

DOI: 10.12737/2306-174X-2025-4-16-22

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В НЕЙРОСЕТЯХ МОЗГАМ.А. ФИЛАТОВ¹, Р.Р. ВАЛЕЕВА¹, А.Ш. МАТАЕВА¹, Р.В.ЧИРКОВА², М.И. ЧЕБЕРЯК²¹БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный педагогический университет», ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, Сургут, Россия, 628417

Аннотация. В современной электрофизиологии широко используется метод анализа спектральных плотностей сигнала (например, электроэнцефалограмм). Возникает вопрос о реальности периодичности биопотенциалов мозга. Цель исследования: проверка статистической устойчивости биопотенциалов мозга человека. Объект и методы: в группе из 15-ти человек в спокойном состоянии многократно повторялась регистрация электроэнцефалограмм с одной и той же точки отведения. Для каждого испытуемого строилась матрица парных сравнений выборок электроэнцефалограмм и находились (в этих матрицах) числа k пар, которые имеют одну (общую) генеральную совокупность, при этом критерий Вилкоксона $p > 0,05$. Результаты: многочисленные повторные регистрации электроэнцефалограмм одного и того же испытуемого (в его неизменном состоянии) не могут демонстрировать статистического совпадения получаемых выборок электроэнцефалограмм (они почти все разные). Выводы: биопотенциалы мозга не могут демонстрировать периодическую повторяемость, доля статистических совпадений их около 30%, а для спектральных плотностей сигнала (электроэнцефалограмм) доля стохастики поднимается до 50% (и не более).

Ключевые слова: электроэнцефалограммы, биопотенциалы мозга, матрицы парных сравнений, хаос.

POSSIBILITIES OF PERIODIC PROCESSES IN NEURAL NETWORKS OF THE BRAINМ.А. FILATOV¹, R.R. VALEEVA¹, A.SH. MATAEVA¹, R.V.CHIRKOVA², M.I. CHEBERYAK²¹Surgut State University, Lenin Ave., 1, Surgut, Russia, 628408²Surgut State Pedagogical University, st. 50 let VLKSM, 10/2, Surgut, Russia, 628417

Abstract. In modern electrophysiology, the method of spectral density signal analysis is widely used (for example, for electroencephalograms). A question arises about the reality of periodicity of brain biopotentials. Research objective: to verify the statistical stability of human brain biopotentials. Object and methods: in a group of 15 people in a resting state, electroencephalogram recordings were repeatedly taken from the same electrode site. For each subject, a matrix of pairwise comparisons of electroencephalogram samples was constructed, and the numbers k of pairs were found (in these matrices) that have one (common) general population, with the Wilcoxon criterion $p > 0.05$. Results: numerous repeated electroencephalogram recordings of the same subject (in their unchanged state) cannot demonstrate statistical coincidence of the obtained electroencephalogram samples (they are almost all different). Conclusions: brain biopotentials cannot demonstrate periodic repeatability; the proportion of statistical coincidences is about 30%, and for spectral signal densities (electroencephalograms), the proportion of stochastics rises to 50% (and no more).

Keywords: electroencephalograms, brain biopotentials, pairwise comparison matrices, chaos.

Введение. В 2012 г. группа ученых из университета в Стэнфорде показала, что в организации периодических движений участвуют непериодически работающие нейроны (и наоборот) [1]. В этой связи возникает общая проблема о роли периодически работающих нейронов в работе мозга и возможна ли вообще периодическая работа нейросетей мозга в целом [2-6, 12]?

Напомним, что еще в 1947 г. Н.А. Бернштейн ставил под сомнение возможность такого повторения любого

движения [2]. Он выдвинул гипотезу о том, что любое движение реализуется в режиме «повторений без повторений» [2]. Для доказательства этой гипотезы он продемонстрировал наличие пяти систем организации движений (А, В, С, D, Е), которые могут хаотическим образом включаться в организацию движений.

Учитывая все это, мы приходим к глобальной проблеме в науке о мозге: как работает мозг человека, имеются ли периодические процессы в его работе и насколько устойчива такая периодическая

активность нейросетей мозга? Для ответов на эти вопросы мы проверили статистическую устойчивость выборок электроэнцефалограмм (ЭЭГ), которые были получены от одного и того же испытуемого (находящегося в одном, неизменном физиологическом состоянии) [4, 7-10, 21].

