

ХАОС И САМООРГАНИЗАЦИЯ В РАБОТЕ НЕЙРОСЕТЕЙ МОЗГА

В.В. ЕСЬКОВ

БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия

Аннотация. Кооперация хаоса и самоорганизации имеет двойственную основу, которая выражает общую неопределенность в принципах работы нейросетей мозга. Во-первых, наука уже более ста лет использует детерминистские и стохастические подходы в изучении отдельного нейрона и нейросетей мозга в целом. Модели на основе функционального анализа (уравнение Блэйра, модель Ходжкина – Хаксли, компартментно-кластерная теория нейросетей мозга и многое другое с одной стороны) и различные стохастические подходы в виде нейро-ЭВМ, сетей Питса-Мак-Каллока и т.д. (на основе стохастического подхода) – все это свидетельствует о детерминистско-стохастическом доминанте в изучении глобальной проблемы: мозг человека и базовые принципы его функционирования. При этом проблемы мышления и эвристической деятельности мозга обычно дальше морфологии и характера связей между нейронными пулами не уходит. Мы предлагаем другой подход и понимание принципов работы мозга, которые выходят за рамки детерминизма и стохастики, и переводят эту дискуссию в область хаоса и непрерывной самоорганизации. При этом нет статистической устойчивости выборок x_i параметров гомеостаза. Для статистических функций $f(x)$ распределения выборок наблюдается $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$, где j – номер выборки.

Ключевые слова: гомеостаз, теория хаоса-самоорганизации, детерминистско-стохастический подход.

CHAOS AND SELF-ORGANIZATION IN THE NEURAL NETWORKS OF THE BRAIN

V.V. ESKOV

Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. There are two interpretations in description of chaos and self organization presenting uncertainty in neuron network of brain. The more than one hundred years we use determinists and stochastic approaches for inverse ligation of separate neuron on neuron networks at all. We know many models which are based on functional analyses (Blair modes, Hodshin-Haely models, compartmental-cluster theory of neuron and different stochastic models (like artificial neuron network-neurocomputer), Pits and Mac-Challok models, etc.). All these models present the global deterministic approaches in modern science. All of these are based on morphological topological connectedness between neurons and pools. We propose new methods which are based on chaotic behavior of neuron networks and new principle of itself organization. For such chaotic (homeostatic) systems we note uninterrupted changing of it statistical distribution function $f(x_i)$. The chaos of $f(x)$ presents the definition: for any i -th sample of x_i we have $f_i(x_i) \neq f_{i+1}(x_i)$, so there is not stochastic stability for such special homeostatic system (third type of system in the nature).

Key words: homeostasis, theory of chaos self-organization, deterministic and stochastic approach.

Введение. В рамках *детерминистского и стохастического подхода* (ДСП) современная наука достигла определенных успехов. Однако всегда за кадром в этих исследованиях оставалась проблема хаотической динамики наблюдаемых биоэлектрических процессов. Всегда считалось, что процессы возбуждения отдельных нейронов и пулов – это объект ДСП, стохастики. При этом специалисты по изучению мозга на уровне подсознания чувствовали, что повторить любой процесс в нейросетях мозга в рамках ДСП весьма проблематично. Впервые открыто и аргументировано на это указал в 1947 г. Н.А Бернштейн, который выдвинул гипотезу: «Повторение без повторения» в системах организации движений. Но это была только гипотеза, без должного количественного изучения [4, 14, 20, 24].

Одновременно, столетиями биологи и медики были уверены в морфологической повторяемости структур мозга. Упорно создавалась иллюзия, что морфологически структуры мозга вроде повторяются (для этого существует анатомия и атласы мозга), а раз это так, то и функции мозга тоже вроде должны повторяться. Но это – иллюзии и утверждения из области гипотез (например, утверждение: я внешне похож на А. Эйнштейна, значит я тоже умный человек). Морфологическая устойчивость и схожесть структур мозга автоматически переносилась и на якобы одинаковое устройство функций и регуляций в нейросетях мозга. Десятилетиями нейрофизиология изучала связи между ядрами, различными структурами мозга и при этом возникала вторая иллюзия о якобы каких-то знаниях о функциях мозга. Если морфоло-

