

III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI: 10.12737/2306-174X-2019-72-84

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ДИНАМИЧЕСКИМ ХАОСОМ И НЕУСТОЙЧИВОСТЬЮ СИСТЕМ 3-ГО ТИПА

В.А. ГАЛКИН¹, А.В. МИЛЛЕР², Д.Ю. ХВОСТОВ²,
А.П. ИГНАТЕНКО², В.В. ВЕДЕНЕЕВ²

¹ФГУ ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук, пр-т Нахимовский, 36, Москва, Россия, 117218

²БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Открытие динамического хаоса Лоренца в определенном смысле подавало надежду на объективное описание живых систем. Однако эти надежды не оправдались. Два нобелевских лауреата (M. Gell-Mann и I.R. Prigogine) ошибались, считая возможным применить модели динамического хаоса в описании живых систем. Основные признаки хаоса Лоренца не имеют место в описании систем третьего типа (по W. Weaver). В работе представлены математические критерии хаоса Лоренца и особого статистического хаоса систем третьего типа (живых систем) в виде неопределенности 2-го типа в рамках третьей парадигмы. Представлены доказательства статистической неустойчивости для подряд получаемых выборок различных параметров живых систем. Дается описание основных методов изучения живых систем в рамках новой теории хаоса-самоорганизации. Основное внимание при этом, обращается на различия в понятии квазиаттрактора в теории динамического хаоса Лоренца и в теории хаоса-самоорганизации, которая разрабатывается сейчас научными школами В.М. Еськова, А.А. Хадарцева и В.Ф. Пятина.

Ключевые слова: хаос, неустойчивость, эффект Еськова-Зинченко, квазиаттракторы.

RELATION BETWEEN DYNAMIC CHAOS AND INSTABILITY OF THIRD TYPE OF SYSTEMS

V.A. GALKIN¹, A.V. MILLER², D.Yu. KHVOSTOV²,
A.P. IGNATENKO², V.V. VEDENEEV²

¹Scientific Research Institute for System Studies, Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky pr., 36, Moscow, Russia, 117218

²Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. The discovery of Lorentz's dynamic chaos in a certain meaning gave hope for an objective description of living systems. However, two Nobel laureates (M. Gell-Mann and I.R. Prigogine) were mistaken, considering it possible to apply models of dynamic chaos in the description of living systems. The main signs of Lorentz chaos are absent in the description of systems of the third type (according to W. Weaver). This article presents the mathematical criteria of Lorentz chaos and special statistical chaos of the third type of systems (living systems) in the form of the second type of uncertainty in the framework of the third paradigm. The evidence of statistical instability for successively obtained samples of various parameters of living systems is presented. A description is given of the main methods for studying living systems in the framework of the new theory of chaos-self-organization. The main attention is drawn to differences in the concept of a quasi-attractor in the theory of dynamic chaos of Lorentz and in the theory of chaos-self-organization, which is now being developed by V.M. Eskova, A.A. Khadartsev and V.F. Pyatin.

Key words: chaos, instability, the effect of Eskov-Zinchenko, quasiattractors.

Введение. Нобелевский лауреат I.R. Prigogine в конце 80-х годов 20-го века выступил с обращением к научной общественности относительно

нестабильных систем [33]. У таких особых систем отсутствуют стационарные режимы в виде $dx/dt=0$ для их вектора состояния $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом

пространстве состояний (ФПС). При этом *I.R. Prigogine* возлагал определенные надежды на динамический хаос Лоренца, о котором говорил и второй нобелевский лауреат *M. Gell-Mann*. Однако, надежды этих выдающихся ученых не оправдались – живые системы не являются объектом современной науки, к ним не применим динамический хаос Лоренца [2-10].

Для доказательства этого факта была создана новая теория хаоса-самоорганизации (ТХС) [2-4, 21-29, 35-37], которая имеет ряд постулатов и новых определений (понятий). Однако главное в этом все-таки занимает проблема динамического хаоса и возможностей его применения в изучении особых систем третьего типа (СТТ), которые пытался ввести в науку *W. Weaver* в 1948г. За эти более 70-ти лет в науке так и не была построена математическая теория для объективного и точного описания живых систем (СТТ). Эти СТТ сейчас многие ученые определяют как *complexity* [1-7, 11-20, 27-32, 34-37], но мы их определяем как особые гомеостатические системы (ГС) [21-25, 34-36], для которых наблюдается эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ) [16-18, 21-26, 37]. В этом ЭЕЗ мы наблюдаем статистическую неустойчивость для подряд получаемых выборок любых параметров организма человека [7-16, 19-28].

Возникают закономерные вопросы: чем отличаются СТТ от объектов детерминистской и стохастической науки (ДСН) и как такие СТТ можно описывать, если, современная математика (ДСН) не имеет формального аппарата для их описания? Ответы на эти вопросы заключены в новом понимании хаоса СТТ-ГС и в представлении отличий СТТ-ГС от объектов с динамическим хаосом Лоренца [4-7, 21-25]. Эти отличия сейчас систематизированы в рамках ТХС по основным 3-м критериям [7, 24, 32]. Именно это сейчас и представляет настоящее сообщение.