Очевидно, что если выборки ЭЭГ статистически не повторяемые, то и говорить о периодичности в работе нейросетей мозга бессмысленно (в строгом, математическом отношении). Периодические процессы должны иметь повторяющиеся выборки ЭЭГ, их спектральные плотности сигнала (СПС), их автокорреляционные функции $A(t)$ должны статистически повторяться. Имеют ли эти все закономерности реальные ЭЭГ одного человека (в режиме многих повторений регистрации)? Ведь гипотеза Н.А. Бернштейна это все отвергает, но имеются ли серьезные доказательства этой гипотезы?

Объект и методы. Исследования проводились на группе из 15-ти человек. В спокойном состоянии (сидя) регистрировались подряд (с одних и тех же участков мозга) электроэнцефалограммы (длительность $T=5$ секунд). Эти ЭЭГ квантовались с периодом $\tau=10$ мсек. и полученные файлы (по 500 точек в каждом файле) статистически сравнивались. Для этого строились матрицы парных сравнений выборок ЭЭГ, в которых находились числа k пар, имеющих критерий Вилкоксона $p \geq 0,05$ [2, 10-13].

При $p \geq 0,05$ такая пара выборок ЭЭГ может иметь одну (общую) генеральную совокупность. В противном случае (при $p < 0,05$) эти две сравниваемые выборки статистически различаются. Очевидно, что в этом случае говорить о наличии периодических процессов невозможно. Одновременно мы для выборок ЭЭГ находили спектральные плотности сигнала (СПС) и уже полученные СПС также сравнивали на предмет их статистической схожести. При этом строились матрицы парных сравнений СПС для каждого из 15-ти испытуемых и находили число k_2 пар,

которые показывали статистические совпадения СПС (при этом $p \geq 0,05$).

Наконец, мы находили автокорреляции $A(t)$ для каждой из 15-ти выборок ЭЭГ (для каждого испытуемого из группы). Значения $A(t)$ сравнивались также как и СПС по критерию Вилкоксона, т.е. находили число пар k_3 , для которых критерий Вилкоксона $p \geq 0,05$. В итоге было построено 15 матриц парных сравнений выборок ЭЭГ, 15 матриц для СПС и 15 матриц для $A(t)$. Во всех этих матрицах мы находили числа k_1 , k_2 и k_3 соответственно, т.е. числа пар выборок ЭЭГ, СПС и $A(t)$, которые имели (каждая такая пара) одну (общую) генеральную совокупность. В этом случае $p \geq 0,05$.

Результаты исследований. Прежде всего отметим, что за последние 20 лет в биомеханике нами был доказан эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ), в котором наблюдается отсутствие статистической устойчивости любых механограмм (в частности для тремора и теппинга) [8, 11-19]. Это означает, что число статистических совпадений в матрицах парных сравнений выборок треморограмм $k_{ТР} \leq 5\%$, а для теппинга $k_{ТП} \leq 15\%$. Роль стохастики ничтожна в организации движений [3-8] и в регуляции сердечно-сосудистой системы тоже [19, 22-30].

В этой связи было бы легко предположить, что такой статистический хаос начинается на уровне центральной нервной системы, т.к. именно эта система управляет любым двигательным актом (как произвольным движением, так и непроизвольным). Поэтому проверка ЭЭГ на наличие статистического хаоса связана не только с изучением периодических процессов в нейросетях мозга, но и с хаосом в организации движений, в работе сердечно-сосудистой системы и других параметров организма [22-30]. Действительно, если построить матрицу парных сравнений выборок ЭЭГ (которые регистрируются от одного и того же испытуемого в спокойном состоянии), то мы также (как и для механограмм) регистрируем статистическую неустойчивость выборок.

Для примера мы представляем характерную матрицу парных сравнений

выборок ЭЭГ одного и того же испытуемого (в спокойном состоянии) в табл. 1. Здесь число k_I пар выборок с критерием Вилкоксона $p \geq 0,05$ тоже невелико ($k_I=33$). Но это существенно больше, чем для тремора и теппинга (в 6 и

3 раза соответственно) [9-13, 15]. Это доказывает наличие эффекта Еськова-Зинченко и для ЭЭГ, но доля стохастичности для ЭЭГ достигает уже 30% (от всех 105 пар сравнения в табл. 1).

