

I. БИМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-14

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРОВ В БИМЕДИЦИНЕ

О.Е. ФИЛАТОВА¹, В.А. ГАЛКИН¹, Ю.В. БАШКАТОВА¹, Л.С. ШАКИРОВА¹

¹ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая, 34, г. Сургут, Россия, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru

Аннотация. В настоящее время активно используют искусственные нейросети в биологии и медицине. При этом все они работают в режиме разовой настройки, когда веса (начальные W_{i0}) признаков $x_i(t)$ задаются произвольно, но одноразово. За последние 20 лет был доказан эффект Еськова-Зинченко в виде статистической неустойчивости выборок любых параметров функций организма. Это распространяется и на работу нейросетей мозга. Если применить хаос в работе искусственных нейросетей, то возникает возможность моделирования эвристической работы мозга. Искусственная нейросеть находит параметры порядка – главные диагностические признаки параметров организма. При этом решаются и задачи системного синтеза во всей биомедицине.

Ключевые слова: нейросети мозга, моделирование, эффект Еськова-Зинченко.

NEW POSSIBILITY OF NEUROCOMPUTERS IN BIOMEDICINE

О.Е. FILATOVA¹, V.A. GALKIN¹, YU.V. BASHKATOVA¹, L.S. SHAKIROVA¹

¹Federal research center for scientific research institute of system research of the Russian Academy of Sciences, Special division in Surgut, Bazovaya Str. 34, Surgut, Russia, 628400

Abstract. Now artificial neuron networks often are use in biology and medicine. But all such neuron networks are working with one time explore when we determ the weight of parameters $x_i(t)$ were of form one time (without repetition). Last 20 years was proved special Eskov-Zinchenko effect an absent of statistic stability of all human body parameters. Such effect we use for artificial neuron networks now. In this cause we use the chaotic determination of first weight of parameters $x_i(t)$. Such regime provide the modeling of heuristic work of the brain behavior. The artificial neuron networks may determ the order parameters as the main diagnostic parameter of human body. It was solution of famous systems synthesis task for biomedicine.

Key words: brain neural networks, modeling, the Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Использование искусственных нейросетей (ИНС) в режиме нейрокомпьютера, т.е. для решения различных прикладных задач, обеспечивает будущее развитие всей цивилизации. ИНС все чаще используется в распознании образов (зрительных), речи и т.д. Все это расширяет и ускоряет развитие человечества. ИНС завоевывает информационное пространство.

Однако сейчас остается область знаний, которая пока еще не поддается формализации. Речь идет о моделировании эвристической работы мозга. В этом случае человек открывает новые законы, создает новую науку и т.д. Все это пока не формализовано, т.к. теория динамических

систем (ТДС) и стохастика не могут создавать алгоритмы такой эвристической работы мозга человека [3, 5, 6, 10, 16].

Особая проблема возникает в биомедицине, где часто надо определить главные диагностические признаки $x_i^*(t)$ из многих компонент вектора состояния организма человека $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ [1-5]. В этом случае мы должны перейти из общего фазового пространства состояний (ФПС) с размерностью m к некоторому ФПС с меньшей размерностью n . Здесь должно быть: $n < m$, т.е. мы должны найти $x_i^*(t)$ – параметры порядка [3, 5, 6, 10-16].

Именно эти главные диагностические признаки называются параметрами порядка, а решение же этой задачи

(переход от m в ФПС к n , при $n \ll m$) называется системным синтезом (СС). Этот СС сейчас не формализован во всей современной детерминистской и стохастической науке (ДСН). Его формализация сейчас решена нами в рамках новой науки – теории хаоса-самоорганизации (ТХС). Эта ТХС содержит новые понятия и новые законы, которые пока не известны в ДСН [6-10, 16-24].

1. Возможности выхода за пределы ДСН.

Еще в 1947 году Н.А. Бернштейн предложил гипотезу о «повторении без повторения» в биомеханике. Чуть позже, в 1948 году *W. Weaver* вообще вывел все биосистемы (системы третьего типа – СТТ) за пределы всей современной ДСН [34]. Многие годы эти все работы полностью игнорировались во всей современной науке. Только на рубеже 20-го и 21-го веков (как и прогнозировал *W. Weaver*) была создана новая наука – ТХС [24-29, 34].

В этой ТХС мы полностью отказываемся от методов и моделей ДСН и переходим к новым понятиям и законам [30-34]. Это согласуется с теоремой *K. Gödel*, т.е. ТХС требует выхода за пределы ДСН и создания новых гипотез и новых моделей. Об этом говорил и *W. Weaver*, когда предложил всей нашей цивилизации три гипотезы: во-первых, он представил общую классификацию всех систем (и трех наук); во-вторых, он отказался от ДСН в изучении СТТ-complexity; в-третьих, он выдал научный прогноз об изучении СТТ (биосистем) на рубеже 20-го и 21-го веков (через 50 лет после публикации [34]).

