

I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

DOI: 10.12737/2306-174X-2020-5-14

КАКОВЫ ГЛАВНЫЕ СВОЙСТВА НЕЙРОСЕТЕЙ МОЗГА?

В.Ф. ПЯТИН¹, С.В. МАКЕЕВА², А.В. МИЛЛЕР², Д.Ю. ХВОСТОВ², А.А. ЧЕРТИЩЕВ²¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Чапаевская, 89, г. Самара, Россия, 443099²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»,
ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Создание искусственных нейросетей связано с изучением свойств реальных нейросетей мозга. До настоящего времени учитывались свойства нейронов и их сетей в работе нейроэмуляторов, но главное свойство мозга остается не изученным. На это свойство в 1947 г. пытался указать Н.А. Бернштейн, выдвинув гипотезу о «повторении без повторений». Однако строго это свойство было доказано в эффекте Еськова-Зинченко (отсутствие статистической устойчивости выборок в биомеханике). В итоге, мы доказываем что главным свойством мозга является статистический хаос. Этот отличают от динамического хаоса Лоренца и он требует изучения и создания адекватных математических моделей. Сейчас такие модели отсутствуют в современных науках о мозге, т.к. не учитывается реальный статистический хаос таких биосистем. Мы нуждаемся в новых моделях и в новой теории нейросетей мозга, которые основаны на реальных свойствах нейросетей.

Ключевые слова: нейросети, стохастика, эффект Еськова-Зинченко.

WHAT ARE THE MAIN PROPRIETIES OF BRAIN NEURON NETWORKS?

V.F. PYATIN¹, S.V. MAKEEVA², D.YU. KHVOSTOV², A.V. MILLER², A.A. CHERTIZHEV²¹Samara State Medical University, st. Chapaevskaya, 89, Samara, Russia, 443099²Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. Construction of artificial neuron networks is connected with using of real neural networks property. Some of such property lay down the foundation of artificial neuron networks but the main property of the brain is not use for neuroemulator construction. N.A. Bernshtein in 1947 the property declare as a hypotheses about «repetition without repetition» in biomechanics. But the property was presented only the Eskov-Zinchenko effect. The effect based on stochastic instability of any samples of biological systems. It is real property of brain networks and its not equal to famous Lorenz dynamical chaos. Now modern science does not research such stochastic instability and any such model is not effective. We need new models and new theory of brain networks witch are based on real chaotic property.

Key words: neural networks, chaos, stochastic, the Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Традиционные науки о мозге и, в частности, различные теории нейросетей мозга, используют статистические методы в изучении таких объектов. Последние годы производятся неоднократные попытки использования моделей динамического хаоса Лоренца в описании нейросетей мозга и функциональных систем организма, которые этими системами управляются [1-5, 11, 17, 24, 26, 32, 33]. Однако следует отметить, что еще в 1947 году Н.А. Бернштейн в биомеханике ввел гипотезу о «повторении без повторений» [7]. Позже W.Weaver вообще вводит общую

классификацию систем [34], в которой все биосистемы включают (и мозг человека тоже) в особые системы 3-го типа (СТТ). Поскольку за последние 30-40 лет активно развивается общая теория complexity, то возникает принципиальный вопрос: что следует относить к complexity или как complexity можно охарактеризовать? Являются ли complexity нейросети мозга человека?

Напомним, что еще в девяностых годах S. Lloyd [31] пытался дать определение complexity в виде более 30-ти формулировок, но эта проблема открыта и

до настоящего времени. Можно ли изучать нейросети мозга (НСМ) в рамках традиционной детерминистской или стохастической науки? Насколько нейросети могут быть объектом традиционной детерминистской или стохастической науки (ДСН)? Ответы на эти вопросы мы представляем в настоящем сообщении с позиций именно стохастического подхода и в рамках новой теории хаоса-самоорганизации (ТХС) [6, 9-19, 27, 28].

1. Фундаментальное свойство нейросетей мозга. Главная и первая проблема complexity для НСМ – это отсутствие статистической устойчивости выборок электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Напомним, что статистический анализ в различных формах сейчас активно применяется во всей теории нейросетей мозга. Особенно активно он применяется в изучении искусственных нейросетевых систем (ИНС), в разработках различных нейроэмуляторов. По замыслу основателей теории искусственных нейросетей ученые должны максимально использовать свойства реальных нейронных сетей мозга.