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 $k_I=33$)

	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	

Электрэнцефалограммы более устойчивы (статистически), чем механограммы, но они все-таки статистически не устойчивы в рамках требований статистики (где k должны быть более 95%). Во всех 15-ти матрицах парного сравнения выборок ЭЭГ для всех 15-ти человек мы имеем $k_I \leq 35\%$.

Напомним, что в математической статистике процесс считается статистически устойчив, если число совпадений превышает 95%. У нас статистика имеет всего около 30%, а остальное является статистическим хаосом (ЭЭЗ).

Таблица 2

Матрица парного сравнения СПС 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 $k_2=55$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,16	0,05	0,06	0,00	0,00	0,93	0,01	0,00	0,01
2	0,00		0,47	0,00	0,85	0,71	0,00	0,00	0,06	0,86	0,65	0,00	0,25	0,00	0,59
3	0,00	0,47		0,01	0,42	0,91	0,00	0,01	0,09	0,37	0,53	0,00	0,27	0,00	0,27
4	0,11	0,00	0,01		0,02	0,01	0,12	0,31	0,96	0,00	0,02	0,05	0,13	0,00	0,10
5	0,00	0,85	0,42	0,02		0,18	0,00	0,02	0,06	0,98	0,14	0,00	0,03	0,00	0,06
6	0,00	0,71	0,91	0,01	0,18		0,00	0,06	0,01	0,64	0,23	0,00	0,08	0,00	0,34
7	0,16	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00		0,27	0,12	0,00	0,00	0,53	0,00	0,02	0,01
8	0,05	0,00	0,01	0,31	0,02	0,06	0,27		0,73	0,02	0,05	0,16	0,22	0,00	0,42
9	0,06	0,06	0,09	0,96	0,06	0,01	0,12	0,73		0,15	0,37	0,14	0,10	0,00	0,49
10	0,00	0,86	0,37	0,00	0,98	0,64	0,00	0,02	0,15		0,46	0,00	0,13	0,00	0,38
11	0,00	0,65	0,53	0,02	0,14	0,23	0,00	0,05	0,37	0,46		0,00	0,53	0,00	0,49
12	0,93	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,53	0,16	0,14	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,01	0,25	0,27	0,13	0,03	0,08	0,00	0,22	0,10	0,13	0,53	0,00		0,00	0,54
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,01	0,59	0,27	0,10	0,06	0,34	0,01	0,42	0,49	0,38	0,49	0,00	0,54	0,00	

В задачи нашего исследования входила проверка биоэлектрической активности мозга (на примере ЭЭГ) на предмет

периодичности. Для этого мы получали спектральные плотности сигнала (СПС) быстрым преобразованием Фурье, и

полученные выборки СПС (по 15 штук для каждого испытуемого, т.е. рассчитывали СПС для ЭЭГ) сравнивали попарно в виде матрицы. В результате было получено 15 матриц парного сравнения СПС (для 15-ти испытуемых). Одну, характерную такую матрицу мы представляем в табл. 2.

Здесь число k_2 пар сравнения СПС, для которых критерий Вилкоксона (для непараметрического распределения) $p \geq 0,05$, уже несколько больше, чем k_1 для ЭЭГ. Однако в любом случае $k_2 \leq 55\%$ от всех 105 пар (в табл. 2). Очевидно, что и это весьма малая величина (напомним, что необходимо $p \geq 0,95$ в статистике). Учитывая такие результаты, мы можем говорить о том, что генерация биопотенциалов (ЭЭГ) характеризуется также отсутствием статистической устойчивости.

Это означает, что на каждом интервале времени $T=5$ сек. у одного и того же испытуемого в его неизменном физиологическом состоянии мы не можем получить одинаковый спектр частот ЭЭГ.

Этот спектр изменяется от выборки к выборке для одного испытуемого в его неизменном физиологическом состоянии. Нет устойчивой генерации периодических сигналов ЭЭГ (их СПС). Это доказывает в итоге отсутствие периодичности (повторяемости) в генерации активности нейросетей мозга. Для периферических сигналов мы в любом случае должны бы были получить повторяющиеся СПС и совпадающие выборки ЭЭГ и СПС.

Подтверждением этого тезиса является и построение 15-ти матриц парных сравнений автокорреляций (по одной матрице для 15-ти $A(t)$ для одного (каждого) испытуемого). В табл. 3 мы представляем характерную такую матрицу для того же испытуемого (что и в табл. 2). Очевидно, что здесь число k_3 пар $A(t)$, которые имеют критерий Вилкоксона $p \geq 0,05$, несколько меньше, чем для СПС, но это число тоже весьма невелико (во всех 15-ти матрицах для $A(t)$ имеем $k_3 \leq 40\%$).