1. Почему СТТ-ГС не являются объектом ДСН?

Описанное состояние живого организма (например, организма человека) можно выполнять с помощью вектора

состояния биосистемы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). В физике такие ФПС могут содержать координаты x, y, z (положение тела в пространстве) и их скорости $(dx/dt, dy/dt, dz/dt)$. В простейшем случае в физике мы имеем двумерное фазовое пространство для одной переменной x_1 и ее скорости $x_2=dx_1/dt$. Поскольку организм человека описывается многими переменными, то размерность m такого ФПС может быть большой и тогда размерность общего ФПС будет $2m$, где x_i – координаты вектора состояния биосистемы $x(t)$ [24].

Детальное изучение СТТ-ГС нами было начато почти 25 лет назад при изучении гипотезы Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений» [6]. В результате многолетних исследований было установлено, что подряд полученные выборки треморограмм (ТМГ) и теппинграмм (ТПГ) у одного и того же испытуемого (в его неизменном гомеостазе) не могут статистически совпадать. Вероятность их статистического совпадения соизмерима с $p_1 \leq 0,05$ для ТМГ и с $p_2 \leq 0,1$ для ТПГ [6, 24]. Напомним, что в стохастике объекты (системы, процессы) считаются статистически одинаковыми, если они при повторении дают вероятность совпадения $p \geq 0,95$. Если сравнивать выборки, то мы используем различные критерии для оценки их статистического совпадения. Например, критерий Вилкоксона ($p \geq 0,05$), Манна-Уитни и т.д. [16-23, 26-32, 35-37].

Для СТТ-ГС все с точностью до наоборот. Для иллюстрации мы приводим характерную матрицу парных сравнений выборок ТМГ одного и того же испытуемого (после 15-ти повторных измерений ТМГ в его неизменном гомеостазе). В табл.1 мы имеем число $k_I=3$, где k_I – число пар выборок ТМГ, которые имеют одну (общую) генеральную совокупность. Это крайне малая величина ($p_I < 0,03$ из 105 разных пар сравнения в табл.1). Проверка многих других параметров x_i вектора состояния $x(t)$ организма человека приводит к аналогичным результатам (обычно $p \leq 0,2$).

Только для электроэнцефалограмм (ЭЭГ) в ряде случаев бывает, что матрицы демонстрируют $p \leq 0,35$. Получить в таких

матрицах даже 50% статистических совпадений практически невозможно.

Таблица 1

Матрица парного сравнения треморограмм испытуемого ГДВ (без нагрузки, число повторов $n=15$), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_I=3$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	1.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.74	0.00	0.00	0.19	0.38	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00		0.42	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.91	0.00	0.42		0.00	0.78	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.13	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.43	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.07	0.00	0.78	0.00		0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04		0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00
8	0.00	0.74	0.00	0.00	0.43	0.00	0.02		0.59	0.63	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	0.59		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.63	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
11	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.51	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.38	0.00	0.03	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51		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	0.98	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	

Таким образом, наши многочисленные исследования (более 20000 человек и более 1 миллиона выборок параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) и нервно-мышечной системы (НМС), биохимических параметров крови, биопотенциалы мозга (ЭЭГ), нервов (ЭНГ) и мышц (ЭМГ) показывают отсутствие статистической устойчивости выборок x_i [6-8, 24]. Обычно эти числа k получаются менее 10% из 105 независимых пар сравнения выборок в таких матрицах (табл.1).

В итоге мы пришли к двум принципиальным выводам. Во-первых, многие параметры x_i организма человека не могут демонстрировать стационарные режимы (СР). Эти СР в функциональном анализе описываются равенством $dx/dt=0$ (для СТТ-ГС это не возможно!). Состояние покоя ($dx/dt=0$ и $x_i=const$) не может характеризовать живые системы. Для них непрерывно $dx/dt \neq 0$ [24, 32, 34-37].

Во-вторых, СТТ-ГС не могут демонстрировать и статистическую устойчивость [24]. В этом случае у нас не сохраняются статистические функции распределения $f(x_i)$ для получаемых выборок x_i (параметров организма, его $x(t)$ – вектора состояния). Все это доказывает отсутствие СР для СТТ-ГС и это говорит о нестабильных (неравновесных) системах. Именно про такие системы говорил I.R.

Prigogine [33], когда говорил о живых системах. Позже I.R. *Prigogine* говорил о принципиальной невозможности их изучения в современной науке (ДСН). При этом он возлагал определенные надежды на теорию динамического хаоса Лоренца в описании живых систем (СТТ). Но его надежды, как и надежды *M. Gell-Mann*, не оправдались. Хаос СТТ-ГС не является хаосом Лоренца [2-4, 24]. Это особый стохастический хаос [15-19, 21-25] компонент вектора состояния биосистемы $x(t)$.