В рамках такого подхода используются различные статистические методы построения искусственных и реальных нейросетей [8, 15, 17-19, 23, 24, 30, 37]. Известны пороговые свойства синапсов в ИНС, свойство коммуникативности, используются в ИНС повторы настройки. Все эти свойства составляет основу различных моделей искусственных нейросетей. Однако, существует еще одно крайне важное свойство, которое пока никем не изучается в науках о мозге и не используется в работе искусственных нейросетей. Более того, это свойство пока никем не признается, т.к. связано с эффектом Еськова-Зинченко в биомеханике [1-6, 16-21, 25, 37-39].

Это свойство способно коренным образом изменить наше представление и о мозге. Методы исследования реальных нейросетей мозга требуют создания нового направления в разработке нейроэмуляторов и общей теории искусственных нейросетей. Речь идет о хаотической работе реальных нейросетей мозга человека, которые должны иметь и ИНС. Подчеркнем, что

речь идет не о динамическом хаосе Лоренца, который не имеет никакого отношения к работе нейросетей мозга и ИНС. Статистический хаос в НСМ в виде нового эффекта Еськова-Зинченко (ЭЭЗ) [18-23] доказан в биомеханике.

Сейчас новая теория ИНС базируется на отсутствии статистической устойчивости выборок треморограмм (ТМГ), которая регистрируется у одного и того же испытуемого, находящегося в одном неизменном физиологическом состоянии [7-12, 17, 35-39] и в динамике ЭЭГ. Это означает, что любая выборка ТМГ или ЭЭГ является уникальной. Невозможно статистически повторить ТМГ и мы это доказываем и для электроэнцефалограмм (ЭЭГ), которые регистрируется у одного и того же испытуемого в его неизменном физиологическом и психическом состоянии. Для доказательства ЭЭЗ на примере биопотенциалов мозга мы регистрируем 15 выборок ЭЭГ с одной и той же точки поверхности мозга у одного и того же испытуемого подряд в спокойном состоянии. Сигналы ЭЭГ квантуются с частотой 100 герц, полученные файлы (500 точек в каждом файле) сравнивались попарно статистически.

Строились таблицы (матрицы) парных сравнений этих выборок, в которые заносились значения критерия Вилкоксона P . Если $P \geq 0,05$, то такие две выборки могли иметь одну общую генеральную совокупность, они считались статистически совпадающими. Для группы эти выборки доказывали отсутствие однородности выборок, если таких значений пар выборок было невелико. Это означает, что большинство сравниваемых пар статистически не совпадают, т.е. они не имеют одну общую генеральную совокупность ($P < 0,05$) [1-6, 12-21, 27-39]. Это доказывает и ЭЭЗ, т.е. отсутствие статистической устойчивости выборок ЭЭГ [25, 35-39].

В качестве примера, доказывающего отсутствие статистической устойчивости выборок ЭЭГ одного и того же испытуемого в неизменном психическом состоянии, мы представляем таблицу 1. Здесь представлена матрица парных

сравнений выборок, в которой в качестве элементов P_{ij} – значения критерия Вилкоксона. Напомним, что если $P \geq 0,05$, то такая сравниваемая пара выборок ЭЭГ может иметь одну общую генеральную совокупность. Иными словами, эта пара может статистически совпадать. При $P < 0,05$ выборки ЭЭГ статистически не совпадают. В таблице 1 число пар статистически совпадающих выборок ($P \geq 0,05$) невелико ($k < 35\%$). Это доказывает эффект Еськова-Зинченко, т.е. отсутствие статистической устойчивости выборок ЭЭГ.

Поскольку подобные повторы измерений мы делали несколько сотен и построили много подобных матриц парных сравнений выборок, то сейчас можно уверенно сказать, что во всех случаях, во всех испытаниях мы имели $k < 35\%$. Иными словами, доля стохастики в матрицах парных сравнений выборок ЭЭГ не превышает 35%, 2/3 пар показывают статистическое несовпадение. Отсюда вывод: мозг человека в спокойном состоянии не является объектом статистической теории, т.к. демонстрирует эффект Еськова-Зинченко [12-21, 25, 35-39].