Таблица 3

Матрица парного сравнения автокорреляций $A(t)$ 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 $k_3=54$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,92	0,02	0,82	0,81	0,01	0,00	0,92	0,67	0,99	0,82	0,00	0,00	0,74	0,67
2	0,92		0,18	0,25	0,28	0,00	0,00	0,77	0,80	0,64	0,99	0,01	0,01	0,74	0,68
3	0,02	0,18		0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,28	0,08	0,07	0,75	0,00	0,02	0,02
4	0,82	0,25	0,01		0,90	0,04	0,01	0,55	0,22	0,26	0,40	0,00	0,03	0,43	0,83
5	0,81	0,28	0,03	0,90		0,02	0,01	0,91	0,08	0,24	0,83	0,00	0,01	0,22	0,87
6	0,01	0,00	0,00	0,04	0,02		0,25	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,02	0,04
7	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,25		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,02
8	0,92	0,77	0,01	0,55	0,91	0,01	0,00		0,26	0,27	0,78	0,00	0,01	0,90	0,95
9	0,67	0,80	0,28	0,22	0,08	0,00	0,00	0,26		0,83	0,77	0,08	0,00	0,78	0,19
10	0,99	0,64	0,08	0,26	0,24	0,00	0,00	0,27	0,83		0,49	0,01	0,00	0,52	0,32
11	0,82	0,99	0,07	0,40	0,83	0,00	0,00	0,78	0,77	0,49		0,02	0,00	1,00	0,66
12	0,00	0,01	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,02		0,00	0,01	0,01
13	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,82	0,51	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		0,01	0,01
14	0,74	0,74	0,02	0,43	0,22	0,02	0,00	0,90	0,78	0,52	1,00	0,01	0,01		0,73
15	0,67	0,68	0,02	0,83	0,87	0,04	0,02	0,95	0,19	0,32	0,66	0,01	0,01	0,73	

Таким образом, как сами выборки ЭЭГ, так и их спектральные плотности сигнала (СПС) и автокорреляции ($A(t)$) не демонстрируют статистическую устойчивость. Во всех этих матрицах парных сравнений выборок (см. табл. 1, 2, 3) ЭЭГ, СПС и $A(t)$ мы имеем весьма низкие значения доли статистических совпадений. Многие выборки статистически не совпадают (для них

имеем $p < 0,05$) и это доказывает отсутствие статистической устойчивости и отсутствие периодичности в генерируемых сигналах мозга в виде ЭЭГ.

Возникает закономерный вопрос: как дальше использовать стохастические методы, если любая выборка ЭЭГ (их СПС и $A(t)$) имеет уникальный (исторический) характер. Любую такую выборку мы не можем произвольно (статистически)

повторить. Тем более она не повторима в рамках функционального анализа (т.е. детерминизма). Возникает острая потребность для наук о мозге в поиске других инвариант, т.к. статистические функции $f(x)$, СПС и $A(t)$ уже не работают (они уникальны).

Для выхода из возникающего кризиса в *brain research* мы предлагаем другие методы анализа и другие модели для описания активности нейросетей мозга. Эти методы основаны на новой теории хаоса-самоорганизации, где мы оперируем матрицами парных сравнений выборок (см. табл. 1, 2, 3) и расчетом параметров псевдоаттракторов для фазовых координат $x_1(t)$ – величина биопотенциалов (ЭЭГ) и $x_2(t)=dx_1/dt$ – скорость изменения $x_1(t)$ [3-8, 10-21].

Заключение. Проверка гипотезы Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений» и выводов группы ученых университета в Стэнфорде показала, что выборки ЭЭГ (полученные от одного и того же испытуемого, от неизменного места отведения на поверхности мозга) не могут продемонстрировать статистической устойчивости. Доля стохастики в генерации биопотенциалов мозга (ЭЭГ) не превышает 30-35% (от всех 105 разных пар сравнения в матрицах подобных табл. 1).

Более того, попарное сравнение спектральных плотностей сигнала (т.е. ЭЭГ), которые получены от одного испытуемого в неизменном эксперименте, также показывают низкий процент совпадения ($k_2 \leq 55\%$ для СПС). Низкий уровень статистических совпадений показывают и автокорреляции $A(t)$ для одного и того же испытуемого. Мозг работает в режиме особого статистического хаоса (статистической неустойчивости).

