405004X
15. *Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina J.V.* Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. 2015. Vol. 70. N 2. P. 140—152. doi.org/10.3103/S0027134915020046
16. *Eskov V.M., Filatova O.E., Provorova O.V., Khimikova O.I.* Neural emulators in identification of order parameters in human ecology // *Human Ecology (Russian Federation)*. 2015. N 5. P. 57—64.
17. *Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V.* The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // *Moscow University Physics Bulletin*. 2016. Vol. 71. N 2. P. 143—154. doi.org/10.3103/S0027134916020053
18. *Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vochmina J.V.* Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // *Advances in Gerontology*. 2016. Vol. 6. N 3. P. 191—197. doi.org/10.1134/S2079057016030048
19. *Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V. et al.* N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // *Russian Journal of Biomechanics*. 2017. Vol. 21. N 1. P. 14—23.
20. *Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Yu.V.* Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernstein // *Biophysics*. 2017. Vol. 62. N 1. P. 143—150. doi.org/10.1134/S0006350917010067
21. *Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V. et al.* Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. 2017. Vol. 72. N 3. P. 309—317. doi.org/10.3103/S0027134917030067
22. *Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V., Gavrilenko T.V.* The evolution of the idea of homeostasis: determinism, stochastics and chaos-self organization // *Biophysics*. 2017. Vol. 62. N 5. P. 809—820. doi.org/10.1134/S0006350917050074

23. 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. N 3. P. 38—42.

24. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V., Khimikova O.I. Prediction of khanty people life expectancy according to chaotic dynamics of their cardiovascular system parameters // *Human Ecology*. 2014. N 11. P. 3—8.

25. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V., Gorbunov D.V. Chaotic dynamics of neuromuscular system parameters and the problems of their evolution of complexity // *Biophysics*. 2017. Vol. 62. N 6. P. 961—966. doi.org/10.1134/S0006350917060057

26. 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. N 11. P. 1611—1616. doi.org/10.1134/S106378421711007X

27. 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. N 8. P. 15—20.

28. Filatova O.E., Eskov V.M., Popov Y.M. Computer identification of the optimum stimulus parameters in neurophysiology // *International RNNS/IEEE Symposium on Neuroinformatics and Neurocomputers*. 1995. P. 166—172. doi.org/10.1109/ISNINC.1995.480852

29. 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. N 3. P. 224—232.

30. 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*. 2018. Vol. 63. N 2. P. 358—364. doi.org/10.1134/S0006350918020082

31. Garaeva G.R., Eskov V.M., Eskov V.V. et al. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra // *Human Ecology*. 2015. N 9. P. 50—55.

32. Gell-Mann M. Fundamental sources of unpredictability // *Complexity*. 1997. Vol. 3. N 1. P. 13—19. doi.org/10.1002/(SICI)1099-0526(199709/10)3:1<9::AID-CPLX4>3.0.CO;2-9

33. Prigogine I.R. *The end of certainty: Time, chaos, and the new laws of nature*. N.Y.: Free Press, 1997.

34. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // *Measurement Techniques*. 2015. Vol. 58. N 4. P. 65—68. doi.org/10.1007/s11018-015-0735-x

35. Weaver W. Science and complexity // *American Scientist*. 1948. Vol. 36. N 4. P. 536—544.

36. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental confirmation of the effect of “Repetition without repetition” N.A. Bernstein // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017. Vol. 1. P. 4—8. doi.org/10.1007/s10517-017-3723-0

37. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Eskov V.M. Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2017. Vol. 164. N 2. P. 115—117. doi.org/10.1007/s10517-017-3937-1

Поступила в редакцию 22.06.18

Принята к публикации 28.06.18

NEW POSSIBILITY OF THE HEURISTIC ACTIVITY OF NEUROEMULATORS

*Yuri P. Zinchenko*¹, *Valery M. Eskov*²,
*Svetlana V. Grigoryeva*², *Valentin I. Maistrenko*³

¹ *Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology, Moscow, Russia.*

² *Surgut State University, Surgut, Russia*

³ *Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia*

Abstract

Relevance. Today there are no real models of the human brain's heuristic activity. In this regard, now it is absent real models of heuristic activity of the human brain, according to the accumulated experimental material, the possibilities of modeling two basic principles of the operation of real neural networks of the human brain was presented.