В итоге человечество еще 70 лет назад могло бы создать новую науку (ТХС) и начать активно изучать биосистемы не методами детерминистской науки (ТДС) и не методами стохастики. Но этого никто не сделал, а сами эти двое ученых отказались от развития своих идей. При этом истина лежала на поверхности. Действительно, Н.А. Бернштейн предлагал проверить статистическую устойчивость выборок $x_i(t)$ параметров движений в биомеханике.

Необходимо было многократно повторять движения и их изучать [1-11].

При этом логика *W. Weaver* также прямо указывала на это. Он говорил (но сам этого не сделал): системы второго типа (СВТ) – стохастические системы – нельзя описывать одной точкой конечного состояния процесса $x(t_f)$ исследуемой биосистемы. Для изучения СВТ (*Disorganized Complexity*) нужно много раз повторять процессы и получать выборку (набор точек в ФПС – облако точек). В стохастике разработаны методы и модели, которые показывают, что с этими выборками надо делать [3-11].

Стохастика – это другая наука, она отлична от детерминизма, где одна точка может быть многократно повторена ($x(t_f)$). В стохастике $x(t_f)$ никогда не может быть повторена, если мы имеем дело с непрерывной случайной величиной (НСВ). Нужно повторять процесс и регистрировать выборки точек (облако в ФПС) [34].

Продолжая эти рассуждения (но *W. Weaver* этого не сделал) для СТТ-complexity мы уже не можем работать с одной выборкой, как с одной точкой, для СВТ нужно работать с выборками выборок, но как с ними работать? Следуя логике Н.А. Бернштейна надо эти повторные выборки (от одного испытуемого) попытаться сравнить между собой. Именно это мы и сделали 20 лет назад сначала в биомеханике, а затем и в остальных разделах биомедицины [18-27].

Многократные регистрации выборок треморограмм (ТМГ), тепшинграмм (ТПГ), электромиограмм (ЭМГ) у одного и того же человека и дальше их попарное сравнение показало, что выборки статистически не совпадают. Это было обозначено как эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ) и он был сначала доказан в биомеханике. Например, если у одного испытуемого 15 раз зарегистрировать выборки ТМГ, то можно построить матрицу парных сравнений ТМГ (например, для 15-ти выборок ТМГ) [3-11].

Мы построили тысячи таких матриц парных сравнений выборок ТМГ, ТПГ, ЭМГ и для примера приводим типичную матрицу парных сравнений выборок ТМГ одного испытуемого. Это представлено в

табл. 1. Здесь имеется всего число $k_1=3$ пар выборок ТМГ, которые статистически совпадают. В табл. 1 внесены критерии Вилкоксона $p_{i,j}$ для i -й и j -й пар сравнения. Если $p_{i,j} \geq 0,05$, то такая пара выборок имеет

одну общую генеральную совокупность. В табл. 1 таких пар $k_1=3$. Подчеркнем, что физиологическое состояние испытуемого не изменялось.

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок треморограмм (ТМГ) одного и того же человека (без нагрузки, число повторов $n=15$), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_1=3$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,51	0,00	0,00	0,01	0,70
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51		0,00	0,00	0,00	1,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	1,00	0,00	0,00	

Это доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок ТМГ. Далее мы показываем табл. 2 для 15-ти выборок ЭМГ. В табл. 2 имеются 105 разных пар сравнения ЭМГ, но только $k_2=8$ имеют критерий Вилкоксона $p_{i,j} \geq 0,05$. Остальные, более 90% пар статистически не совпадают. Мышца человека при

фиксированном (устойчивом) напряжении не может генерировать одинаковые выборки ЭМГ. Очень мало статистических совпадений ЭМГ и это доказывает ЭЕЗ и гипотезу *W. Weaver*. Уникальные выборки не могут быть объектом ДСН. Для их изучения мы сейчас разрабатываем ТХС [25-33].

Таблица 2

Матрица парного сравнения выборок электромиограмм (ЭМГ) одного и того же человека (при слабой статической нагрузке, $F_1=5Н$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий $p < 0,05$, число совпадений $k_2=8$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	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	0,00
3	0,00	0,00		0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,08		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,22	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,46	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,05	0,00	0,13	0,10	0,05	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Аналогичный результат мы имеем и при изучении работы сердца. Матрицы

парных сравнений выборок, которые регистрировались от одного испытуемого

имеют не более 15% пар статистических совпадений выборок. Остальные 85% пар обычно имеют критерий Вилкоксона

$p_{i,j} < 0,05$, т.е. они статистически не совпадают. Для примера мы представляем таблицу 3.