Таблица 1

Матрица парного сравнения ЭЭГ одного и того же здорового человека (число повторов $N=15$) в период релаксации в отведении *T6-Ref*, (критерий Вилкоксона, значимость $p < 0,05$, число совпадений $k=33$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,32	0,05	0,10	0,64	0,01	0,55	0,00	0,28	0,31	0,00	0,90	0,00	0,00
2	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	0,58
3	0,32	0,00		0,75	0,00	0,03	0,67	0,19	0,00	0,01	0,30	0,02	0,10	0,00	0,00
4	0,05	0,00	0,75		0,00	0,07	0,83	0,00	0,00	0,00	0,06	0,03	0,04	0,00	0,00
5	0,10	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,41	0,38	0,66	0,03	0,00	0,21	0,00	0,00
6	0,64	0,00	0,03	0,07	0,00		0,21	0,86	0,00	0,21	0,52	0,00	0,66	0,00	0,00
7	0,01	0,00	0,67	0,83	0,00	0,21		0,02	0,00	0,00	0,01	0,19	0,00	0,00	0,00
8	0,55	0,00	0,19	0,00	0,41	0,86	0,02		0,08	0,93	0,15	0,00	0,97	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,08		0,06	0,00	0,00	0,07	0,00	0,01
10	0,28	0,00	0,01	0,00	0,66	0,21	0,00	0,93	0,06		0,00	0,00	0,36	0,00	0,00
11	0,31	0,00	0,30	0,06	0,03	0,52	0,01	0,15	0,00	0,00		0,00	0,05	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,90	0,00	0,10	0,04	0,21	0,66	0,00	0,97	0,07	0,36	0,05	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		0,00
15	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

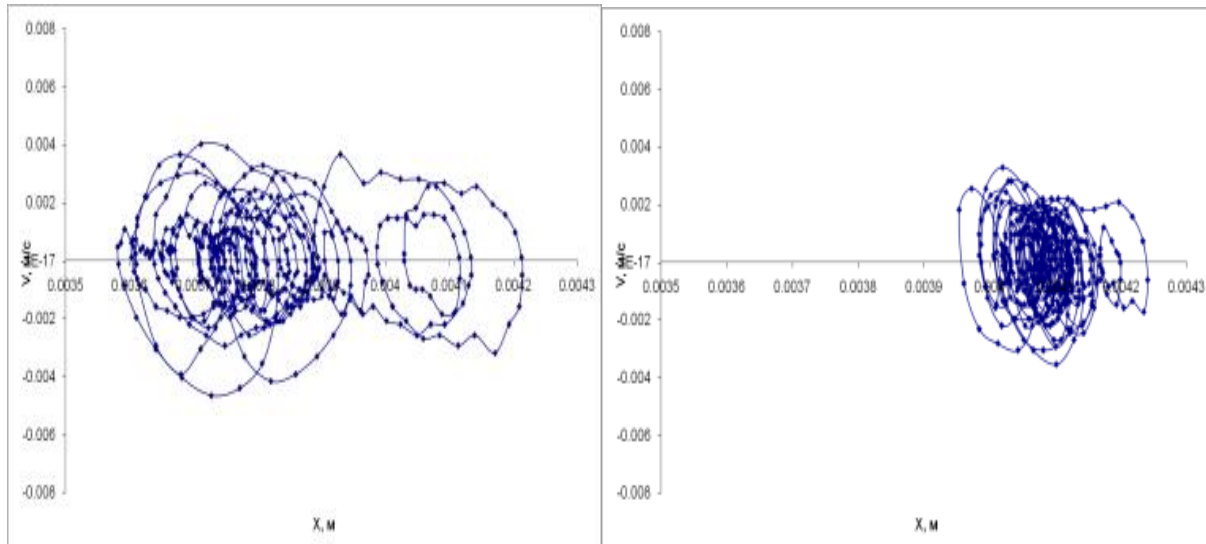
Во всех случаях нейросети генерируют хаос, который отличен от динамического хаоса Лоренца [1-6, 9, 18, 25, 27, 28]. Существуют ли другие инварианты в эффекте Еськова-Зинченко? Матрицы вида таблицы 1 доказывают отсутствие статистической устойчивости ЭЭГ. В науках о мозге возникает глобальная проблема сравнения ЭЭГ для одного и того же человека (или для группы). Если испытуемый находится в неизменном психическом состоянии и генерирует уникальные выборки, то как сравнивать ЭЭГ с позиций стохастики? Для создания новой теории complexity для НСМ и построения новой теории ИНС нам следует

учитывать наличие статистического хаоса в виде ЭЭЗ (см. таблицу 1).