гия подобна и функции нейросетей тоже подобны (одинаковы), то мы были глубоко уверены, что зная морфологию (структуру мозга) и характер связей между структурами (ядрами, группами нейронов), мы знаем все о работе мозга. Морфофункциональная организация мозга сейчас является основой неврологии, нейробиологии, психологии и др. наук. Последние годы активно привлекаются новейшие методы сканирования структур мозга, находящегося в разных условиях. Возникают даже новые гипотезы о работе мозга, новое знание о строении и функции мозга, его отделов, проводящих путях, системах регуляции и управления. Подчеркнем, что теория Н.А. Бернштейна об организации движения – это морфофункциональная теория [9-13, 21].

Однако при этом никто не задает элементарного вопроса о повторяемости этих связей и регистрируемых процессах возбуждения. Есть ли какая-либо возможность повторить тот или иной вид возбуждения, ту или иную выборку *электроэнцефалограммы* (ЭЭГ) или *электронейрограммы* (ЭНГ)? Что и как можно повторить и до какой степени повторяются ЭЭГ и ЭНГ в нейросетях мозга? Следуя сомнениям Бернштейна относительно повторяемости движений, можно гипотетически говорить о не повторяемости ЭЭГ и ЭНГ, но что из этого следует для нейрофизиологии, психологии и всей науки? О какой повторяемости может идти речь, если мы изучаем гомеостатичный мозг, находящийся в спокойном состоянии (релаксации) и в якобы неизменном морфологическом состоянии? [1-6].

Что такое аналог принципа неопределенности Гейзенберга в биологии? За 70 лет с момента опубликования работы Н.А. Бернштейна никто не пытался решить проблему «Повторение без повторений», а если она и возникла, то оставалась без ответа. Доминировала догма естествознания: все процессы (включая работу мозга) можно описывать в рамках функционального анализа или с позиции стохастики. Достаточно построить уравнение или найти статистическую функцию распределения $f(x)$ и мы уже обладаем полной информацией о процессе. Это фундаментальная догма всего современного естествознания и всех наук о мозге сейчас стала скорее гипотезой, чем реальностью. Первые сомнения зародил Н.А. Бернштейн в 1947 г. в связи с изучением организации движений. С позиции ДСП (в частности стохастики) любой акт движения не может быть произвольно статистически повторен. Все происходит без повторений уже с позиции стохастики и тем более в рамках функционального анализа. В психологии установлен эффект Еськова-Зинченко, который доказывает статистическую неустойчивость любого акта движения в биомеханике. И это, как оказалось, касается и произвольных, и произвольных движений [1, 3, 5, 6, 13-16, 20-23].

Будете ли вы регулярно дышать (сознательно) или дышать во сне (бессознательно), но повторить любой акт вдоха или выдоха в рамках стохастики весьма затруднительно. Все происходит хаотично «без повторений», как предполагал Н.А. Бернштейн в 1947 г., однако, степень этого хаоса никто не измерял и не моделировал. Нет количественных данных в этой области с позиции современной науки, мы остаемся в рамках стохастической догмы об устойчивости (стохастической) в системах регуляции движений, в работе нейросетей мозга. Центральная догма (или иллюзия?) естествознания продолжает доминировать во всех нейронауках. Мы все измеряем в рамках стохастики или даже в рамках функционального анализа [6-12, 23].

Теоретическая биофизика с момента своего возникновения постоянно пытается найти аналоги поведения сложных *биологических динамических систем* (БДС) и объектов неживой природы. Для подтверждения этого достаточно вспомнить фундаментальное выступление *A.V. Hill*. Имеются и некоторые итоговые издания, которые ещё в 30-х годах 20-го столетия представляли подобные аналогии между физическими системами и БДС. Существенно, что в этих многочисленных попытках существует очень мало примеров установить аналогии между объектами квантовой механики и БДС. В настоящей работе вводится принцип неопределенности для сложных БДС (*complexity*), который является некоторым аналогом соотношения Гейзенберга. Однако проблема неопределенности динамики поведения объектов микромира может реально иметь некоторые общие корни с объектами макромира, например со сложными биосистемами [4, 9-11, 22, 23].

