III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI: 10.12737/article_5d4835808edf40.56340863

ПРОБЛЕМА КОМПАРТМЕНТНО-КЛАСТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БИОСИСТЕМ

В.М. ЕСЬКОВ[1], В.А. ГАЛКИН[1], Д.Ю. ХВОСТОВ[2], И.Р. ЕРЕГА[2]

[1]ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук». Обособленное подразделение «ФНЦ НИИСИ РАН» в г. Сургуте, ул. Базовая. 34, Сургут, Россия, 628400
[2]БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. При повторных регистрациях выборок любых параметров в биомеханике невозможно получить статистические совпадения (подряд) выборок треморограмм, тепингграмм или электромиограмм, как и параметров ССС. Это касается всех 16-ти параметров x_i для ССС (у одного испытуемого). Возникает тогда закономерный вопрос: как себя будет вести группа якобы одинаковых испытуемых в одном, общем, гомеостазе (состоянии функций организма)? Можно ли наблюдать ЭЕЗ, но уже целой группы, якобы одинаковых испытуемых. Справедливо ли ЭЕЗ в биомеханике и для целой группы якобы однородно подобранной группы испытуемых? Поскольку для одного испытуемого мы это имеем (табл. 1 и 2), то ожидается ЭЕЗ и для группы, состоящей из разных испытуемых.

Ключевые слова: *хаос, стохастика, эффект Еськова-Зинченко, эффект Еськова-Филатовой.*

THE PROBLEM OF COMPARTMENT-CLUSTER MODELING OF BIOSYSTEMS

V.M. ESKOV[1], V.A. GALKIN[1], D.Yu. HVOSTOV[2], I.R. YEREGA[2]

[1]Federal Science Center Scientific-research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences, Bazovaya st, 34, Surgut, Russia, 628400
[2]Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. It is impossible to obtain statistical coincidences (in a row) of samples of tremorograms, tappingrams or electromyograms and parameters of cardiovascular system, during repeated registration of samples of any parameters in biomechanics. This statement is true for all 16 parameters x_i for the human cardiovascular system (in one subject). Therefore, we are interested in the behavior of a group of conditionally identical subjects in one homeostasis (state of organism functions). We are also interested in the possibility of observing the effect of Eskov-Zinchenko for a whole group of conditionally identical subjects. We have the effect of Eskov-Zinchenko for one subject (tables 1 and 2). Therefore, this effect is expected for a group of different subjects.

Key words: *stochastics, chaos, the effect of Eskov-Zinchenko, the effect of Eskov-Filatova.*

Введение. Физика, химия, техника допускают разброс вокруг среднего, но для этих переменных x_i функции распределения $f(x_i)$ в одинаковых условиях должны быть одинаковыми. Их $f(x_i)$ должны совпадать в одинаковых опытах и всегда $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ с $p=1$ (или $p\geq 0,95$). Это аксиома для всех объектов детерминистской и стохастической науки - ДСН. Но для живых систем этого никогда не будет. В одном и том же опыте, с одним и тем же испытуемым (при n-кратных повторах этого же опыта) мы не получим совпадения выборок x_i, их статистических функций распределения $f(x_i)$, т.е. обычно $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ с $p\leq 0,05$ или даже с $p\leq 0,01$ (в биомеханике для треморограмм – ТМГ или для электромиограмм – ЭМГ). Это составляет основу эффекта Еськова-Зинченко в биомеханике (и других разделах физиологии) и биофизики сложных систем [1-8]. На это указывал Г.Р. Иваницкий и сейчас мы это доказали не только для живых систем, но и для метеопараметров

среды обитания человека (иными словами, метеопараметры являются примером гомеостатических систем (ГС)). У этих ГС нет статистической устойчивости, их модели – уравнения с разрывной правой частью [4-10, 21, 22]. Такие ГС W.Weaver в 1948 г. обозначил как системы третьего типа (СТТ) и в дальнейшем мы их будем называть или гомеостатические системы – ГС, или СТТ [6-11, 20-29]. Эти ГС отличны от привычного гомеостатического регулирования в ДСН [1-6].