Таблица 3

Матрица парного сравнения выборок кардиоинтервалов (КИ) одного и того же человека (без нагрузки, число повторов $n=15$), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий $p < 0,05$, число совпадений $k_3=12$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1			0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,07	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
4	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
5	0,00	0,94	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,01	0,60	0,30	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		0,00	0,03	0,00	0,00	0,17	0,02	0,06
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00		0,40	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,03	0,40		0,00	0,00	0,25	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,17	0,01	0,25	0,00	0,00		0,00	0,04
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,83
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,83	

Эта таблица 3 является типичной таблицей из нескольких тысяч нами построенных подобных таблиц. Здесь число $k_3=12$, т.е. тоже очень малая величина. Все эти три (типичные) таблицы доказывают ЭЕЗ, т.е. уникальность выборок параметров нервно-мышечной системы (НМС) и сердечно-сосудистой системы (ССС).

Эти две функциональные системы (по классификации классика биокибернетики П.К. Анохина) являются базовыми для организма человека. Их работа обеспечивает нам жизнедеятельность и они определяют качество нашей жизни. В итоге все эти три таблицы (табл. 1, 2 и 3) демонстрируют статистическую неустойчивость (ЭЕЗ), которая в ТХС определяется как неопределенность второго типа [3-11].

2. Откуда возникают особые режимы работы ИНС?

За последние 20 лет наша научная школа изучила неопределенности второго типа не только в работе функциональных систем организма человека (НМС и ССС), но и в работе мозга. Многократные повторные регистрации электроэнцефалограмм (ЭЭГ) одного и того же испытуемого (с одной, неизменной точки отведения) показали сходные

результаты с табл. 1, 2 и 3. Однако ЭЭГ всегда в покое показывают числа k_4 в 2-3 раза больше, чем k_2 и k_3 для ЭМГ и КИ.

Для примера мы демонстрируем типичную матрицу парных сравнений выборок ЭЭГ (см. табл. 4) для одного и того же человека (в покое, сидя). Здесь, в табл. 4 мы имеем число k_4 пар выборок ЭЭГ (с критерием Вилкоксона $p_{i,j} \geq 0,05$) несколько больше ($k_4=33$). Однако всегда эти числа k_4 для ЭЭГ не превышают 35-40% от всех 105-ти пар сравнения ЭЭГ. Иными словами доля стохастики для ЭЭГ не превышает 40% [3]. Это также доказывает ЭЕЗ, т.е. уникальность выборок ЭЭГ (от одного испытуемого в спокойном состоянии). Отсюда следует, что с позиций стохастики мозг человека, его нейронные сети не могут находиться в устойчивом состоянии. Возможность статистического повторения выборок не превышает $p_{j,j+1}^* \leq 0,3$ (при парном повторении и сравнении j -й и $j+1$ -й выборок). Отсюда возникает следствие: мозг работает хаотически, параметры его нейросетей хаотически и непрерывно изменяются.

Одновременно, всем известно, что нейросети мозга (НМС) находятся в непрерывном активном состоянии. Невозможно для вектора $x=x(t)=(x_1, x_2)^T$, где $x_1(t)$ – ЭЭГ, а $x_2=dx_1/dt$ – скорость

изменения ЭЭГ, получить состояние $dx/dt=0$. Покой ($dx/dt=0$) для НСМ означает клиническую смерть. Это будет мертвый мозг.

Исходя из этих двух научных фактов (хаос НСМ и непрерывные реверберации $dx/dt \neq 0$) десять лет назад мы решили ввести эти свойства в работу ИНС. Для этого на

каждой процедуре настройки ИНС мы задавали хаотически начальные веса W_{i0} диагностических признаков $x_i(t)$. Саму эту процедуру (с хаосом W_{i0}) мы многократно повторяли, заставляя ИНС как бы реверберировать.

Таблица 4

Матрица парного сравнения ЭЭГ одного и того же здорового человека (число повторов $N=15$) в период релаксации в отведении $T6-Ref$, (критерий Вилкоксона, критерий различий $p < 0,05$, число совпадений $k_4=33$)

	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	

Для примера мы представляем четыре основных признака ССС для группы рабочих (перед ночной смены и после ночной смены). Подчеркнем, что почти все выборки этих параметров статистически

совпадают (до ночной смены и после). Это легко видеть на основе перекрытия доверительных интервалов. В ТХС это обозначается как неопределенность первого типа (см. табл. 5) [8, 13, 14, 22].