Отсутствие СР ($dx/dt \neq 0$ непрерывно) и отсутствие неизменности статистических функций $f(x)$ для подряд получаемых выборок СТТ-ГС (см. табл.1) показывает (и доказывает) существенные ограничения для дальнейшего изучения и моделирования живых систем (ГС) в рамках современной ДСН [4, 11-17]. В итоге мы приходим к необходимости отказа от методов и моделей ДСН и приходим к новой ТХС. В этой ТХС мы должны использовать другие понятия и законы для нестабильных, сложных систем (СТТ-ГС), которые бы учитывали свойство неустойчивости таких систем. Эти законы и понятия требуют нового понимания устойчивости (или нестабильности) для живых систем – систем третьего типа (*complexity*) [2, 4-9, 21-29].

2. Основные модели и свойства СТТ-ГС – основа ТХС.

Поскольку выборки любых параметров СТТ статистически не совпадают, то возникает выбор инвариантов и введения особого понятия СР для таких неустойчивых систем. Действительно, что может сохраняться в биосистеме, если она находится в неизменном гомеостазе? Что такое неизменный гомеостаз и как тогда различать разные состояния СТТ, если в стационарном состоянии $f(x)$, спектральные плотности сигналов (СПС), автокорреляции непрерывно и хаотически изменяются? Как вообще описывать нестабильные биосистемы?

Для ответа на эти вопросы мы должны использовать ФПС, первоначально в число

физической интерпретации. Это означает, что если мы берем, например, координату x_1 конечности (пальца) по отношению к датчику перемещения, то 2-й фазовой координатой в этом ФПС будет скорость изменения x_1 , т.е. $x_2 = dx_1/dt$. На такой фазовой плоскости вектора $x(t) = (x_1, x_2)^T$ мы можем построить фазовый портрет постурального тремора (движения пальца по отношению к датчику перемещения). В итоге мы получим фазовую траекторию ТМГ данного испытуемого.

Для примера таких фазовых портретов мы представляем траекторию движения пальца испытуемого ГДВ в спокойном состоянии (рис. 1-А) и при нагрузке на палец $F_I = 3Н$ (рис. 1-В).

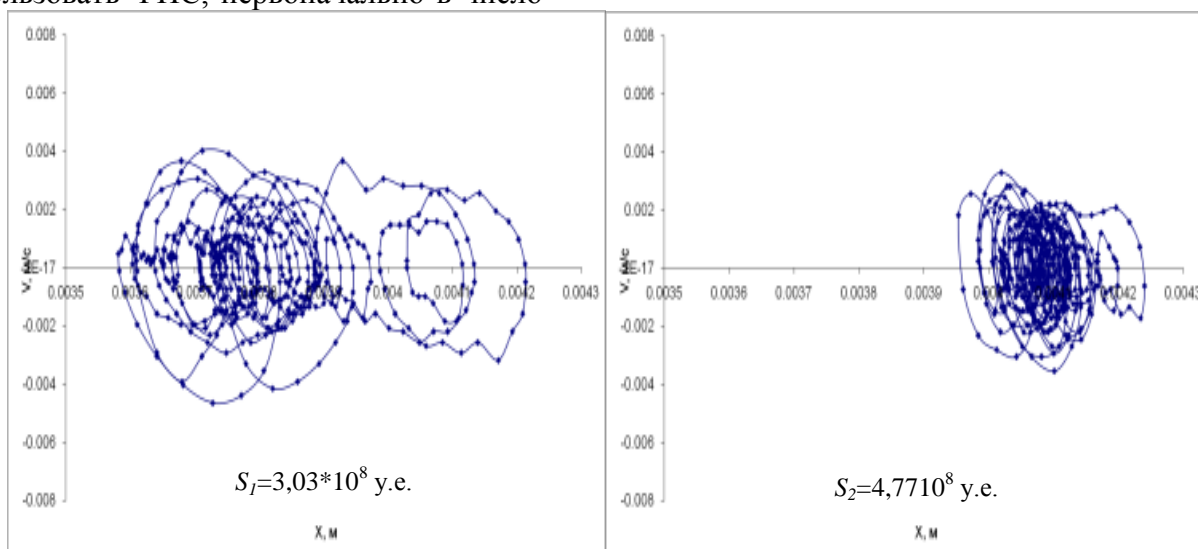


Рис.1. Фазовые портреты треморограмм одного испытуемого: А – без нагрузки на конечности, В – при статической нагрузке $F_I = 3Н$.

Очевидно, что каждый такой фазовый портрет может быть ограничен некоторым прямоугольником (рис. 1-А и 1-Б). Внутри этого прямоугольника будем наблюдать хаотическое и непрерывное движение вектора $x(t)$, но размеры (площадь) этого прямоугольника (при повторных измерениях) будет сохраняться приблизительно неизменной для одного и того же испытуемого (в неизменном его состоянии). Что означает это слово «приблизительно»? Ответ на этот вопрос нам помогает раскрыть термин «стационарный режим» биосистемы с позиций новой науки – ТХС [8-11, 24, 34-37].