Физика живых систем (за счет внутренней самоорганизации) не совпадает с физикой (химией, техникой) систем неживой природы. Для ГС-СТТ нет понятия флуктуаций, о которых говорил Л.Д. Ландау в статистической физике. Нет сохранения моды, медианы, статистического среднего $<x>$ (арифметического), нет сохранения дисперсии и любых других моментов [9-22]. Более того, для СТТ-ГС нормальный закон распределения (Гаусса) имеет место в 1-2% случаев и обычно мы имеем непараметрические распределения.

1. Отсутствие однородности любой группы испытуемых.

Подчеркнем еще раз, что слово «одинаковый» или «однородный » в современной ДСН имеет только два значения. В детерминизме мы в этом случае говорим о равенстве значений компонент вектора состояния системы $x=x(t)= (x_1, x_2,..., x_m)^T$, т.е. должно быть $x_{ij}=x_{ik}$. Здесь $j\neq k$ и $j,k=1,2...,n$, где n – число испытуемых в данной группе. Иными словами в детерминизме мы должны иметь попарное равенство параметров x_i организма всех участников группы (их всех параметров, т.е. это справедливо для каждого x_i). Это обычно наблюдается в физике, технике, химии, где исходно легко подобрать объекты с одинаковой массой (энергией, скоростью и т.д.) или растворы с одинаковой концентрацией $c(t)$ некоторого вещества. Тем более это общепринято в технике, где все детали и устройства в целом реализуются в рамках допусков и посадок (т.е. имеем флуктуации около некоторых средних значений $<x_i>$). Для ГС мы не можем наблюдать «флуктуации», т.к. сама $<x_i>$ хаотически изменяется (вместе с дисперсией D и другими характеристиками выборок x_i).

В стохастике понятие «одинаковый» (или однородный для группы) подразумевает статистическое равенство, когда уже будут совпадать выборки параметров $\{x_{ij}\}$ и $\{x_{ik}\}$, при $j\neq k$, Иными словами, мы теперь будем сравнивать не точки в ФПС, а целые выборки для каждого параметра x_i (для каждого j-го и k-го испытуемого в данной группе). В этом смысле мы будем требовать возможности отнесения любой пары выборок для j-го и k-го испытуемого к некоторой общей (одной) генеральной совокупности (для каждой такой пары выборок, при $j\neq k$). Иными словами мы должны попарно потребовать статистического совпадения выборок (для любого j-го и k-го испытуемого из группы). Здесь проверка одинаковости (однородности) происходит в рамках стохастических гипотез.

Очевидно, что для разных людей (их выборок x_i) мы уже будем применять критерий Ньюмена-Кейлса или Краскела-Уолиса (а не критерий Вилкоксона, как в ЭЕЗ для отдельного испытуемого в режиме n испытаний). Теперь уже $i=1, 2, ... n$ будет не номером повтора испытаний, а номером (j) испытуемого. Эти различия между ЭЕЗ и группой существенны (выборки уже не связанные), но требования остаются неизменными: необходимо для диагностики разных (j-й и k-й из всех n) выборок требовать для этого критерия p его значение $p<0,05$ (как и для Вилкоксона, там p тоже мала, $\beta<0,05$).