На это обращал внимание и *M. Gell-Mann* в своём известном обращении по проблеме неопределённости для *complexity*. Принципиальная непредсказуемость и неповторимость динамики поведения сложных динамических систем обусловлена особыми свойствами сложных БДС, которые мы сейчас определяем как *системы третьего типа* (СТТ). В современной теоретической биофизике СТТ определяют как *complexity*, но при этом нет строгого определения этих систем и их свойств [9, 23].

Первые попытки ввести некоторые понятия о СТТ были выполнены 65 лет назад *Warren Weaver* в его известной публикации «*Science and complexity*». Однако, вводя понятие организованной сложности *W. Weaver* тогда не выполнил систематизацию таких объектов, их основных свойств и, главное, не предложил методов и моделей для их описания. Традиционные физические подходы в биофизике на уровне *complexity*, как это и представлял в 50-х годах 20-го века *A. Hill*, не дали нужных результатов из-за особых свойств СТТ. Многочисленные попытки *H. Haken* и *I.R. Prigogine* в области синергетики и теории *complexity* также закончились безрезультатно в плане выделения особого математического аппарата и особых моделей для описания *complexity* с самоорганизацией. Более того, сам Пригожин в предсмертной

статье «*The Die is not Cast*» особым образом выделил системы в природе, которые современная наука не изучает и не описывает. Речь идёт об уникальных системах, без их повторения в пространстве и времени. Однако, именно эти системы и составляют основные объекты в биологии и медицине [6-12].

Во-первых, все СТТ (*complexity* в трактовке Пригожина-Хакена) не имеют точек покоя в традиционном ДСП. Например, для СТТ никогда их вектора состояния системы (ВСС) $x=x(t)$ не сможет продемонстрировать стационарного режима в виде $dx/dt=0$. Для любой СТТ их ВСС в фазовом пространстве состояний (ФПС) испытывает непрерывное и хаотическое движение. Это движение (как и движение электрона в условиях энергетических ограничений, например, в потенциальной яме или на определённом энергетическом уровне в атоме) ограничено определёнными рамками, накладываемыми на фазовые координаты. Таким образом, СТТ не имеет стационарных режимов в аспекте ДСП, но их движение в ФПС ограничено.

Во-вторых, в биомеханике такими фазовыми координатами являются положение конечности (пальца при постуральном треморе) по отношению к регистрирующему датчику – $x_1 = x_1(t)$ и скорость перемещения конечности $x_2 = x_2(t) = dx_1/dt$. На фазовой плоскости вектора $x=(x_1, x_2)^T$ можно построить фазовые траектории, которые всё-таки будут иметь определённые границы в пределах фазового пространства. Эти границы образуют некоторую область в ФПС, которая характеризует физиологическое (психическое) состояние субъекта (испытуемого) и которую мы будем обозначать как квазиаттрактор (КА), объём которого (V_G) является важной характеристикой объекта и он используется сейчас нами в биологии, психологии и медицине для диагностики функций организма испытуемого [17-19]. Таким образом, КА – важная характеристика любой СТТ (*complexity*), динамики поведения их ВСС [2, 4, 12-14, 20].

Это особый тип систем, которые находятся в непрерывной хаотической динамике и для которых отсутствует возможность какого-либо прогноза в будущем их конечного состояния $x(t_k)$. Именно это пытался сказать М. Гелл-Манн в своём обращении, но только в отношении физических систем. У этих особых СТТ наряду с особым хаосом имеются и механизмы самоорганизации. Поэтому мы разрабатываем новые методы описания СТТ (отличных от детерминистских и стохастических систем), которые базируются на новой теории хаоса-самоорганизации (ТХС), которая включает в себя 5 принципов организации СТТ: компарментно-кластерное строение [5-7, 14-19], свойство «мерцания» СТТ (когда непрерывно $dx/dt \neq 0$), эволюцию СТТ и их телеологическое движение к некоторому конечному КА, наконец, возможность выхода не только за 3 сигмы, но и за 10, 20-ть сигм, что в стохастике исключено полностью. Последнее свойство гигантских отклонений от координат центра КА характерно только для БДС. Технические или физические системы в этом случае просто прекращают своё существование. Однако, в квантовой механике такие эффекты имеют место в виде туннельных эффектов: частица может преодолеть потенциальный барьер (выйти из ядра, например) и даже возвратиться обратно.