С позиции традиционной стохастики это означает следующее. Если мы 15 раз измерим выборки ТМГ у одного и того же испытуемого и рассчитаем площади S для этих 15-ти прямоугольников (квазиаттракторов), то мы получим некоторую выборку этих S , для которой можно рассчитать средние значения $\langle S \rangle$ и доверительный интервал $\langle S \rangle \pm \Delta S$. Многократные повторы таких серий экспериментов в наших различных экспериментах показали, что статистически такие выборки (по 15 штук S в каждой) для ТМГ и ТПГ существенно не изменяются, если мы не изменяем гомеостаз испытуемых. Один и тот же испытуемый

генерирует статистически похожие выборки площади КА S для неизменного физиологического состояния [15, 19-24].

В табл.2 мы представляем выборки (15 серий по 15 измерений S для ТМГ в каждой такой серии) 15-ти измерений ТМГ без нагрузки ($F=0$) и с нагрузкой $F_1=3Н$ у одного и того же испытуемого. Очевидно, что площади квазиаттракторов (внутри каждой выборки) существенно не различаются (во всех 15-ти сериях экспериментов). Эти и многие другие

тысячи подобных экспериментов с ТМГ, ТПГ, кардиоинтервалами (КИ), электромиограммами (ЭМГ), электроэнцефалограммами (ЭЭГ) и другими параметрами организма показали устойчивость площадей КА (для этих переменных). Эта устойчивость наблюдается для одного испытуемого в его неизменном гомеостазе [16, 23], в неизменном состоянии нервно-мышечной системы (НМС) в нашем примере (см. табл.2).

Таблица 2

Значение площадей квазиаттракторов S выборок треморограмм одного и того же испытуемого в двух разных состояниях НМС

	$S_1 \cdot 10^8$, без нагрузки	$S_2 \cdot 10^8$, с грузом массой 300 гр.
1	5.78	3.55
2	2.29	3.87
3	1.42	5.74
4	3.89	2.92
5	1.61	6.82
6	3.03	5.71
7	3.86	3.67
8	1.69	4.77
9	1.77	6.78
10	6.27	7.24
11	1.92	5.06
12	2.02	5.28
13	3.42	2.91
14	3.98	6.24
15	2.27	3.36
$\langle S \rangle$	3.02	4.93
	Критерий Вилкоксона, значимость функций $f(x)$ $p=0,01$	

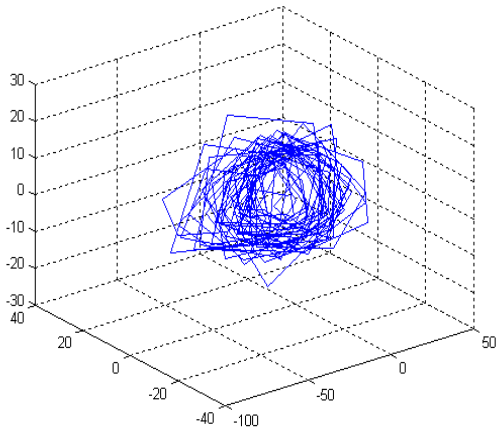
Более того, оказалось, что в качестве фазовых координат можно брать не только одну и любую переменную x_i , описывающую параметр функций организма, но можно брать две (и более) такие разные координаты и образовывать фазовые портреты и фазовые пространства (размерностью $m > 2$), внутри которых непрерывно и хаотически будет двигаться вектор состояния $x(t)$. Таким образом, это движение $x(t)$ в ФПС ограничено размерами m -мерного параллелепипеда (квазиаттрактора), который имеет свои определенные параметры. Подчеркнем, что стороны такого КА определяются

вариационными размахами Δx_i по каждой фазовой координате, а его объем находится как произведение Δx_i , т.е. $Vg = \prod_{i=1}^m \Delta x_i$. Это произведение всех вариационных размахов Δx_i . Очень важной характеристикой такого стационарного состояния (СР) в новой ТХС является координата центра такого КА x^c_i для каждой независимой числовой оси.

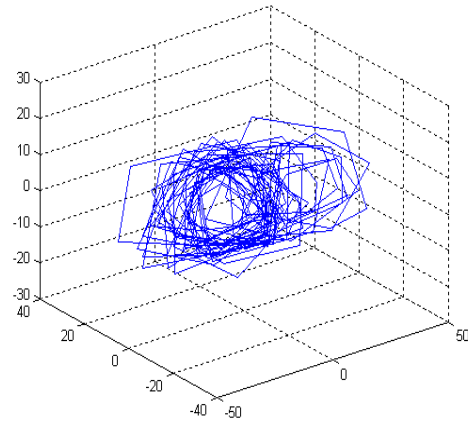
В качестве примера мы представляем трехмерный КА, в котором фазовыми координатами являются сама величина x_1 , ее скорость изменения $x_2 = dx_1/dt$ и ускорение $x_3 = dx_2/dt$. На рисунке 2 мы даем пример таких квазиаттракторов в двух физиологических состояниях одного и того

же испытуемого. Наглядно демонстрируются различия в параметрах этих двух КА₁ и КА₂, т.к. они различаются и объемами V_g и координатами их центров.