Все это доказывает, что генерируемые биопотенциалы мозга (ЭЭГ) имеют характер статистического хаоса, они статистически неустойчивы. Нет строго периодических сигналов, выборки ЭЭГ постоянно и непрерывно изменяются, любая выборка ЭЭГ уникальна (в неизменном физиологическом состоянии одного и того же человека). Как тогда дальше использовать методы стохастики в

изучении поведения нейросетей мозга, если в неизменном физиологическом состоянии (у нас состояние релаксации) мы не можем наблюдать устойчивые выборки ЭЭГ (нет устойчивости и в СПС, и в $A(t)$)?

Очевидно, вся наука о мозге подошла к новому пониманию хаоса в нейросетях мозга и требуются другие методы и модели для изучения мозга. Мы предлагаем в этой связи новую теорию хаоса-самоорганизации, где регистрируются другие инварианты и другие критерии периодичности [9, 10-21].

Литература

1. Churchland M.M, Cunningham J.P., Kaufman M.T, Foster J. D., Nuyujukian P, Ryu S. I., Shenoy K. V. Neural population dynamics during reaching // Nature. – 2012. – Vol. 487. – Pp. 51-58.
2. Bernshtein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. – 1967. – 196 p.
3. 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.
4. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
5. Пятин В. Ф., Еськов В.В. Может ли быть статичным гомеостаз? // Успехи кибернетики. – 2021. – Т. 2, №1. – С. 41-49.
6. Еськов В.М., Филатов М.А., Газя Г.В., Стратан Н.Ф. Возможности создания искусственного интеллекта на базе искусственных нейросетей // Успехи кибернетики. – 2021. – 2(3). – Стр. 44-52. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-3-6
7. Газя Г.В., Кухарева А.Ю., Мельникова Е.Г., Газя Н.Ф. Проблема эргодичности – фундаментальная проблема всех наук о живых системах. // Успехи кибернетики. – 2023. – Т. 4, №3. – С. 55–64. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-3-06

8. Еськов В.В., Газя Г.В., Кухарева А.Ю. Потеря однородности группы – вторая «великая» проблема биомедицины // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – Стр. 78-84. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-11
9. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
10. Кухарева А.Ю., Мельникова Е.Г., Байтуев И.А., Филатов М.А. Существует ли связь между «many-worlds interpretation» и «many-minds interpretation» в биокибернетике? // Успехи кибернетики. – 2023. – Т. 4, №3. – С. 101–108. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-3-11
11. Кухарева А.Ю., Еськов В.В., Еськов В.М., Воронюк Т.В., Самойленко И.С. Энтропийный подход в биомеханике // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30, № 4. – С. 122-126. – DOI 10.24412/1609-2163-2023-4-122-126
12. Еськов В.М., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Самойленко И.С. Модели эвристической работы мозга и искусственный интеллект // Успехи кибернетики. – 2023. – Т. 4, № 4. – С. 32-40. – DOI 10.51790/2712-9942-2023-4-4-03
13. Горбунов Д.В., Гавриленко А.В., Кухарева А.Ю., Манина Е.А. Возможности энтропийного подхода в оценке биомеханических параметров человека // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 1. – С. 34-39. – DOI 10.51790/2712-9942-2024-5-1-04
14. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.В., Манина Е.А. Непредсказуемость и неопределенность создают реальную Complexity // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 97-102. – DOI 10.51790/2712-9942-2024-5-2-11
15. Коннов П.Е., Соколова А.А., Воронюк Т.В., Самойленко И.С., Музиева М.И. Кардиореспираторная система жителей Югры при неинфекционных заболеваниях // Вестник новых медицинских технологий. – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 95-98. – DOI 10.24412/1609-2163-2024-1-95-98
16. Зимин М.И., Пятин В.Ф., Филатов М.А., Шакирова Л.С. Что общего между «Fuzziness» L. A. Zadeh И «Complexity» W. Weaver в кибернетике. // Успехи кибернетики. – 2022, – 3(3). – Стр.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
17. Хадарцева К.А., Филатова О.Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(3). – Стр. 92-101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10
18. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.М. Проблема выбора инвариант в биокибернетике с позиции статистики // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4). – Стр. 102-109. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-12
19. Еськов В.В., Газя Г.В., Коннов П.Е. Фундаментальные проблемы биокибернетики из-за неустойчивости выборок биосистем // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4). – Стр. 110-122. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13
20. Кухарева А.Ю., Еськов В.В., Газя Н.Ф. Гипотеза Эверетта и квантовая теория сознания // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(1). – Стр. 65-71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09.
21. Филатова О.Е., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Музиева М.И. Квантовомеханический подход в электрофизиологии // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – Стр. 68-77. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-10
22. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Волохова М.А., Самойленко И.С. Динамика поведения параметров сердечно-сосудистой системы работников нефтегазового комплекса в условиях действия электромагнитных полей. // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 5-11. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-5-15
23. Воронюк Т. В., Музиева М. И., Гриценко И. А., Галимзянова А. Д. Стохастический анализ параметров кардиоинтервалов женщин, проживающих в разных климатических