Наши многочисленные расчеты по нахождению матриц парных сравнений выборок ТМГ (или ЭМГ) для 15-ти разных испытуемых (одного пола, возраста и т.д.) в итоге (несколько сот матриц для тысяч измерений выборок x_i) показали приблизительно хаос СТТ-ГС (в виде ЭЕЗ). Иными словами и группа показывает аналог ЭЕЗ при измерении треморограмм или электромиограмм. Мы сейчас представляем характерную таблицу 1 для одного и того же испытуемого, а в таблице 2 представлена матрица таких парных сравнений выборок ТМГ для 15-ти разных

испытуемых, находящихся в неизменном гомеостазе НМС при регистрации их ТМГ путем разового измерения (выборки ТМГ из 500 точек, за 5 секунд). Из этой таблицы 2 следует, что число k_2=11 пар, для которых имеется одна общая (генеральная) совокупность, весьма невелико. В таблице 2 для ТМГ k_2=11, т.е. доля статистического совпадения выборок ТМГ (в якобы однородной группе) крайне мала (доля стохастики менее 10%, k_2 для ТМГ очень мало – $k_2<10\%$ из всех 105 разных пар сравнений). Иными словами ЭЕЗ имеет место и для разных испытуемых (без повторов). Это выходит уже за границы гипотезы Н.А. Бернштейна [9] о «повторении без повторений» и за границы ЭЕЗ. Все оказалось гораздо сложнее, т.к. под вопросом теперь находится проблема подбора однородной группы испытуемых в биомеханике и как для одного испытуемого, и для группы разных испытуемых. Если k_2 невелико, то это означает отсутствие совпадений в сравниваемых парах выборок ТМГ для разных испытуемых [19-30]. Те немногие пары, которые попали в k_2, между собой (как пары) различаются, у каждой пары своя генеральная совокупность. Возникает вопрос: можно ли построить модели, которые бы описывали матрицы ТМГ, сходные с табл.1 и табл.2, т.е. эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ) и Еськова-Филатовой – ЭЕФ (табл.2)?

Таблица 1

Матрица парных сравнений выборок ТМГ у одного испытуемого в спокойном состоянии, в режиме N=15 повторений, построенная с помощью непараметрического критерия Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*) число совпадений k_1=3

№15	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	0.09	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	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.01	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	0.00	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	***0.06***	0.00	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		0.00	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	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.11	0.00
13	***0.09***	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	0.00	0.00	***0.11***	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	

Примечание:* ***p* – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят p<0,05)

Таблица 2

Матрица парных сравнений выборок (N=15) параметров ТМГ группы испытуемых из 15-ти человек в спокойном состоянии, построенная с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса, число совпадений k_2=11

	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	0,01	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	0,10	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,07
5	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,01	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,02	0,01	0,00	0,00	0,52	0,04	0,01	0,00	0,06
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02		0,91	0,00	0,02	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	**0,91**		0,00	0,01	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	**0,10**	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,97**	0,00	0,02	0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,52**	0,00	0,00	0,00	0,00		0,11	0,00	0,00	0,35
12	0,00	0,00	0,00	**0,22**	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,11**		0,00	0,00	0,74
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	**0,49**	**0,28**	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,01	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
15	0,00	0,00	0,00	**0,07**	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,35**	**0,74**	0,00	0,00	

Примечание:* ***p* – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят p<0,05)

2. Компартментно-кластерное моделирование ЭЕЗ и ЭЕФ. Напомним, что общая теория компартментно-кластерных систем была разработана (в том числе и Еськовым В.М.) в конце 80-х и начале 90-х годов 20-го века. В основе ККП

лежат 8 постулатов организации сложных (иерархических) биосистем [12-16], которые приводят к иерархическим моделям, например, в виде двухкластерной, трехкомпартментной модели вида (1).

$$dx/dt = A(y)x - bx + ud$$
$$y = C^T x \qquad (1)$$

Здесь $A=A(x)$ – матричная функция, $x=x(t)$ – вектор состояния биосистемы, b – коэффициент диссипации сигнала и ud – внешний управляющий (возмущающий) драйв, который действует на оба кластера. Функция выхода $y=y(t)$ у нас в биомеханике представляет движение конечным (т.е. это ТМГ) или работу мышц (тогда это интерференционная электромиограмма - ЭМГ) [1-4, 20-29].