2. Аналог принципа Гейзенберга для живых систем. Из физики известно, что в принципе неопределенности Гейзенберга накладываются ограничения в виде неравенства на фазовые координаты x_1 – перемещение и $x_2 = dx/dt$ – скорость этого перемещения [1-6, 18, 19]. Действительно, в квантовой механике мы имеем неравенство: $\Delta x_1 \cdot \Delta(x_2 m) \geq h/4\pi$. Если масса m частицы не изменяется (при малых скоростях), то ее можно перенести вправо и получим ограничения на фазовые координаты вектора состояния частицы $x = (x_1, x_2)^T$ в виде: $\Delta x_1 \cdot \Delta x_2 \geq h/(4\pi m)$. Сейчас в новой теории ТХС [7-12, 18-23] мы также

вводим ограничения в виде системы неравенств на фазовые координаты x_1 и x_2 . Однако теперь x_2 измеряет скорость изменения биопотенциалов мозга $x_1(t)$. Эти ограничения уже имеют систему неравенств: $Z_{max} \geq \Delta x_1 \cdot \Delta x_2 \geq Z_{min}$. Здесь Z_{max} и Z_{min} - это некоторые константы для данного испытуемого, находящегося в

одном неизменном психическом состоянии. Эти константы находим исходя из наблюдаемых ЭЭГ. Всегда Z_{min} можно взять как $Z_{min}=0$, а Z_{max} определяется как произведение вариационных размахов для переменных x_1 и x_2 для данной выборки ЭЭГ.



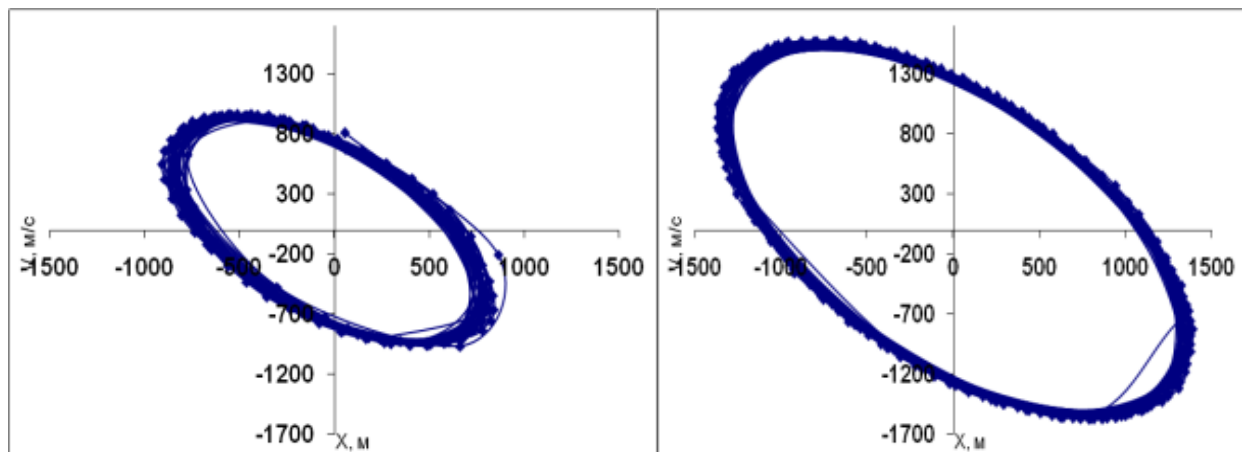
$S_1 = 3,03 * 10^8$
А

$S_2 = 4,77 * 10^8$
В

Рис. 1. Фазовые траектории и их ПА для одного и того же испытуемого: А – в период релаксации; В – в период фотостимуляции

Для иллюстрации этого тезиса мы вводим понятия фазовая плоскость,

фазовый портрет и площадь S псевдоаттрактора [1-6, 12-22, 25].