В рамках ТХС были введены критерии существенных (или несущественных) изменений физиологического состояния испытуемого.



А



В

Рис. 2. Два фазовых портрета в трехмерном фазовом пространстве состояний (x_1 – сама координата, $x_2 = dx_1/dt$ – скорость и $x_3 = dx_2/dt$ – ускорение) одного испытуемого: А - ЭЭГ отведение F_z -Ref без фотостимуляции; В – при фотостимуляции

В основу таких сравнений было взято соотношение объемов КА₁ и КА₂ для их разных состояний (см. рис.2 для примера). В частности, считается существенным изменения биосистемы, если выполняются какое-либо неравенство: $V_2 \geq 2V_1$ или $V_2 \leq 0,5V_1$. Это означает двукратное изменение объема КА. Одновременно в ТХС имеется и другой (кинематический) критерий, когда центр 2-го КА₂ выходит за

пределы 1-го КА₁, по всем фазовым координатам x_i . В идеале мы можем наблюдать полный выход КА₂ за пределы КА₁ по всем фазовым координатам x_i , что представлено на рисунке 3 для двух фазовых координат ($x_1 - m$ – масса тела учащихся и $x_2 - n$ – рост учащихся). На рис.3 показано, что КА₂ покинул пределы 1-го квазиаттрактора КА₁.

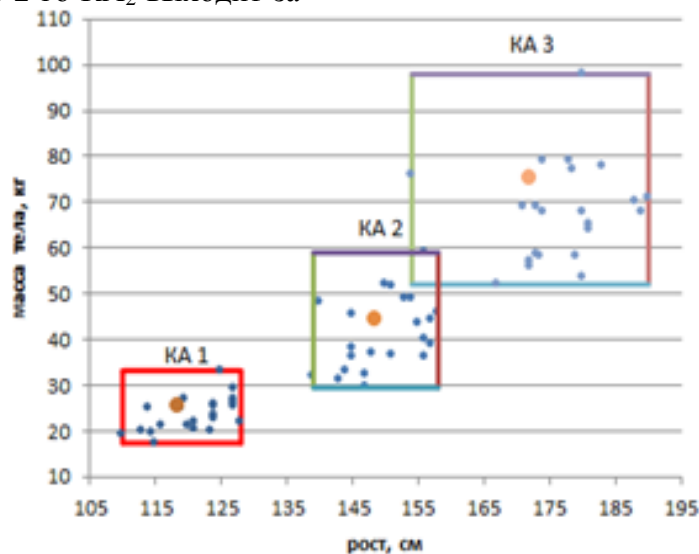


Рис. 3. Квазиаттракторы антропометрических параметров мальчиков, учащихся Югры, в различные возрастные периоды (6, 11, 16 лет)

Таким образом, сейчас вместо статистических функций распределения $f(x)$, СПС, $A(t)$ и других характеристик мы предлагаем рассчитывать параметры квазиаттракторов (КА) и сравнивать их для биосистемы, находящейся в разных физиологических состояниях. При этом можно сравнивать и разные биосистемы (ростовесовые параметры мальчиков Югры и Башкортостана, см. рис. 3). В целом, в рамках ТХС мы переходим к другим моделям, которые описывают состояние физиологических функций организма человека. Закономерно возникает вопрос: можно ли в рамках традиционной науки (ДСН) моделировать процессы статистической неустойчивости выборок x_i (можно ли получить аналог табл.1)? Ответ на этот вопрос положительный, если использовать компартментно-кластерный подход (ККП) и модели в рамках этого ККП [4, 21-24].

Отметим, что впервые ККП мы применили в 70-х и 80-х годах 20-го века для описания динамики поведения нейронных сетей продолговатого мозга [4, 21]. Сейчас мы его используем в виде уравнений с разрывной правой частью [24]. Отметим, что хаос и многократные повторения одних и тех же измерений x_i играют важную роль в работе нейросетей мозга [21].

Заключение. В связи с открытием эффекта Еськова-Зинченко (ЭЕЗ) и эффекта Еськова-Филатовой (ЭЕФ) [21-28] сейчас нами создается новая теория хаоса-самоорганизации. Отметим, что в ЭЕФ мы имеем примеры, когда группа разных испытуемых более подобна, чем один испытуемый при n повторях. Необходимость ее создания диктуется невозможностью дальнейшего применения стохастических методов в описании СТТ-ГС. Их статистическая неустойчивость требует других моделей и других понятий из-за ЭЕЗ и ЭЕФ. В рамках ТХС мы даем другие критерии СР, например, когда статистически сохраняются площади квазиаттракторов (для группы или одного испытуемого в режиме n -кратных повторений измерений).