Таблица 5

Результаты статистической обработки основных данных измерений показателей сердечно-сосудистой системы у сотрудников охраны до начала смены и после

Показатели	<i>SIM</i>	<i>PAR</i>	<i>SSS</i>	<i>SPO₂</i>
До начала ночной смены				
$\langle x \rangle$	13,6	6	81,7	96,5
D^*	84,1	18,1	118	0,8
x^*	9,2	4,2	10,8	0,9
$\langle x \rangle^*$	2,3	1,08	2,7	0,2
$(\langle x \rangle \pm dx)$	8,8; 18,1	3,5; 8,08	76; 87,5	96; 97
dx	5,1	2,2	5,7	0,48
После ночной смены				
$\langle x \rangle$	8,05	9,06	76,9	97,1
D^*	43,7	30,6	152,8	0,7
x^*	6,6	5,5	12,3	0,5
$\langle x \rangle^*$	1,6	1,3	3,09	0,2
$(\langle x \rangle \pm dx)$	4,5; 11,5	6,1; 12	70,3; 83,1	96,7; 97,6
dx	3,5	2,9	6,5	0,45

Эти реверберации исчислялись тысячами и десятками тысяч повторных процедур настроек в режиме хаотического

задания W_{i0} на каждой такой процедуре настройки. В итоге хаос и постоянные реверберации были моделью реального

хаоса и ревербераций НСМ. В итоге мы получали тысячи значений весов W_i (после тысяч таких итераций). Эти выборки W_i статистически обрабатывались.

В итоге такой особой работы ИНС мы получали средние значения $\langle W_i \rangle$ каждого веса признака $x_i(t)$. Далее эти средние значения $\langle W_i \rangle$ регистрировались и выбирались веса $\langle W_i \rangle$ для повторных их значений были $\langle W_i \rangle > 0,5$. Эти особые веса $\langle W_i \rangle$ образовывали главные диагностические признаки (параметры порядка). Сама эта процедура обозначалась нами как системный синтез. В этом случае мы находили параметры порядка.

Для разрешения неопределенности первого типа мы использовали ИНС в режиме многих ревербераций и статистической обработки выборок W_i весов признаков $x_i(t)$ (после многих итераций). В итоге, в табл. 6 мы представляем ранжирование всех весов признаков. Из этой таблицы легко видеть те $x_i(t)$, которые имеют средний вес $\langle W_i \rangle > 0,5$.

Такие диагностические признаки x_i^* (с $W_i > 0,5$) мы обозначаем как параметры порядка (главные диагностические признаки). В итоге мы имеем решения задачи системного синтеза, ИНС работает как мозг в режиме эвристической деятельности, ИНС находит параметры порядка.

Обсуждение. За последние 20 лет (как и прогнозировал *W. Weaver* [34]) нами был доказан эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ). В этом ЭЕЗ отсутствует статистическая устойчивость выборок различных параметров функций организма.

В наших примерах (см. табл. 1-4) мы продемонстрировали отсутствие статистической устойчивости параметров НМС и ССС. Сами нейросети мозга тоже статистически не устойчивы (см. табл. 6). В этом случае возникает неопределенность первого типа. Статистика показывает отсутствие статистических различий между выборками, а ТХС доказывает обратное.

Таблица 6

Усредненные значения весов w_i признаков отдельных координат x_i вектора состояния системы (параметры x_i ССС людей, перед их работой в ночную смену и после) при идентификации параметров порядка нейроэмулятором после $p \geq 1000$ итераций (настроек ЭВМ) в режиме бинарной классификации

Нейросети 5000=5×1000							
Расчеты итераций	Средние значения координат вектора состояния системы						
1-5000	LF= $\langle x_1 \rangle$	SIM= $\langle x_2 \rangle$	HF= $\langle x_3 \rangle$	...	CSS= $\langle x_{13} \rangle$	NN= $\langle x_{14} \rangle$	SPO ₂ = $\langle x_{15} \rangle$
	0,8012	0,5655	0,5603		0,4413	0,3709	0,337
1-1000	LF= $\langle x_1 \rangle$	VLF= $\langle x_2 \rangle$	SIM= $\langle x_3 \rangle$	...	CSS= $\langle x_{13} \rangle$	NN= $\langle x_{14} \rangle$	SPO ₂ = $\langle x_{15} \rangle$
	0,7985	0,5664	0,565		0,4443	0,3647	0,3337
1000-2000	LF= $\langle x_1 \rangle$	SIM= $\langle x_2 \rangle$	HF= $\langle x_3 \rangle$	...	CSS= $\langle x_{13} \rangle$	NN= $\langle x_{14} \rangle$	SPO ₂ = $\langle x_{15} \rangle$
	0,8058	0,5663	0,5641		0,4371	0,3642	0,3362
2000-3000	LF= $\langle x_1 \rangle$	SIM= $\langle x_2 \rangle$	LF/HF= $\langle x_3 \rangle$	...	CSS= $\langle x_{13} \rangle$	NN= $\langle x_{14} \rangle$	SPO ₂ = $\langle x_{15} \rangle$
	0,7957	0,5678	0,5659		0,4426	0,3678	0,3339
3000-4000	LF= $\langle x_1 \rangle$	HF= $\langle x_2 \rangle$	PAR= $\langle x_3 \rangle$	...	CSS= $\langle x_{13} \rangle$	NN= $\langle x_{14} \rangle$	SPO ₂ = $\langle x_{15} \rangle$
	0,8032	0,5583	0,5584		0,4353	0,3774	0,3336
4000-5000	LF= $\langle x_1 \rangle$	SIM= $\langle x_2 \rangle$	HF= $\langle x_3 \rangle$	...	CSS= $\langle x_{13} \rangle$	NN= $\langle x_{14} \rangle$	SPO ₂ = $\langle x_{15} \rangle$
	0,8074	0,5741	0,5666		0,4526	0,3786	0,3536
Интервалы $\langle \Delta x_1 \rangle$	0,0117	0,017	0,0096		0,0173	0,0144	0,0166