Почему стохастика неприменима к системам третьего типа? Прежде всего, отметим, что постуральный тремор и теппинг всегда рассматривались как примеры произвольных и произвольных движений. Однако, с позиций механики, с позиций ТХС, оба этих движения не могут числиться произвольными движениями, т.к. они с механической точки зрения (и с позиций ТХС) выполняются произвольно. Иными словами повторную траекторию тремора или теппинга воспроизвести невозможно! Любой динамический отрезок (траектория пальца в пространстве) для координат $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в фазовом пространстве неповторим и невозпроизводим. Это движение хаотическое, но в пределах ограниченных объёмов ФПС (квазиаттракторов). Квазиаттрактор можно повторить и он может изучаться в ТХС [1-6, 12-16].

Число выполненных нами биомеханических измерений и измерений параметров кардиоинтервалов (КИ) превышает двадцать тысяч измерений. Здесь КИ – это временной отрезок τ между последовательными сокращениями сердца и это – переменная величина $x_1(t)$, которая тоже имеет свою скорость $x_2 = dx_1/dt$ и ускорение $x_3 = dx_2/dt$. И для движения пальца, и для работы сердца мы имеем одинаковые (с физической точки зрения) фазовые пространства с размерностью $m=3$ (т.е. имеем ВСС $x=x(t)=(x_1, x_2, x_3)^T$), а в более упрощённом виде мы используем только фазовую плоскость вектора $x=x(t)=(x_1, x_2)^T$.

В рамках сравнения эффективности двух подходов методами стохастики и ТХС были выполнены вычисления параметров распределения треморограмм (первоначально с позиций стохастики). При этом нами были установлены следующие закономерности. Во-первых основные измерения, выполненные у одного (каждого) испытуемого при разбиении общего отрезка регистраций треморограммы длительностью $\tau=5$ сек (этот интервал τ разбивался на 3 отрезка τ_i , т.е. $\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = \tau_{\text{общ}} = \tau$) на интервалы $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3$, показали отсутствие возможности рассматривать эти участки треморограмм как нормальное распределение. В редких случаях, когда на всех трёх участках τ_i можно было использовать нормальное распределение, параметры этих распределений Гаусса не удовлетворяли условию отнесения этих выборок к одной (общей) генеральной совокупности. Каждый участок τ_i представлял свою (особую) функцию распределения для конкретного испытуемого на каждом отрезке τ_i общего интервала в 1 сек. Более того, при других измерениях у этого же испытуемого (в следующие 5 сек) результат был аналогичным, т.е. распределение постоянно изменяется (параметрическое – непараметрическое), функции распределения также изменяются и отличаются на каждом измеренном интервале [6-14].

В следующие интервалы времени всё будет другим, и достоверную информацию от статистических методов обработки подобных сигналов мы не получим. Все эти данные непрерывно изменяются. Традиционная ДСП-наука для подобных систем оказывается практически неэффективной. И.Р. Пригожин это подчеркивал особым образом, говоря об уникальных системах. Для выхода из создавшегося положения мы ввели для биосистем аналог принципа неопределенности Гейзенберга и постулировали, что ВСС хаотически и непрерывно движется внутри некоторых КА, а статистические функции (и их характеристики) непрерывно мерцают [19-26].

Расчет объемов КА мы производим исходя из его определения: *квазиаттрактор* – ненулевое подмножество Q фазового n -мерного пространства D ($l = 1, m$) динамической биологической системы, являющееся объединением всех значений $f^l(t)$ состояния биологической динамической системы на конечном отрезке времени $[t_j, \dots, t_e]$ ($j \ll e$, где t_j — начальный момент времени, а t_e — конечный момент времени состояний БДС):

$$Q = \bigcup_{l=1}^m \bigcup_{i=j}^e f^l(t_i), Q \neq 0, Q \in D, \quad (1)$$

где m – количество пространственных измерений.