В рамках новой ТХС мы предлагаем рассчитывать параметры квазиаттракторов (их объемы и координаты центров). Эти новые параметры могут давать инварианты, показывать реальные изменения физиологических функций организма испытуемых. Особенно это целесообразно применять в индивидуализированной медицине, в которой одна выборка параметра x_i (с позиций стохастики) не несет никакой информации (в следующий интервал времени мы получаем другую выборку) с другой $f(x)$, СПС, $A(t)$ [21-25, 34-37]. В рамках ТХС предлагаются другие инварианты и другие модели для описания различных функций отдельного человека.

В целом, ТХС не отрицает ДСН полностью, она только констатирует уникальность не только одного измерения (одной точки $x(t)$ в ФПС), но и любой конкретной выборки x_i . Эти выборки также уникальны, как и точки в ФПС. Мы имеем дело с уникальными биосистемами, а такие объекты (по мнению *I.R. Prigogine*) не являются объектом современной науки (ДСН). Их уникальность обусловлена статистической неустойчивостью выборок x_i , но при этом площади квазиаттракторов S для данной биосистемы могут сохраняться. Это дает новую трактовку стационарных режимов СТТ-ГС.

Литература

1. Башкатова Ю.В., Добрынина И.Ю., Горленко Н.П., Ельников А.В., Хадарцева К.А., Фудин Н.А. Стохастическая и хаотическая оценка состояния параметров сердечно-сосудистой системы испытуемых в условиях дозированной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – Т. 21, № 4. – С. 24-29.
2. Еськов В.В. Проблема статистической неустойчивости в биомеханике и в биофизике в целом // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 166-175.
3. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Еськов В.М., Григорьева С.В. Особенности регуляции сердечно-сосудистой системы организма человека нейросетями мозга // Вестник новых

- медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 188-189.
4. Еськов В.М., Филатов М.А., Буров И.В., Филатова Д.Ю. Возрастная динамика изменений параметров квазиаттракторов психофизиологических функций учащихся школ Югры с профильным и непрофильным обучением // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9, № 3. – С. 599-603.
 5. Зилов В.Г., Киричук В.Ф., Фудин Н.А. Экспериментальное обоснование иерархической организации хаоса в нервно-мышечной физиологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 1. – С. 133-136.
 6. Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Филатов М.А., Григорьева С.В. Стохастика и хаос в организации движений // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 101-106.
 7. Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Филатов М.А., Григорьева С.В. Квантово-механический подход в изучении сознания // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 111-117.
 8. Ивахно В., Гумарова О.А., Лупынина Е.Ю., Воробей О.А., Афаневич И.А. Оценка параметров треморограмм с позиций теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 3. – С. 117-121.
 9. Инюшкин А.Н., Еськов В.М., Мороз О.А., Монастырецкая О.А. Новые представления о гомеостазе и проблема выбора однородной группы // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 322-331.
 10. Инюшкин А.Н., Филатов М.А., Григорьева С.В., Булатов И.Б. Нейросети мозга и их моделирование с помощью нейроэмуляторов // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 304-314.
 11. Киричук В.Ф., Полухин В.В., Монастырецкая О.А., Алиев А.А. Хаотическое поведение параметров нервно-мышечной системы человека на примере *musculus biceps* // Вестник новых медицинских технологий. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 130-134.
 12. Киричук В.Ф., Филатов М.А., Григорьева С.В., Мельникова Е.Г., Тагирова Е.Д. Квантово-механический подход в изучении сознания // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2019. – № 1. – С. 5-15.
 13. Мирошниченко И.В., Башкатова Ю.В., Филатова Д.Ю., Ураева Я.И. Эффект Еськова-Филатовой в регуляции сердечно-сосудистой системы - переход к персонифицированной медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 200-208.
 14. Полухин В.В., Якунин В.Е., Филатова О.Е., Григорьева С.В. Принцип неопределенности биосистем в организации движений // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 265-274.
 15. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 143-153.
 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. Филатова О.Е., Инюшкин А.Н., Баженова А.Е., Григорьева С.В. Динамика биопотенциалов мышц при различных статических нагрузках // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 275-283.
 18. Фудин Н.А., Якунин В.Е., Полухин В.В., Григорьева С.В. Использование нейроэмуляторов в медицине и психофизиологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 258-264.