$S^n_1 = 3423789$
А

$S^n_2 = 8700052$
В

Рис. 2. Фазовые траектории движения вектора $(x=(x_1, x_2)^T)$ для ЭЭГ (испытуемый с эпилепсией) в период: А - релаксации (спокойное состояния), $S^n_1 = 3423789$ у.е.; В – при фотостимуляции, $S^n_2 = 8700052$ у.е. По оси абсцисс откладываются величины измеряемых ЭЭГ x_1 (в мкВ), а по оси ординат - скорости $x_2(t)$ изменения этих же ЭЭГ ($x_2 = dx_1/dt = V$) в отведение Т4-Т6

Действительно, движение вектора $x(t)$ происходит на фазовой плоскости и тогда любая выборка из 500 точек будет описываться фазовым портретом (см. рис.1) на плоскости x_1, x_2 . По координатам x_1 и x_2 мы можем построить траекторию движения этого вектора $x(t)$ для данной выборки ЭЭГ. Эти фазовые траектории будут ограничены некоторым прямоугольником со сторонами Δx_1 и Δx_2 (вариационный размах для x_1, x_2). На рисунке 1-а мы имеем характерный пример фазового портрета до начала фотостимуляции, в спокойном состоянии. После фотостимуляции (с частотой 10 Гц) мы имеем фазовый портрет на рисунке 1-б. Здесь площадь псевдоаттрактора S_2 уменьшилась от исходной на рисунке 1-а. Площадь $S_1=3,03*10^8$ у.е., а $S_2=4,77*10^8$ у.е.

В итоге мы можем сейчас говорить, что фотостимуляция приводит к уменьшению площади S для ПА у испытуемого. Мы повторяли такие испытания многократно и всегда получали уменьшения площади S для ПА здорового испытуемого. Наоборот, у больного эпилепсией человека внешние фотостимуляции приводят к резкому увеличению площади S . Для этого представляем рисунок 2, где для сравнения представлены два фазовых портрета ЭЭГ больного эпилепсией (до 2-а и после фотостимуляцией – 2-б). В итоге мы можем сейчас говорить, что значение площади S является достоверным показателем состояния испытуемого (пациента), находящегося в норме или при патологии.

Заключение. Установлено отсутствие статистической устойчивости выборок ЭЭГ с позиций стохастики в отношении испытуемого в спокойном состоянии. Один и тот же испытуемый способен генерировать непрерывно изменяющиеся выборки параметров ЭЭГ. У всех испытуемых матрицы парных сравнений выборок показывают эффект Еськова-Зинченко, т.е. статистическую неустойчивость выборок.

Статистический метод становится неэффективным. Переход к фазовой плоскости вектора $x=(x_1, x_2)^T$ для ЭЭГ обеспечивает построение фазовых портретов и можно находить площади S

псевдоаттракторов. Эти площади S могут характеризовать психическое и физиологическое состояние испытуемого. Эти S для псевдоаттракторов могут использоваться в медицине и для изучения НСМ и ИНС, которые находятся в непрерывном хаотическом режиме. Любая выборка ЭЭГ будет уникальной, а с уникальными выборками статистика не может работать. Мы предлагаем рассчитывать параметры псевдоаттракторов, которые получаются по одной выборке ЭЭГ.

Благодарности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ».

Литература

1. Галкин В.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Кирасирова Л.А., Кульчицкий В.А. Существует ли стохастическая устойчивость выборок в нейронауках? // *Новости медико-биологических наук.* – 2020. – Т.20, №3. – С.126-132.
2. Еськов В. М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // *Успехи кибернетики.* – 2020. – Т.1, №1 -. С.64-72.
3. Еськов В.М., Пятин В.Ф., Еськов В.В., Миллер А.В., Веденев В.В. Существуют ли отличия между произвольными и непроизвольными движениями? // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2020. – Т. 27. – № 3. – С. 88-91.
4. Мирошниченко И.В., Григоренко В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С. Инварианты параметров систем третьего типа. // *Сложность. Разум. Постнеклассика.* – 2020. – № 1. – С.58-66.
5. Хадарцев А.А., Зинченко Ю.П., Галкин В.А., Шакирова Л.С. Эргодичность систем третьего типа. // *Сложность. Разум. Постнеклассика.* – 2020. – № 1. – С.67-75.