условиях // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 12-27. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-16-24

24. Коннов, П. Е., Мельникова Е. Г., Кухарева А. Три парадигмы естествознания // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 28-37. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-25-29.
25. Филатов М. А., Розенберг Г. С., Акопов Г. В. Типы регуляции (управления) в системах природы и общества // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 47-55. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-38-44
26. Галкин В.А., Еськов В.М., Еськов В.В., Шамов К.А. Потеря эргодичности – фундаментальная математическая проблема всех наук о живых системах // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 56-67. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-45-53
27. Гавриленко Т.В., Мельникова Е.Г., Кухарева А., Коннов П.Е. Физико-математическая аргументация для отрицания базовой гипотезы М.Б. Менского // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 68-79. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-54-67
28. Галкин В.А., Кухарева А., Мельникова Е.Г., Филатов М.А. Реально «великие» проблемы физики живых систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 80-88. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-68-77
29. Galkin, V.A., Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Kukhareva, A.Y. (2023). Three «Great Challenges» of Medical Informatics. In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Networks and Systems in Cybernetics. CSOC 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 723. P.328-337. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35317-8_30
30. Еськов В.М., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Мельникова Е.Г., Кухарева А.Ю. Проблема необратимости в квантовой механике и в живых системах // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 3. – С.

50-55. – DOI 10.51790/2712-9942-2024-5-3-0

References

1. Churchland M.M, Cunningham J.P., Kaufman M.T, Foster J. D., Nuyujukian P, Ryu S. I., Shenoy K. V. Neural population dynamics during reaching // Nature. – 2012. – Vol. 487. – Pp. 51-58.
2. Bernshtein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. – 1967. – 196 p.
3. Galkin V.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kul'chickij V.A. Sushchestvuet li stohasticheskaya ustojchivost' vyborok v nejronaukah? // Novosti mediko-biologicheskikh nauk [News of medical and biological sciences] [News of medical and biological sciences]. – 2020. – Т. 20, № 3. – S. 126-132.
4. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeosticheskikh sistem / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: Izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
5. Pyatin V. F., Eskov V.V. Mozhet li byt' statichnym gomeostaz? // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2021. – Т. 2, №1. – S. 41-49.
6. Eskov V.M., Filatov M.A., Gazya G.V., Stratan N.F. Vozmozhnosti sozdaniya iskusstvennogo intellekta na baze iskusstvennyh nejrosetej // Uspekhi kibernetiki. – 2021. – 2(3). – Str. 44-52. – DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-3-6
7. Gazya G. V., Kuhareva A. YU., Mel'nikova E. G., Gazya N. F. Problema ergodichnosti — fundamental'naya problema vseh nauk o zhivyh sistemah. // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – Т. 4, №3. – S. 55–64. – DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-3-06
8. Eskov V.V., Gazya G.V., Kuhareva A.YU. Poterya odnorodnosti gruppy – vtoraya «velikaya» problema biomeditsiny // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(2). – Str.