Примечание: LF - (мс^2) – спектральная мощность колебаний ритма в диапазоне низких частот (0,04...0,15 Гц), HF (мс^2) – спектральная мощность колебаний ритма в диапазоне высоких частот (0,15...0,4 Гц), SIM – индекс активности симпатического звена вегетативной нервной системы, NN – интервалы в анализируемой выборке, SPO₂ – содержание оксигемоглобина в крови, CSS – частота сердечных сокращений.

В рамках ТХС мы доказали ЭЕЗ не только для нас НМС и ССС, но и для НСМ. Мозг хаотичен и он постоянно

реверберирует ($dx/dt \neq 0$). Хаос и постоянные реверберации мы ввели в работу искусственных нейросетей (ИНС). В

итоге мы получили особые режимы работы ИНС. Эти режимы решают задачи системного синтеза, т.е. можно находить параметры порядка.

Подчеркнем, что до настоящего времени эта задача в математике не формализована. Обычно ее решает талантливый человек (или гений), когда стохастика (и детерминизм) бесполезны. Мы сейчас показали, фактически, как работает мозг человека в эвристическом режиме. В этом случае не работает статистика, т.к. она показывает совпадение выборок.

При неопределенности первого типа ИНС находит параметры порядка и делает различия между состояниями исследуемых групп. Очевидно, что методы детерминистской и стохастической науки не могут показывать различия. Эвристический мозг находит главные признаки и именно это делает ИНС.

Выводы. Многочисленные повторные регистрации различных параметров $x_i(t)$ функций организма (у нас это НМС и ССС) убедительно доказывает ЭЭЗ. В этом случае, при неизменном состоянии организма человека мы регистрируем хаос статистических функций параметров организма. Однако при этом регистрируется и неопределенность первого типа. В нашем случае группа рабочих до ночной смены и после нее статистически различалась.

Использование искусственных нейросетей в двух особых режимах (многократные реверберации и задания (хаотически) начальных весов W_{i0} диагностических признаков $x_i(t)$ приводит к четкому разделению признаков. При этом возникает возможность распознавания этих признаков $x_i(t)$. В итоге мы можем выбрать главные из них $x_i^*(t)$ и решить задачу системного синтеза, т.е. определить параметры порядка.

Литература

1. Горбунова М.Н., Мордвинцева А.Ю., Веденева Т.С., Воробей О.А., Мандрыка И.А. Проблема однородности выборок произвольных и произвольных движений человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – №1. – С. 60-63. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-60-63.
2. Денисова Л.А., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Горбунов Д.В. Особенности регуляции двигательных функций у женщин // Клиническая медицина и фармакология. – 2017. – Т. 3, № 4. – С. 11-16. DOI: 10.12737/article_5a72e5f37c5f67.24241158
3. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции *complexity*: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
4. Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С., Веденева Т.С., Мордвинцева А.Ю. Проблема стандартов в медицине и физиологии // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2020. – Т. 29, № 3. – С. 211-216.
5. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю. Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с.
6. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Шакирова Л.С., Мельникова Е.Г. Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма / Под ред. А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Порто-принт», 2020. – 248 с.
7. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Шакирова Л.С., Чертищев А.А. Существуют ли стандарты в физиологии и медицине? // Клиническая медицина и фармакология. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 27-31. DOI: 10.12737/2409-3750-2020-6-1-27-31
8. Еськов В.М., Газя Г.В., Соколова А.А., Васильева А.Ю. Анализ и синтез параметров вектора состояния вегетативной нервной системы коренного и пришлого населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19, № 4. – С. 18-21.
9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатов М.А. Хаотический подход в новой интерпретации