Этим уравнениям (1) в простейшем случае соответствует компартментно-кластерная (двухкластерная) графовая структура, например, рис.1 . Здесь представлены $n=2$ кластера, каждый из которых содержит по $m=3$ компартмента ($n=2$, $m=3$) для всего общего вектора состояния системы $x(t)$ регуляции ТМГ или ЭМГ (для НМС). Сам вектор в этом уравнении (1) представлен шестью компонентами $x=x(t)= (x_1, x_2,..., x_{mi})^T$, где $m_1=n\cdot m=6$. Подчеркнем, что верхний уровень иерархии (1-й кластер) описывает уровень центральной нервной системы (ЦНС), который содержит тоже 3 компартмента (вход в виде афферентных сигналов – $x_1(t)$, центральное звено – $x_2(t)$ и выход (эфференты) – $x_3(t)$).

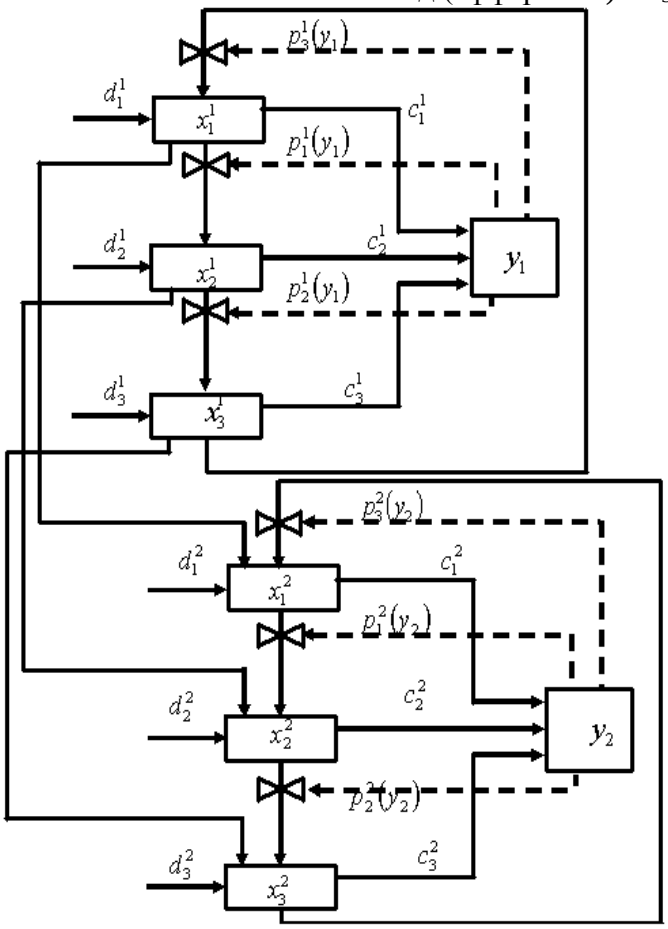

Рис.1. Графовая структура двухкластерной трехкомпарментной иерархической системы управления со стороны нейросетей мозга (первый, верхний кластер состоит из трех компартментов) соподчиненным ему нижним кластером – НМС, который обеспечивает периодическое управляющее движение конечности человека (у нас это палец и его движение в виде треморограммы – ТМГ)

Нижний кластер представлен тоже тремя компартментами: механорецепторы – афференты – $x_4(t)$ (от мышц например, в виде проприорецепторов мышц), спинальные нейроны – $x_5(t)$ и эфференты $x_6(t)$ в виде двигательных нервов и мышц.

Подчеркнем, что такую же трехкомпартментную структуру имеет и сердечно-сосудистая система (ССС), причем ее регуляторная структура на уровне продолговатого мозга. Все такие двухкластерные системы регуляции всегда содержат 3 компартмента в каждом кластере (звене) управления (как ССС, так и НМС). Подчеркнем, что именно в таких компартметно-кластерных системах (если ввести в них искусственно разрывную правую часть) возможно возникновение статистической неустойчивости. В рамках такого ККП можно получить для *y(t)* матрицы, которые будут идентичны таблице 1 и таблице 2, которые представлены выше.