19. Яхно В.Г., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В. Парадокс Еськова-Филатовой в оценке параметров биосистем // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 20-26.
20. Bashkatova, Yu.V., Karpin, V.A. General characteristic of human body functional systems in conditions of Khanty-Mansi autonomous Okrug – Ugra // Human ecology. – 2014. – Vol. 5. – Pp. 9-16.
21. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
22. Eskov V.M., Bashkatova Y.V., Beloshchenko D.V., Ilyashenko L.K. Cardiointervals parameters of human body in response to hypothermia // Human ecology. – 2018. – Vol. 10. – Pp. 39-45.
23. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian North // Human ecology. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44.
24. 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.
25. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of The Russian North // Human ecology. – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26.
26. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels // Human ecology. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24.
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.
28. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov-Zinchenko effect // Biophysics. – 2018. – Vol. 63, № 2. – Pp. 262-267.
29. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // Human ecology. – 2019. – Vol. 5. Pp. 43-48.
30. Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko, L.K. Human organism in the conditions of homeostatic dynamics of meteorological parameters of the Russian north // Human ecology. – 2019. – Vol. 9. – Pp. 24-30.
31. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian journal of biomechanics. – 2018. – Vol. 22(1). – Pp. 62-71.
32. 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(3). – Pp. 210-214.
33. Prigogine I. R. The philosophy of instability // Futures. 1989. Pp. 396-400.
34. Shakirova, L.S., Filatova, D.Y., Ilyashenko, L.K., Bashkatova, Y.V. Integrally-temporal and spectral parameters of cardiovascular system of pre-adolescent population of khanty-mansi autonomous Okrug - Ugra under the conditions of latitudinal displacements // Human ecology. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 32-36.
35. 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). – Pp. 115-117.
36. 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). – Pp. 419-423.

37. Zilov, V.G., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V., Ilyashenko L.K., and Kitanina K. Yu.. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.

References

1. Bashkatova Yu.V., Dobrynina I.Yu., Gorlenko N.P., Elnikov A.V., Khadartseva K.A., Fudin N.A. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka sostoyaniya parametrov serdechno-sosudistoi sistemy ispytuemykh v usloviyakh dozirovannoi fizicheskoi nagruzki [Stochastic and chaotic assessment of the state of the parameters of the cardiovascular system of the subjects under dosed physical activity] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2014. – T. 21, No. 4. – S. 24-29.
2. Es'kov V.V. Problema statisticheskoi neustoichivosti v biomekhanike i v biofizike v tselom [The problem of statistical instability in biomechanics and in biophysics in general] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 2. – S. 166-175.
3. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Es'kov V.M., Grigor'eva S.V. Osobennosti regulyatsii serdechno-sosudistoi sistemy organizma cheloveka neirosetyami mozga [Features of the regulation of the cardiovascular system of the human body by brain neural networks] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 2. – S. 188-189.
4. Eskov V.M., Filatov M.A., Burov I.V., Filatova D.Yu. Vozrastnaya dinamika izmenenii parametrov kvaziatraktorov psikhofiziologicheskikh funktsii uchashchikhsya shkol Yugry s profil'nym i neprofil'nym obucheniem [Age-related dynamics of changes in the parameters of quasi-attractors of the psychophysiological functions of students of Ugra schools with specialized and non-specialized education] // Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh [System analysis and management in biomedical systems]. – 2010. – T. 9, No. 3. – S. 599-603.
5. Zilov V.G., Kirichuk V.F., Fudin N.A. Eksperimental'noe obosnovanie ierarhicheskoi organizatsii khaosa v nervno-myshechnoi fiziologii [Experimental substantiation of the hierarchical organization of chaos in neuromuscular physiology] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – T. 26, № 1. – S. 133-136.
6. Zinchenko Yu.P., Es'kov V.M., Filatov M.A., Grigor'eva S.V. Stokhastika i khaos v organizatsii dvizhenii [Stochastics and chaos in the organization of movements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – T. 26, № 2. – S. 101-106.
7. Zinchenko Yu.P., Es'kov V.M., Filatov M.A., Grigor'eva S.V. Kvantovomekhanicheskii podkhod v izuchenii soznaniya [Quantum-mechanical approach to the study of consciousness] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – T. 26, № 2. – S. 111-117.
8. Inyushkin A.N., Es'kov V.M., Moroz O.A., Monastyretskaya O.A. Novye predstavleniya o gomeostaze i problema vybora odnorodnoi gruppy [New ideas about homeostasis and the problem of choosing a homogeneous group] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 4. – S. 322-331.
9. Inyushkin A.N., Filatov M.A., Grigor'eva S.V., Bulatov I.B. Neuroseti mozga i ikh modelirovanie s pomoshch'yu neuroemulyatorov [Brain neural networks and their modeling using neuroemulators] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 4. – S. 304-314.
10. Kirichuk V.F., Polukhin V.V., Monastyretskaya O.A., Aliev A.A. Khaoticheskoe povedenie parametrov nervno-myshechnoi sistemy cheloveka na primere musculus biceps [The chaotic behavior of the parameters of the human