- гомеостаза //Клиническая медицина и фармакология. – 2016. – Т. 2, № 3. – С. 47-51. DOI: 10.12737/22617
10. Еськов В.М., Галкин В.А., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Организация движений: стохастика или хаос? / Под. ред. член-корр. РАН, д.биол.н., профессора Г.С. Розенберга. Самара: Издательство ООО «Порто-принт», 2020. – 144 с.
 11. 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.
 12. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем / Под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. – 596 с.
 13. Еськов В.М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития // Успехи кибернетики. – 2020. – Т. 1, № 1. – С. 64-72. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-1-8
 14. Заславский Б.Г., Филатов М.А., Еськов В.В., Манина Е.А. Проблема нестационарности в физике и биофизике // Успехи кибернетики. – 2020. – Т. 1, № 2. – С. 61-67. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-2-7
 15. Козлова В.В., Галкин В.А., Филатов М.А., Еськов В.М. Моделирование нейросетей мозга с позиций гипотезы W. Weaver // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 1. – С. 59-68. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-52-59
 16. Пятин В. Ф., Еськов В. В., Филатова О. Е., Башкатова Ю. В. Новые представления о гомеостазе и эволюции гомеостаза // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2019. – Т. 28, № 1. – С. 21-27.
 17. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Миллер А.В., Ермак О.А. Стохастика и хаос в нейросетях мозга // Клиническая медицина и фармакология. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 14-19.
 18. Филатова О.Е., Башкатова Ю.В., Мельникова Е.Г., Чемпалова Л.С. Параметры кардиоинтервалов женщин Севера РФ при дозированных нагрузках // Клиническая медицина и фармакология. – 2019. – Т. 5, № 4. – С. 6-10. DOI: 10.12737/2409-3750-2020-5-4-6-11
 19. Филатова О.Е., Мезенцева Л.В., Газя Г.В., Соколова А.А. Оценка биоэлектрической активности сердца у представителей коренного населения ханты методами теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2017. – № 4. –С. 22-28. DOI: 10.12737/article_5a1c029cbef6d9.89882621
 20. Филатов М.А., Прохоров С.А., Ивахно Н.В., Головачева Е.А., Игнатенко А.П. Возможности моделирования статистической неустойчивости выборок в физиологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – № 2. – С. 120-124. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16668.
 21. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Мандрыка И.А., Еськов В.В. Энтропийный подход в физике живых систем и теории хаоса-самоорганизации // Успехи кибернетики. – 2020. – Т. 1, № 3. – С. 41-49. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-3-5
 22. Чемпалова Л.С., Яхно Т.А., Манина Е.А., Игнатенко А.П., Оразбаева Ж.А. Гипотеза W. Weaver при изучении произвольных и непроизвольных движений // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – № 1. – С. 75-77. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-1-75-77
 23. Eshkov V.M. Gudkov A.B., Filatov M.A. Eshkov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. – 2019. – Vol. 10. – Pp. 41-49. DOI:10.33396/1728-0869-2019-10-41-49
 24. Eshkov V.V. Modeling of biosystems from the stand point of “complexity” by W. Weaver and “fuzziness” by L.A. Zadeh // Journal of Physics Conference Series. –

2021. – Vol. 1889(5). – P. 052020
DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052020
25. Filatova O.E., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Filatov M.A. Neural network technologies in system synthesis // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1047. – P. 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099
26. 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. – Vol. 2. – Pp. 40-44. DOI:10.33396/1728-0869-2020-2-40-44
27. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones // Human Ecology. 2019. Vol. 7. Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16
28. Gazya G.V., Eskov V.V., Filatov M.A. The State of the Cardiovascular System Under the Action of Industrial Electromagnetic Fields // International journal of biology and biomedical engineering. – 2021. – Vol. 15. – Pp. 249-253. DOI: 10.46300/91011.2021.15.30
29. Grigorenko N.B., Nazina V.V., Filatov M.A., Chempalova L.S., Tretyakov S. A. New information technologies in the estimation of the third type systems // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1889. – P. 032003 DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003
30. Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // Biomedical engineering. – 2021. – Vol. 54, No. 6. – Pp. 388-392. DOI:10.1007/s10527-021-10046-6
31. 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. – Vol. 7. – Pp. 27-31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31
32. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666. DOI:10.1134/S0006350919040067
33. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // Journal of Physics Conference Series. – 2021. – Vol. 1889(5). – P. 052016 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
34. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.