Рассмотрим, как работает такая система регуляции (в виде уравнения (1) и схемы рис.1) на примере регуляции работы мышц (НМС). Подчеркнем, что наша главная цель – это создание адекватной математической (биофизической) модели, описывающей хаотическое (с позиций стохастики, а не в рамках хаоса Лоренца) поведение выходной функции y(t) в модели (1). Эта *y(t)* для треморограмм (ТМГ) будет представлена реальным хаосом ТМГ в виде калейдоскопа случайных статистических функций *f(x)* для ТМГ одного испытуемого, находящегося в неизменном состоянии НМС. При регистрации у любого испытуемого подряд выборок ТМГ мы должны получить аналог таблицы 1 или таблицы 2 (для ТМГ или ЭМГ).

Иными словами мы ставим задачу описания хаоса *f(x)* для ТМГ, полученных подряд у одного испытуемого в неизменном состоянии (гомеостазе). Можно ли вообще в рамках функционального анализа получить хаос выборок (модельных) ТМГ при неизменном гомеостазе? Подчеркнем, что математически неизменность гомеостаза у нас в модели (1) представляется неизменностью общей структуры связей, т.е. элементами общей двухкластерной матрицы *A* (модели (1)) в виде: $A=\begin{pmatrix} A_{11} & 0 \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}$, где A_{11} и A_{22} описывают внутрикластерные связи, а матрица A_{21} представляет межкластерные связи (всех компартментов). Иными словами неизменность гомеостаза любой ФСО (у нас это НМС и ССС) математически описывается (в рамках функционального анализа) неизменностью межкластерных и межкомпартментных связей. Это имеет вполне четкий биологический смысл: морфология органов и систем органов в неизменном гомеостазе не изменяется.

Итак, *A* остается неизменной (даже при переходе в другой гомеостаз), но на фоне неизменности *A=const* могут изменяться некоторые параметры модели, например, в виде коэффициента диссипации (*-b*) или функций внешних управляющих драйвов (воздействий) – ВУД. Это легко наблюдать, например, в ЦНС, когда активность нейронов сетей мозга (в виде электроэнцефалограмм – ЭЭГ) непрерывно и хаотически изменяется. Этот факт сейчас усиленно отрицается (или замалчивается) электрофизиологами (и всеми специалистами в области Brain research), но это очень легко доказать и проверить, если многократно регистрировать от одной области (у одного испытуемого в неизменном гомеостазе) мозга, подряд, электроэнцефалограмму – ЭЭГ.

В целом, вариация (хаотическая, как ЭЭГ, так и ЭМГ) параметров модели приводят к стохастическому хаосу в выходной функции *y(t)* модели (1). Это легко проверяется, если мы будем хаотически выбирать для каждой выборки *y(t)* (на некотором временном интервале Δt) в модели (1) значения, например, *-bx*. Фактически, мы ступенчато (резко и хаотически) изменяем параметр модели *b*, т.е. выбираемого из равномерного интервала (0, 1), что и имитирует уравнения А.Ф. Филлипова. Оказалось, что если таким образом (дискретно, на интервале Δt) выбирать из большого интервала значения b_1 (в модели (1)) и получать наборы выборок для разных (хаотически выбранных из интервала (1, 12, 1,8)) значений b_1, то мы будем получать для каждого Δt, и каждого b_{ij} свои особые значения *y(t)* и свои особые выборки *y(t)* – выхода (*b*) модели (1). Это нами будет трактоваться или как выборки ТМГ, или как выборки ЭМГ в биомеханике [21-29].