В качестве основной меры квазиаттрактора используется объем V_G области Q m -мерного пространства, внутри которого заключены все значения $f^l(t)$ состояния биологической динамической системы в промежутке времени $[t_j, \dots, t_e]$:

$$V_G = \text{mes}(Q) = \prod_{l=1}^m (\max(f^l(t_j), \dots, f^l(t_e)) - \min(f^l(t_j), \dots, f^l(t_e))). \quad (2)$$

Оказалось, что V_G может характеризовать норму и патологию, экологический стресс и состояние психических функций человека. Более того, там, где статистика не показывает различий, параметры квазиаттракторов демонстрируют существенные отличия и служат мерой эффективности лечебных мероприятий или степени физической (психической) нагрузки.

Заключение. В живой природе существует огромное количество особых систем *третьего типа*, которые невозможно описать и прогнозировать в рамках детерминистских и стохастических (вероятностных) подходов.

Для таких СТТ справедлив некоторый аналог принципа Гейзенберга, когда интервалы изменений для каждой фазовой координаты Δx_i укладываются внутри некоторого ограниченного объема фазового пространства состояний $V_G^{\max} \geq \prod_{i=1}^m \Delta x_i$, где Δx_i – интервалы, внутри которых каждая x_i хаотически и непрерывно движется.

Параметры *квазиаттракторов* являются индивидуальной характеристикой исследуемой биосистемы и могут быть использованы в биологии, психологии, медицине для изучения статуса биообъекта (организма человека). Они характеризуют норму или патологию, реакцию организма на различные воздействия (в спорте, медицине и т.д.).

Биосистемы (организм человека) обладают особыми пятью свойствами и одно из них (эволюция организма) требует мониторинга параметров КА (желательно непрерывно).

Литература

1. Балтикова А.А., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Горленко Н.П. Многомерная хаотическая динамика тремора в оценке реакции нервно-мышечной системы человека на физическую нагрузку // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. № 1. Публикация 1-6. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf> (дата обращения 15.04.2013).
2. Башкатова Ю.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Мороз О.А. Хаотическая динамика параметров кардиоинтервалов испытуемого до и после физической нагрузки при повторных экспериментах // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 3. С. 39–45.
3. Веракса А.Н., Горбунов Д.В., Шадрин Г.А., Стрельцова Т.В. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга методами теории хаоса и самоорганизации и энтропии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 17–24.
4. Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем -альтернатива теории А.М. Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т.18, № 3. С. 336.
5. Еськов В.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Журавлева О.А. Complexity и эмерджентность в представлениях Пригожина И.Р. и третьей парадигмы // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 59–67.
6. Еськов В.М., Филатова О.Е., Проворова О.В., Химикова О.И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека. 2015. № 5. С. 57–60.

7. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Еськов В.В. Эффект Еськова – Зинченко опровергает представления I.R. Prigogine, J.A. Wheeler и M. Gell-Mann о детерминированном хаосе биосистем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 34–43.
8. Еськов В.М., Филатова О.Е. Философия и наука в целом на пути нового понимания гомеостатических систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 4. С. 65–73.
9. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Бондаренко О.А., Смагина Т.В., Данилов А.Г., Хадарцева К.А. Биоинформационный анализ саногенеза и патогенеза при гирудорефлексотерапии на СЕВЕРЕ РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 2. С. 464–467.
10. Живогляд Р.Н., Живаева Н.В., Бондаренко О.А. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке показателей вегетативной нервной системы жителей ЮГРЫ // Вестник современной клинической медицины. 2013. Т. 6, № 5. С. 120–123.
11. Зилов В.Г., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Бернштейна Н.А. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. № 1. С. 4–9.
12. Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Введение в биофизику гомеостатических систем (complexity) // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 6–15.
13. Русак С.Н., Козупица Г.С., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 4. С. 92–95.
14. Сидорова И.С., Хадарцев А.А., Еськов В.М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине Обработка информации, системный анализ и управление (общие вопросы в клинике, в эксперименте). Том IV. Тула. 2003. 238 с.
15. Стёпин В.С., Еськов В.М., Буданов В.Г. Новые представления о гомеостазе и эволюции // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 52–58.
16. Филатов М.А., Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю. Понятие произвольных движений с позиций эффекта Еськова-Зинченко в психофизиологии движений // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 24–32.
17. Филатова О.Е., Проворова О.В., Волохова М.А. Оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающей промышленности с позиции теории хаоса и самоорганизации // Экология человека. 2014. № 6. С. 16–19.
18. Филатова О.Е., Козлова В.В., Белощенко Д.В., Прасолова А.А. Стохастическая и хаотическая оценка параметров нервно-мышечной системы человека в осенний и весенний периоды года // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 4. С. 42–50.
19. Филатова О.Е., Зинченко Ю.П., Еськов В.В., Стрельцова Т.В. Сознательное и бессознательное в организации движений // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 23–30.
20. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Козырев К.М., Гонтарев С.Н. Медико-биологическая теория и практика. Тула, 2011. 231 с.
21. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Джумагалиева Л.Б., Гудкова С.А. Понятие трех глобальных парадигм в науке и социумах // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 3. С. 35–45.
22. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. № 1. Публикация 1-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения: 25.03.2015). DOI: 10.12737/10410.
23. Bernstein N. The coordination and regulation of movements. London: Pergamon, 1967
24. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. The principle of uncertainty in the dynamics of the behavior of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. 2015. №472(6).
25. Es'kov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes // Biophysics. 1999. Vol. 44, №3. P. 518–525.
26. 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. №58 (4). A018, P. 65–68.