References

1. Gorbunova M.N., Mordvintseva A.Yu., Vedeneeva T.S., Vorobey O.A., Mandryka I.A. Problema odnorodnosti vyborok proizvol'nykh i neproizvol'nykh dvizhenii cheloveka [The problem of uniformity of samples of voluntary and involuntary human movements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – T. 28, No. 1. – S. 60-63. DOI: 10.24412 / 1609-2163-2021-1-60-63. Russian.
2. Denisova L.A., Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V., Gorbunov D.V. Osobnosti regulyatsii dvigatel'nykh funktsii u zhenshchin [Features of the regulation of motor functions in women] // Klinicheskaya meditsina i farmakologiya [Clinical Medicine and Pharmacology]. – 2017. – T. 3, № 4. – S. 11-16. DOI: 10.12737/article_5a72e5f37c5f67.242411 58. Russian.
3. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyutsii complexity [Mathematical modeling of homeostasis and evolution of complexity] / Tula: Publishing house of TulSU, 2016. – 307 s. Russian.
4. Eskov V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Vedeneeva TS, Mordvintseva A.Yu. Problema standartov v meditsine i fiziologii [The problem of standards in medicine and physiology] // Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny [Archives of Clinical and Experimental

- Medicine]. – 2020. – Т. 29, No. 3. – S. 211-216. Russian.
5. Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Khaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of the human cardiovascular system] / Samara: Publishing house of Porto-Print LLC, 2018. – 312 s. Russian.
 6. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Melnikova E.G. Rol' khaosa v regulyatsii fiziologicheskikh funktsii organizma [The role of chaos in the regulation of physiological functions of the body] / A.A. Khadartseva. Samara: Porto-print LLC, 2020. – 248 s. Russian.
 7. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Chertishchev A.A. Sushchestvuyut li standarty v fiziologii i meditsine? [Are there standards in physiology and medicine?] // Klinicheskaya meditsina i farmakologiya [Clinical medicine and pharmacology]. – 2020. – Т. 6, № 1. – S. 27-31. DOI: 10.12737 / 2409-3750-2020-6-1-27-31. Russian.
 8. Es'kov V.M., Gazya G.V., Sokolova A.A., Vasil'eva A.Yu. Analiz i sintez parametrov vektora sostoyaniya vegetativnoi nervnoi sistemy korenno i prishlogo naseleniya Yugry [Analysis and synthesis of the parameters of the vector of the state of the autonomic nervous system of the indigenous and newcomer population of Ugra] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2012. – Т. 19, № 4. – S. 18-21. Russian.
 9. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Filatov M.A. Khaoticheskii podkhod v novoi interpretatsii gomeostaza [Chaotic approach in a new interpretation of homeostasis] // Klinicheskaya meditsina i farmakologiya [Clinical Medicine and Pharmacology]. – 2016. – Т. 2, № 3. – S. 47-51. DOI: 10.12737 / 22617. Russian.
 10. Eskov V.M., Galkin V.A., Pyatin V.F., Filatov M.A. Organizatsiya dvizhenii: stokhastika ili khaos? [Organization of movements: stochastic or chaos?] / G.S. Rosenberg. Samara: Publishing house LLC "Porto-print", 2020. – 144 s. Russian.
 11. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: khaos gomeostaticheskikh sistem [Complexity: Chaos of Homeostatic Systems] / G.S. Rosenberg. Samara: Publishing house of LLC "Porto-print", 2017. – 388 s. Russian.
 12. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konets opredelennosti: khaos gomeostaticheskikh sistem [The End of Certainty: Chaos of Homeostatic Systems] / Khadartseva A.A., Rosenberg G.S. Tula: publishing house Tula printing production association, 2017. – 596 s. Russian.
 13. Eskov V.M., Pyatin V.F., Bashkatova Yu.V. Meditsinskaya i biologicheskaya kibernetika: perspektivy razvitiya [Medical and biological cybernetics: development prospects] // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics]. – 2020. – Т. 1, № 1. – S. 64-72. Russian.
 14. Zaslavsky B.G., Filatov M.A., Eskov V.V., Manina E.A. Problema nestatsionarnosti v fizike i biofizike [The problem of nonstationarity in physics and biophysics] // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics]. – 2020. – Т. 1, No. 2. – S. 61-67. DOI: 10.51790 / 2712-9942-2020-1-2-7. Russian.
 15. Kozlova V.V., Filatov M.A., Eskov V.V., Shakirova L.S. Novye podkhody v izmerenii biosistem s pozitsii "Complexity" W. Weaver i "Fuzziness" L.A. Zadeh [New approaches to measuring biosystems from the standpoint of "Complexity" W. Weaver and "Fuzziness" L.A. Zadeh]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2021. – No. 1. – S. 59-68. DOI: 10.12737 / 2306-174X-2021-70-78. Russian.
 16. Pyatin V.F., Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Yu.V. Novye predstavleniya o gomeostaze i evolyutsii gomeostaza [New ideas about homeostasis and the evolution of homeostasis] // Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny [Archives of Clinical and Experimental Medicine]. – 2019. – Т. 28, No. 1. – S. 21-27. Russian.

17. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Miller A.V., Ermak O.A. Stokhastika i khaos v neirosetyakh mozga [Stochastics and chaos in neural networks of the brain] // Klinicheskaya meditsina i farmakologiya [Clinical Medicine and Pharmacology]. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 14-19. Russian.
18. Filatova O.E., Bashkatova Yu.V., Mel'nikova E.G., Chempalova L.S. Parametry kardiintervalov zhenshin Severa RF pri dozirovannykh nagruzkakh [Parameters of cardiointervals of women in the North of the Russian Federation with metered loads] // Klinicheskaya meditsina i farmakologiya [Clinical Medicine and Pharmacology]. – 2019. – Т. 5, № 4. – С. 6-10. Russian.
19. Filatova O.E., Mezentseva L.V., Gazya G.V., Sokolova A.A. Otsenka bioelektricheskoi aktivnosti serdtsa u predstavitelei koren'nogo naseleniya khanty metodami teorii khaosa-samoorganizatsii [Assessment of the bioelectric activity of the heart in representatives of the indigenous population of the Khanty using the methods of the theory of chaos-self-organization] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2017. – № 4. – С. 22-28. DOI: 10.12737/article_5a1c029cbef6d9.898826 21. Russian.
20. Filatov M.A., Prokhorov S.A., Ivakhno N.V., Golovacheva E.A., Ignatenko A.P. Vozmozhnosti modelirovaniya statisticheskoi neustoichivosti vyborok v fiziologii [Possibilities of modeling statistical instability of samples in physiology] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2020. – № 2. – С. 120-124. DOI: 10.24411 / 1609-2163-2020-16668. Russian.
21. Khadartsev A.A., Filatova O.E., Mandryka I.A., Eskov V.V. Entropiinyi podkhod v fizike zhivykh sistem i teorii khaosa-samoorganizatsii [Entropy approach in the physics of living systems and the theory of chaos-self-organization] // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics]. – 2020. – Т. 1, No. 3. – С. 41-49. DOI: 10.51790 / 2712-9942-2020-1-3-5. Russian.
22. Chempalova L.S., Yakhno T.A., Manina E.A., Ignatenko A.P., Orazbaeva Zh.A. Gipoteza W. Weaver pri izuchenii proizvod'nykh i neproizvod'nykh dvizhenii [W. Weaver's hypothesis in the study of voluntary and involuntary movements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2021. – Т. 28, No. 1. – С. 75-77. DOI: 10.24412 / 1609-2163-2021-1-75-77. Russian.
23. Eskov V.M., Gudkov A.B., Filatov M.A., Eskov V.V. Principles of homeostatic regulation of functions in human ecology // Human Ecology. – 2019. – Vol. 10. – Pp. 41-49. DOI:10.33396/1728-0869-2019-10-41-49
24. Eskov V.V. Modeling of biosystems from the stand point of “complexity” by W. Weaver and “fuzziness” by L.A. Zadeh // Journal of Physics Conference Series. – 2021. – Vol. 1889(5). – P. 052020 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052020
25. Filatova O.E., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Filatov M.A. Neural network technologies in system synthesis // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1047. – P. 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099
26. 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. – Vol. 2. – Pp. 40-44. DOI:10.33396/1728-0869-2020-2-40-44
27. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones // Human Ecology. 2019. Vol. 7. Pp. 11-16. DOI:10.33396/1728-0869-2019-7-11-16
28. Gazya G.V., Eskov V.V., Filatov M.A. The State of the Cardiovascular System Under the Action of Industrial Electromagnetic Fields // International journal of biology and biomedical engineering. – 2021. – Vol. 15. – Pp. 249-253. DOI: 10.46300/91011.2021.15.30

29. Grigorenko N.B., Nazina V.V., Filatov M.A., Chempalova L.S., Tretyakov S. A. New information technologies in the estimation of the third type systems // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021. – Vol. 1889. – P. 032003 DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003
30. Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // *Biomedical engineering*. – 2021. – Vol. 54, No. 6. – Pp. 388-392. DOI:10.1007/s10527-021-10046-6
31. 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. – Vol. 7. – Pp. 27-31. DOI:10.33396/1728-0869-2020-7-27-31
32. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // *Biophysics*. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662-666. DOI:10.1134/S0006350919040067
33. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // *Journal of Physics Conference Series*. – 2021. – Vol. 1889(5). – P. 052016 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
34. Weaver W. Science and Complexity // *American Scientist*. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.