- neuromuscular system on the example of musculus biceps] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 130-134.
11. Kirichuk V.F., Filatov M.A., Grigor'eva S.V., Mel'nikova E.G., Tagirova E.D. Kvantovo-mekhanicheskii podkhod v izuchenii soznaniya [Quantum-mechanical approach to the study of consciousness] // Slozhnost'. Razum. Postneklassika [Complexity. Mind. Postnonclassic]. – 2019. – № 1. – С. 5-15.
 12. Miroshnichenko I.V., Bashkatova Yu.V., Filatova D.Yu., Uraeva Y.I. Effekt Es'kova-Filatovoi v regulyatsii serdechno-sosudistoi sistemy - perekhod k personifitsirovannoi meditsine [The effect of Eskov-Filatova in the regulation of the cardiovascular system - the transition to personalized medicine] // Bulletin Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 200-208.
 13. Polukhin V.V., Yakunin V.E., Filatova O.E., Grigor'eva S.V. Printsip neopredelennosti biosistem v organizatsii dvizhenii [The uncertainty principle of biosystems in the organization of movements] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 265-274.
 14. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliev N.Sh., Vorob'eva L.A. Khaos parametrov gomeostaza funktsional'nykh sistem organizma cheloveka [Chaos of parameters of homeostasis of functional systems of the human body] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 143-153.
 15. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliev N.Sh., Vorob'eva L.A. Khaos parametrov gomeostaza funktsional'nykh sistem organizma cheloveka [Chaos of parameters of homeostasis of functional systems of the human body] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 143-153.
 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 [Archive of clinical and experimental medicine]. – 2019. – Т. 28, No. 1. – С. 21-27.
 17. Filatova O.E., Inyushkin A.N., Bazhenova A.E., Grigor'eva S.V. Dinamika biopotentsialov myshts pri razlichnykh staticheskikh nagruzkakh [Dynamics of muscle biopotentials under various static loads] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 275-283.
 18. Fudin N.A., Yakunin V.E., Polukhin V.V., Grigor'eva S.V. Ispol'zovanie neuroemulyatorov v meditsine i psikhofiziologii [The use of neuroemulators in medicine and psychophysiology] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2018. – Т. 25, № 4. – С. 258-264.
 19. Yakhno V.G., Beloshchenko D.V., Bazhenova A.E., Bashkatova Yu.V. Paradoks Es'kova-Filatovoi v otsenke parametrov biosistem [The Eskova-Filatova paradox in assessing the parameters of biosystems] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii [Bulletin of new medical technologies]. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 20-26.
 20. Bashkatova, Yu.V., Karpin, V.A. General characteristic of human body functional systems in conditions of Khanty-Mansi autonomous Okrug – Ugra // Human ecology [In Russian]. – 2014. – Vol. 5. – Pp. 9-16.
 21. Eskov V.M., Pyatin V.F., Eskov V.V., Ilyashenko L.K. The heuristic work of the brain and artificial neural networks // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(2). – Pp. 293-299.
 22. Eskov V.M., Bashkatova Y.V., Beloshchenko D.V., Ilyashenko L.K. Cardiontervals parameters of human body in response to hypothermia // Human ecology [In Russian]. – 2018. – Vol. 10. – Pp. 39-45.

23. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Effect of cold on involuntary movements in men with different levels of physical fitness in the Russian North // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 6. – Pp. 39-44.
24. 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.
25. Eskov V.V., Filatova O.E., Bashkanova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko L.K. Age-related changes in heart rate variability among residents of The Russian North // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 2. – Pp. 21-26.
26. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Makeeva S.V. Psychophysiological parameters of students before and after translatitude travels // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 4. – Pp. 18-24.
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 [In Russian]. – 2019. – Vol. 7. – Pp. 11-16.
28. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the parameters for tremograms according to the Eskov–Zinchenko effect // Biophysics. – 2018. – Vol. 63, № 2. – Pp. 262-267.
29. Filatova O.E., Berestin D.K., Ilyashenko L.K., Bashkatova Y.V. The influence of hypothermia on the parameters of the electromyogram at low muscle tone state // Human ecology [In Russian]. – 2019. – Vol. 5. Pp. 43-48.
30. Filatova O.E., Bashkatova Y.V., Filatova D.Y., Ilyashenko, L.K. Human organism in the conditions of homeostatic dynamics of meteorological parameters of the russian north // Human ecology. – 2019. – Vol. 9. – Pp. 24-30.
31. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // Russian journal of biomechanics. – 2018. – Vol. 22(1). – Pp. 62-71.
32. 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(3). – Pp. 210-214.
33. Prigogine I. R. The philosophy of instability // Futures. 1989. Pp. 396-400.
34. Shakirova, L.S., Filatova, D.Y., Ilyashenko, L.K., Bashkatova, Y.V. Integrally-temporal and spectral parameters of cardiovascular system of pre-adolescent population of khanty-mansi autonomous Okrug - Ugra under the conditions of latitudinal displacements // Human ecology [In Russian]. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 32-36.
35. 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). – Pp. 115-117.
36. 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). – Pp. 419–423.
37. Zilov, V.G., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V., Ilyashenko L.K., and Kitanina K. Yu.. Examination of statistical instability of electroencephalograms // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2019. – Vol. 168(7). – Pp. 5-9.