References

1. Baltikova AA, Bazhenova AE, Bashkatova YV, Karpin VA, Gorlenko NP. Mnogomernaya khaoticheskaya dinamika tremora v otsenke reaktcii nervno-myshechnoy sistemy cheloveka na fizicheskuyu nagruzku [The multidimensional chaotic dynamics of a tremor in the evaluation of the response of the human neuromuscular system to physical activity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2013 [cited 2013 Apr 15];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf>.

2. Bashkatova YV, Beloshchenko DV, Bazhenova AE, Moroz OA. Khaoticheskaya dinamika parametrov kardiointervalov ispytuemogo do i posle fizicheskoy nagruzki pri povtornykh eksperimentakh [Chaotic dynamics of the parameters of the cardiointervals of the subject before and after physical exertion in repeated experiments]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):39-45. Russian.

3. Veraksa AN, Gorbunov DV, Shadrin GA, Strel'tsova TV. Effekt Es'kova-Zinchenko v otsenke parametrov teppinga metodami teorii khaosa i samoorganizatsii i entropii [The effect of Eskova-Zinchenko in the estimation of the thermic parameters by the methods of the theory of chaos and self-organization and entropy]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:17-24. Russian.

4. Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem -al'ternativa teorii Lyapunova AM. [New approaches in the theory of the stability of biosystems-an alternative to the theory of Lyapunov AM.]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.

5. Es'kov VV, Filatov MA, Filatova DY, Zhuravleva OA. Somplexity i emerzhentnost' v predstavleniyakh Prigozhina I.R. i tret'ey paradigme [In the representations of Prigogine I.R. And the third paradigm]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:59-67. Russian.

6. Es'kov VM, Filatova OE, Provorova OV, Khimikova OI. Neyroemulyatory pri identifikatsii parametrov poryadka v ekologii cheloveka. [Neuromuscents in the identification of order parameters in human ecology.] Ekologiya cheloveka. 2015;5:57-60. Russian.

7. Es'kov VM, Zinchenko YP, Filatov MA, Es'kov VV. Effekt Es'kova – Zinchenko oprovergaet predstavleniya IR. Prigogine, JA. Wheeler i M. Gell-Mann o determinirovannom khaose biosistem – complexity [The effect of Eskova - Zinchenko refutes the idea]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):34-43. Russian.

8. Es'kov VM, Filatova OE. Filosofiya i nauka v tselom na puti novogo ponimaniya gomeostaticeskikh sistem. [Philosophy and science as a whole on the road to a new understanding of homeostatic systems.] Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;4:65-73. Russian.

9. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Bondarenko OA, Smagina TV, Danilov AG, Khadartseva KA. Bioinformatsionnyy analiz sanogeneza i patogeneza pri girudorefleksoterapii na SEVERE R F [Bioinformatsionnyy analiz sanogeneza i patogeneza pri girudorefleksoterapii na SEVERE R F]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(2):464-7. Russian.

10. Zhivoglyad RN, Zhivaeva NV, Bondarenko OA. Matritsy mezhattraktornykh rasstoyaniy v otsenke pokazateley vegetativnoy nervnoy sistemy zhitel'ey YuGRY [Matrices of intertractor distances in estimation of autonomic nervous system indices of Ugra people]. Vestnik sovremennoy kliniche-skooy meditsiny. 2013;6(5):120-3. Russian.

11. Zilov VG, Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdenie effekta «Povtorenie bez povtoreniya» Bernshteyna NA []. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;1:4-9. Russian.

12. Zinchenko YP, Khadartsev AA, Filatova OE. Vvedenie v biofiziku gomeostaticeskikh sistem (complexity) [Introduction to biophysics of homeostatic systems (complexities)]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:6-15. Russian.

13. Rusak SN, Kozupitsa GS, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoy nervnoy sistemy u uchashchikhsya mladshikh klassov v pogodnykh usloviyakh g. Surguta [Dynamics of the vegetative nervous system status in primary school children in weather conditions in Surgut]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4):92-5. Russian.

14. Sidorova IS, Khadartsev AA, Es'kov VM. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine [System analysis, management and processing of information in biology and medicine]. Tom IV. Tula; 2003. Russian.

15. Stepin VS, Es'kov VM, Budanov VG. Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii [New ideas about homeostasis and evolution]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:52-8. Russian.

16. Filatov MA, Veraksa AN, Filatova DY, Poskina TYu. Ponyatie proizvol'nykh dvizheniy s pozitsiy effekta Es'kova-Zinchenko v psikhofiziologii dvizheniy [The concept of arbitrary movements from the position of the Eskova-Zinchenko effect in the psychophysiology of movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:24-32. Russian.

17. Filatova OE, Provorova OV, Volokhova MA. Otsenka vegetativnogo statusa rabotnikov neftegazodobyvayushchey promyshlennosti s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii [Assessment of the vegetative status of workers in the oil and gas industry from the standpoint of chaos theory and self-organization]. Ekologiya cheloveka. 2014;6:16-9. Russian.

18. Filatova OE, Kozlova VV, Beloshchenko DV, Prasolova AA. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka v osenniy i vesenniy periody goda [Stochastic and chaotic evaluation of the parameters of the human neuromuscular system in the autumn and spring periods of the year]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;4:42-50. Russian.

19. Filatova OE, Zinchenko YP, Es'kov VV, Strel'tsova TV. Soznatel'noe i bessoznatel'noe v organizatsii dvizheniy [Conscious and unconscious in the organization of movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;3:23-30. Russian.

20. Khadartsev AA, Es'kov VM, Kozyrev KM, Gontarev SN. Mediko-biologicheskaya teoriya i praktika [Medico-biological theory and practice]. Tula; 2011. Russian.

21. Khadartsev AA, Filatova OE, Dzhumagalieva LB, Gudkova SA. Ponyatie trekh global'nykh paradigim v nauke i sotsiumakh [The concept of three global paradigms in science and society]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;3:35-45. Russian.

22. Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [Five principles of functioning of complex systems, systems of the third type]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 Mar 25];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410.

23. Bernstein N. The coordination and regulation of movements. London: Pergamon; 1967.

24. Betelin VB, Eskov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. The principle of uncertainty in the dynamics of the behavior of complex homeostatic systems. Doklady Mathematics. 2015;472(6).

25. Es'kov VM, Filatova OE. A compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes. Biophysics. 1999;44(3):518-25.

26. Vokhmina YV, Eskov VM, Gavrilenko TV, Filatova OE. Medical and biological measurements: Measuring order parameters based on neural network technologies. Measurement Techniques. 2015;58(4):A018:65-8.

Библиографическая ссылка:

Еськов В.В. Хаос и самоорганизация в работе нейросетей мозга // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №1. Публикация 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/1-8.pdf> (дата обращения: 21.03.2017). DOI: 12737/25234.