Goal. The proving of real neuroemulator possibility for system synthesis as a model of heuristic behavior of human brain.

Methods. We propose the numerical repetition of electroencephalogram registration (EEG) and construct the special matrix of their (EEG) comparison. For neuroemulator we propose the numerical repetition and choice value of weight of coefficient w_{i0} for any diagnostic parameters x_i (like for real EEG).

Conclusions. It is shown that such two procedures (reverberation and chaos) are identical to the heuristic activity of the brain. The brain selects the main x_i^* from the set of x_i variables and at the same time we move from the phase space m to the new phase space with little dimension n ($n \ll m$). The choice of the main x_i^* is a problem of system synthesis (finding of the order parameters). It is realized at the expense of reverberation and chaos to neural networks. We must mark: the artificial neuron nets emphasize demonstrate such behavior at every time.

Key words: reverberation, chaos of parameters, quasiattractors, systemic synthesis.

References

1. Denisova, L.A., Prohorov, S.A., Shakirova, L.S., Filatova, D.Yu. (2018). Haos parametrov serdechno-sosudistoj sistemy shkol'nikov v usloviyah transshirotnyh peremeshchenij. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij* [Bulletin of new medical technologies], 25, 1, 133—142.
2. Es'kov, V.V., Pyatin, V.F., Aliev, N.Sh., Vorob'eva, L.A. (2018). Haos parametrov gomeostaza funkcional'nyh sistem organizma cheloveka. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij* [Bulletin of new medical technologies], 25, 1, 143—153. DOI: 10,24411/1609-2163-2018-15990
3. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Ilyashenko, L.K. (2017). Biofizika zhivyy sistem v zerkale teorii haosa-samoorganizacii. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij* [Bulletin of new medical technologies], 24, 4, 20—26.
4. Miroshnichenko, I.V., Prohorov, S.V., El'man, K.A., Srybnik, M.A. (2018). Sravnitel'nyj analiz haoticheskoy dinamiki pokazatelej serdechno-sosudistoj sistemy prishlogo detsko-yunosheksogo naseleniya Yugry. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij* [Bulletin of new medical technologies], 25, 1, 154—160.
5. Filatova, O.E., Majstrenko, E.V., Boltaev, A.V., Gazya, G.V. (2017). Vliyanie promyshlennyh elektromagnitnyh polej na dinamiku serdechno-sosudistoj sistem rabotnic neftegazovogo kompleksa. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 21, 7, 46—51.
6. Betelin, V.B., Eskov, V.M., Galkin, V.A., Gavrilenko, T.V. (2017). Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems. *Doklady Mathematics*, 95, 1, 92—94. doi.org/10.1134/S1064562417010240
7. Eskov, V.M., Filatova, O.E. (1993). Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition. *Neurophysiology*, 25, 6, 420—426.
8. Eskov, V.M. (1994). Cyclic respiratory neuron network with subcycles. *Neural Network World*, 4, 4, 403—416.
9. Eskov, V.M. (1995). Hierarchical respiratory neuron networks. *Modelling, Measurement and Control C.*, 48 (1-2), 47—63.
10. Eskov, V.M. (1996). Models of hierarchical respiratory neuron networks. *Neurocomputing*, 11 (2-4), 203—226. doi.org/10.1016/0925-2312(95)00048-8
11. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. (1994). Computer identification of compartmental neuron circuits. *Measurement Techniques*, 3, 8, 967—971. doi.org/10.1007/BF00977157
12. Eskov, V.M., Filatova, O.E. (1999). A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes. *Biophysics*, 44, 3, 518—525.
13. Eskov, V.M., Filatova, O.E. (2003). Problem of identity of functional states of neuronal systems. *Biophysics*, 48, 3, 526—534.
14. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Zimin, M.I. (2014). Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems. *Moscow University Physics Bulletin*, 69, 5, 406—411. doi.org/10.3103/S002713491405004X
15. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, J.V. (2015). Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems:

Complexity. *Moscow University Physics Bulletin*, 70, 2, 140—152. doi.org/10.3103/S0027134915020046

16. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Provorova, O.V., Khimikova, O.I. (2015). Neural emulators in identification of order parameters in human ecology. *Human Ecology* (Russian Federation), 5, 57—64.

17. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Vochmina, J.V., Gavrilenko, T.V. (2016). The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems. *Moscow University Physics Bulletin*, 71, 2, 143—154. doi.org/10.3103/S0027134916020053

18. 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*, 6, 3, 191—197. doi.org/10.1134/S2079057016030048

19. Eskov, V.M., Bazhenova, A.E., Vochmina, U.V. et al. (2017). N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person. *Russian Journal of Biomechanics*, 21, 1, 14—23.

20. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, Yu.V. (2017). Formalization of the effect of “Repetition without Repetition” discovered by N.A. Bernshtein. *Biophysics*, 62, 1, 143—150. doi.org/10.1134/S0006350917010067

21. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Vochmina, Y.V. et al. (2017). Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity. *Moscow University Physics Bulletin*, 72, 3, P. 309—317. doi.org/10.3103/S0027134917030067

22. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V. The evolution of the idea of homeostasis: determinism, stochastics and chaos-self organization. *Biophysics*, 62, 5, 809—820. doi.org/10.1134/S0006350917050074

23. Eskov, V.M., Gudkov, A.B., Bazhenova, A.E., Kozupitsa, G.S. (2017). The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North. *Human Ecology*, 3, 38—42.

24. Eskov, V.V., Filatova, O.E., Gavrilenko, T.V., Khimikova, O.I. (2014). Prediction of khanty people life expectancy according to chaotic dynamics of their cardiovascular system parameters. *Human Ecology*, 11, 3—8.

25. Eskov, V.V., Filatova, O.E., Gavrilenko, T.V., Gorbunov, D.V. (2017). Chaotic dynamics of neuromuscular system parameters and the problems of their evolution of complexity. *Biophysics*, 62, 6, 961—966. doi.org/10.1134/S0006350917060057

26. Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Vochmina, Yu.V. (2017). Static instability phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity. *Technical Physics*, 62, 11, 1611—1616. doi.org/10.1134/S106378421711007X

27. Filatova, D.U., Veraksa, A.N., Berestin, D.K., Streltsova, T.V. (2017). Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure. *Human Ecology*, 8, 15—20.

28. Filatova, O.E., Eskov, V.M., Popov, Y.M. (1995). Computer identification of the optimum stimulus parameters in neurophysiology. *International RNNS/IEEE Symposium on Neuroinformatics and Neurocomputers*, P. 166—172. doi.org/10.1109/ISNINC.1995.480852

29. Filatova, O.E., Eskov, V.V., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. (2017). Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements. *Russian Journal of Biomechanics*, 21, 3, 224—232.

30. Filatova, O.E., Bazhenova, A.E., Ilyashenko, L.K., Grigorieva, S.V. (2018). Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov-Zinchenko effect. *Biophysics*, 63, 2, 358—364. doi.org/10.1134/S0006350918020082

31. Garaeva, G.R., Eskov, V.M., Eskov, V.V. et al. (2015). Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra. *Human Ecology*, 9, 50—55.

32. Gell-Mann, M. (1997). Fundamental sources of unpredictability. *Complexity*, 3, 1, 13—19. doi.org/10.1002/(SICI)1099-0526(199709/10)3:1<9::AID-CPLX4>3.0.CO;2-9

33. Prigogine, I.R. (1997). *The end of certainty: Time, chaos, and the new laws of nature*. N.Y.: Free Press.

34. Volkmina, Y.V., Eskov, V.M., Gavrilenko, T.V., Filatova, O.E. (2015). Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies. *Measurement Techniques*, 58, 4, 65—68. doi.org/10.1007/s11018-015-0735-x

35. Weaver, W. (1948). Science and complexity. *American Scientist*, 36, 4, 536—544.

36. Zilov, V.G., Eskov, V.M., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V. (2017). Experimental confirmation of the effect of “Repetition without repetition” N.A. Bernstein. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 164, 1, 4—8. doi.org/10.1007/s10517-017-3723-0

37. Zilov, V.G., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V., Eskov, V.M. (2017). Experimental study of statistical stability of cardiointerval samples. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 164, 2, 115—117. doi.org/10.1007/s10517-017-3937-1

Original manuscript received June 22, 2018

Revised manuscript accepted June 28, 2018