- 78-84. – DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-11
9. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
10. Kuhareva A. YU., Mel'nikova E. G., Bajtuev I. A., Filatov M. A. Sushchestvuet li svyaz' mezhdru «many-worlds interpretation» i «many-minds interpretation» v biokibernetike? // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – T. 4, №3. – S. 101–108. – DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-3-11
11. Kuhareva A. YU., Eskov V. V., Eskov V. M., Voronyuk T.V., Samojlenko I.S. Entropijnyj podhod v biomekhanike // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. – 2023. – T. 30, № 4. – S. 122-126. – DOI 10.24412/1609-2163-2023-4-122-126
12. Eskov V.M., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Samojlenko I.S. Modeli evristicheskoj raboty mozga i iskusstvennyj intellekt // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – T. 4, № 4. – S. 32-40. – DOI 10.51790/2712-9942-2023-4-4-03
13. Gorbunov D.V., Gavrilenko A.V., Kuhareva A.YU., Manina E.A. Vozmozhnosti entropijnogo podhoda v ocenke biomekhanicheskikh parametrov cheloveka // Uspekhi kibernetiki. – 2024. – T. 5, № 1. – S. 34-39. – DOI 10.51790/2712-9942-2024-5-1-04
14. Gazya G.V., Gazya N.F., Eskov V.V., Manina E.A. Nepredskazuemost' i neopredelennost' sozdayut real'nyu Complexity // Uspekhi kibernetiki. – 2024. – T. 5, № 2. – S. 97-102. – DOI 10.51790/2712-9942-2024-5-2-11
15. Konnov P.E., Sokolova A.A., Voronyuk T.V., Samojlenko I.S., Muzieva M.I. Kardiorespiratornaya sistema zhitelej YUgry pri neinfekcionnyh zabolevaniyah // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. – 2024. – T. 31, № 1. – S. 95-98. – DOI 10.24412/1609-2163-2024-1-95-98.
16. Zimin M.I., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. Chto obshchego mezhdru «Fuzziness» L. A. Zadeh i «Complexity» W. Weaver v kibernetike. // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2022, – 3(3). – Str.102-112. – DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
17. Hadarceva K. A., Filatova O. E. Novoe ponimanie stacionarnyh rezhimov biologicheskikh sistem. // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2022. – 3(3). – Str. 92-101. – DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.
18. Gazya G.V., Gazya N.F., Eskov V.M. Problema vybora invariant v biokibernetike s pozicii statistiki // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4). – Str. 102-109. – DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-12
19. Eskov V.V., Gazya G.V., Konnov P.E. Fundamental'nye problemy biokibernetiki iz-za neustojchivosti vyborok biosistem // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4). – Str. 110-122. – DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13
20. Kuhareva A.YU., Eskov V.V., Gazya N.F. Gipoteza Everetta i kvantovaya teoriya soznaniya // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(1). – Str. 65-71. – DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09
21. Filatova O.E., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Muzieva M.I. Kvantovomekhanicheskij podhod v elektrofiziologii // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(2). – Str. 68-77. – DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-10
22. Gazya G.V., Gazya N.F., Volohova M.A., Samojlenko I.S. Dinamika povedeniya parametrov serdechno-sosudistoj sistemy rabotnikov neftegazovogo kompleksa v usloviyah dejstviya elektromagnitnyh polej. // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 5-11. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-5-15
23. Voronyuk T. V., Muzieva M. I., Gricenko I. A., Galimzyanova A. D. Stohasticheskij analiz parametrov kardiointervalov zhenshchin, prozhivayushchih v raznyh klimaticheskikh usloviyah // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 12-27. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-16-24
24. Konnov, P. E., Mel'nikova E. G., Kuhareva A. Tri paradigmy

- estestvoznaniya // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 28-37. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-25-29
25. Filatova, O. E. Nauka i religiya v nastoyashchem i budushchem Rossii // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 38-46. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-30-37
26. Filatov, M. A., Rozenberg G. S., Akopov G. V. Tipy regulyatsii (upravleniya) v sistemah prirody i obshchestva // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 47-55. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-38-44
27. Galkin V. A., Eskov V.M, Eskov V. V., SHamov K. A. Poterya ergodichnosti - fundamental'naya matematicheskaya problema vseh nauk o zhivykh sistemah // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 56-67. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-45-53
28. Gavrilenko T. V., Mel'nikova E. G., Kuhareva A., Konnov P. E. Fiziko-matematicheskaya argumentatsiya dlya otricaniya bazovoj gipotezy M.B. Menskogo // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 68-79. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-54-67
29. Galkin V. A., Kuhareva A., Mel'nikova E. G., Filatov M. A. Real'no «velikie» problemy fiziki zhivykh sistem // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 80-88. – DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-68-77
30. Eskov V.M., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Mel'nikova E.G., Kuhareva A.YU. Problema neobratimosti v kvantovoj mekhanike i v zhivykh sistemah // Uspekhi kibernetiki. – 2024. – T. 5, № 3. – S. 50-55. – DOI 10.51790/2712-9942-2024-5-3-06