6. Филатов М.А., Нувальцева Я.Н., Оразбаева Ж.А., Афаневич К.А. Медицинская кибернетика и биофизика с позиций общей теории систем. // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – Т. 27. – № 2. – С.116-119.
7. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
8. Churchland M.M., Shenoy K.V. Temporal complexity and heterogeneity of single-neuron activity in premotor and motor cortex. // Journal of Neurophysiology. – 2007. – Vol.7. – Pp. 4235-4257.
9. 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. – No. 69 (5). – Pp. 406-411.
10. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
11. 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(2). – Pp. 140-152.
12. 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(2). – Pp. 143-154.
13. 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(3). – Pp. 309-317.
14. 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. 62(5), pp. 809-820.
15. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vokhmina Y.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical physics. – 2017. – Vol. 62(11). – Pp. 1611-1616.
16. Eskov V. V., Beloshchenko D. V., Bazhenova A. E., Zhivaeva N. V. The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women. // Human Ecology. 2018. – № 9. – Pp.42-47.
17. Eskov V.V Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Heuristic work of the brain and artificial neural networks. // Biophysics. – 2019. – Vol. 64. – No. 2. – Pp. 125–130.
18. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
19. Eskov V.V., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Vochmina Yu.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems. // Moscow University Physics Bulletin. – 2019. – 74, No. 1. – Pp. 57–63.
20. Eskov, V.M. Gudkov, A.B., Filatov, M.A. Eskov, V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. – 2019.– №10 –Pp. 41-49.
21. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S. Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // Human Ecology. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
22. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // Human Ecology. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
23. Filatova O.E. Measurement and control facilities for investigating neuron systems // Measurement techniques. – 1998. – Vol. 41(3). – Pp. 229-232.
24. Filatova O.E. Standardizing measurements of the parameters of mathematical models of neural networks // Measurement techniques. – 1997. – Vol. 40(1). – Pp. 55-59.
25. 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.
26. Friston KJ, FitzGerald T, Rigoli F, Schwartenbeck P, Pezzulo G. Active inference: a process theory. / *Neural Computer* – 2016. – Vol. 29 – Pp. 1–49.
 27. Grigorenko V.V., Eskov V.M., Nazina N.B., Egorov A.A. Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1515. Pp. 052027
 28. Grigorenko V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Egorov A.A., Nazina N.B. New information technologies in the estimation of stationary modes of the third type systems // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – Vol. 862. – Pp. 052034
 29. Khadartseva K. A., Filatov M. A., Melnikova E. G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North. // *Human Ecology*. – 2020. – №7 – Pp. 27-31.
 30. Leonov B. I., Grigorenko V. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., 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
 31. Lloyd, S., *Programming the Universe: A Quantum Computer Scientist Takes On the Cosmos*, Knopf, March 14, 2006. – 240 p.
 32. Prigogine I.R. The philosophy of instability // *Futures*. –1989. – Pp. 396-400.
 33. Sussillo D., Churchland M.M., Kaufman M.T., Shenoy K.V. A neural network that finds a naturalistic solution for the production of muscle activity. // *Nature. – Neuroscience*. – 2015. – Vol. 18. – Pp. 1025-1033.
 34. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
 35. 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. 163 (1). – P. 4–8.
 36. 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 (2). – P. 115–117.
 37. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 168 (7). – P. 5–9.
 38. 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 (4). – Pp. 415–418.
 39. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 167 (4). – P. 419-423.

References

1. Galkin V.A., Eskov V. V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kulchiczkiy V.A. Sushhestvuet li stoxasticheskaya ustojchivost vyborok v nejronaukax? [Is there a stochastic stability of the samples in the neurosciences?] // *Novosti mediko-biologicheskix nauk* [News of biomedical sciences]. – 2020. – Vol.20, No 3. – S.126-132.
2. Eskov V. M., Pyatin V.F., Bashkatova Yu.V. Medicinskaya i biologicheskaya kibernetika: perspektivy razvitiya. [Medical and biological cybernetics: perspectives of development]. // *Uspexi kibernetiki* [Russian journal of cybernetics]. – 2020. – Vol.1, No 1 -. S.64-72.
3. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Miller A.V., Vedenev V.V. Sushhestvuyut li otlichiya mezhdru proizvolnymi i neproizvolnymi dvizheniyami? [Are the distinctions between voluntary and involuntary movement?] // *Vestnik novyx*

- medicinskix texnologij [Journal of new medical technologies]. – 2020. – Vol. 27. – No 3. – S. 88-91.
4. Mirosnichenko I.V., Grigorenko V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S. Invarianty parametrov sistem tret'ego tipa [Invariants of the parameters of systems of the third type] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – No. 1. – S. 58-66.
 5. Khadartsev A.A., Zinchenko Yu.P., Galkin V.A., Shakirova L.S. Ergodichnost' sistem tret'ego tipa [Ergodicity of systems of the third type] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2020. – No. 1. – S. 67-75.
 6. Filatov M.A., Nuvalceva Ya.N., Orazbaeva Zh.A., Afanovich K.A. Medicinskaya kibernetika i biofizika s pozicij obshej teorii sistem. [Systems theory: medical cybernetics and biophysics]. // Vestnik novyx medicinskix texnologij [Journal of new medical technologies]. – 2020. – Vol. 27. – No 2. – S.116-119.
 7. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
 8. Churchland M.M., Shenoy K.V. Temporal complexity and heterogeneity of single-neuron activity in premotor and motor cortex. // Journal of Neurophysiology. – 2007. – Vol.7. – Pp. 4235-4257.
 9. 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. – No. 69 (5). – Pp. 406-411.
 10. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement techniques. – 2014. – Vol. 57(6). – Pp. 720-724.
 11. 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(2). – Pp. 140-152.
 12. 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(2). – Pp. 143-154.
 13. 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(3). – Pp. 309-317.
 14. 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. 62(5), pp. 809-820.
 15. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vokhmina Y.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical physics. – 2017. – Vol. 62(11). – Pp. 1611-1616.
 16. Eskov V. V., Beloshchenko D. V., Bazhenova A. E., Zhivaeva N. V. The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women. // Human Ecology. 2018. – № 9. – Pp.42-47.
 17. Eskov V.V Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K., Heuristic work of the brain and artificial neural networks. // Biophysics. – 2019. – Vol. 64. – No. 2. – Pp. 125–130.
 18. Eskov V.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K., Vochmina Y.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // Moscow university physics bulletin. – 2019. – Vol. 74(1). – Pp. 57-63.
 19. Eskov V.V., Filatova D.Yu., Ilyashenko L.K., Vochmina Yu.V. Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems. // Moscow University Physics Bulletin. – 2019. – 74, No. 1. – Pp. 57–63.
 20. Eskov, V.M. Gudkov, A.B., Filatov, M.A. Eskov, V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. – 2019.– №10 –Pp. 41-49.
 21. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Melnikova E.G., Shakirova L.S.

- Homogeneity of the parameters of the cardiointervals in school children after north-south travel. // *Human Ecology*. – 2020. – №1 – Pp. 6-10.
22. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The concept of uniformity of a group in human ecology // *Human Ecology*. – 2020. – №2 – Pp. 40-44.
23. Filatova O.E. Measurement and control facilities for investigating neuron systems // *Measurement techniques*. – 1998. – Vol. 41(3). – Pp. 229-232.
24. Filatova O.E. Standardizing measurements of the parameters of mathematical models of neural networks // *Measurement techniques*. – 1997. – Vol. 40(1). – Pp. 55-59.
25. 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.
26. Friston KJ, FitzGerald T, Rigoli F, Schwartenbeck P, Pezzulo G. Active inference: a process theory. / *Neural Computer* – 2016. – Vol. 29 – Pp. 1–49.
27. Grigorenko V.V., Eskov V.M., Nazina N.B., Egorov A.A. Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1515. Pp. 052027
28. Grigorenko V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Egorov A.A., Nazina N.B. New information technologies in the estimation of stationary modes of the third type systems // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – Vol. 862. – Pp. 052034
29. Khadartseva K. A., Filatov M. A., Melnikova E. G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North. // *Human Ecology*. – 2020. – №7 – Pp. 27-31.
30. Leonov B. I., Grigorenko V. V., Eskov V. M., Khadartsev A. A., 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
31. Lloyd, S., *Programming the Universe: A Quantum Computer Scientist Takes On the Cosmos*, Knopf, March 14, 2006. – 240 p.
32. Prigogine I.R. The philosophy of instability // *Futures*. –1989. – Pp. 396-400.
33. Sussillo D., Churchland M.M., Kaufman M.T., Shenoy K.V. A neural network that finds a naturalistic solution for the production of muscle activity. // *Nature – Neuroscience*. – 2015. – Vol. 18. – Pp. 1025-1033.
34. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
35. 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. 163 (1). – P. 4–8.
36. 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 (2). – P. 115–117.
37. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of statistical instability of electroencephalograms // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 168 (7). – P. 5–9.
38. 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 (4). – Pp. 415–418.
39. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2019. – Vol. 167 (4). – P. 419-423.