Еще раз укажем, что на некоторой Δt параметр b_1= const, но на $\Delta t_2 = \Delta t_1$, мы имеем резкое его изменение при переходе в Δt_2. При этом $b_1 \neq b_2$ и $b_2 \in (0, 1)$, но выбирается b_2 хаотически. Аналогично $b_3 \neq b_1 \neq b_2$ и $b_3 \in (0, 1)$ и т.д. до Δt_n, где $n=15$.

Подчеркнем, что большие интервалы вариации Δt порождают в модельных матрицах небольшие значения k. В одной из таких таблиц мы имеем для модели (1) аналогичную матрицу (для 15-ти разных b_i на интервалах $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \ldots = \Delta t_{15}$) всего $k_6=4$ (число статистических совпадений). Вариации Δb_i находятся в интервале *(1, 12; 1,8)*.

При изменении этого интервала b сразу возрастает доля стохастики в таблицах, подобных табл. 1. Такое сужение Δb_i может происходить под действием сознания, когда мы переходим от непроизвольных движений (тремор) к произвольным движениям (теппинг).

Заключение. Известно, что стохастика требует неизменного повторения начальных параметров $x(t_0)$ для вектора состояния исследуемой системы. В ТХС этого нет, там все находится в статистическом хаосе, даже выборки $x(t_0)$ мы не можем произвольно повторить ($f_j(x_0) \neq f_{j+1}(x_0)$ с вероятностью $p \geq 0,95$ в ТХС). Таким образом, в рамках компартментно-кластерных моделях, в неизменном гомеостазе, можно описывать произвольные ($k \leq 20$) и непроизвольные ($k \leq 7$) движения. При этом хаос в любом случае будет превалировать в виде ЭЕЗ. Очевидно, что сознание может влиять (как-то) на долю стохастики и это определяется в сужении интервалов хаотической вариации (у нас для b, когда сужаются интервалы (b_1, b_2) для теппинга, а для ТМГ мы имеем более широкие интервалы хаотического разброса b).

Как тогда можно оценивать однородность (якобы однородной) группы испытуемых, если не только для одного (любого!) испытуемого мы в биомеханике имеем ЭЕЗ, но и для 15-ти разных испытуемых этот эффект (ЭЕЗ) легко демонстрируется. Более того, мы еще имеем и ЭЕФ, когда доля статистических совпадений ТМГ, ТПГ и ЭМГ будет ниже у одного человека, чем у группы (испытуемые в группе наиболее статистически подобны, чем отельный человек на самого себя!). Сейчас мы доказываем, что ЭЕЗ и ЭЕФ можно моделировать в рамках компартментно-кластерного подхода. Более того, мы можем моделировать роль сознания (теппинг) в организации движений [2-6, 18, 21-28, 33, 34].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00161 А «Разработка вычислительной системы мониторинга и моделирования параметров организма жителей Севера РФ», №18-07-00162 А «Вычислительные системы для идентификации параметров нормогенеза и патогенеза в биомеханике на примере тремора и теппинга».

Литература

1. Еськов В.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Живаева Н.В. Влияние локального холодового воздействия на параметры электромиограмм у женщин // Экология человека. – 2018. – № 9. – С. 42-47.
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., Клюс Л.Г., Миллер А.В. Гомеостатичность нейросетей мозга // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 102-113.
4. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Еськов В.В. Гипотеза Н.А. Бернштейна и реальный хаос гомеостатических систем в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2017. – № 3. – С. 22-38.
5. Еськов В.М., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Иляшенко Л.К. Параметры кардиоинтервалов испытуемых в условиях гипотермии// Экология человека. – 2018. – № 10. – С. 39-45.

6. 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.
7. Мирошниченко И.В., Прохоров С.В., Эльман К.А., Срыбник М.А. Сравнительный анализ хаотической динамики показателей сердечно-сосудистой системы пришлого детско-юношеского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25, № 1. – С. 154-160.
8. 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.
9. Bernshtein N.A. The co-ordination and regulation of movements // Oxford: New York, Pergamon Press. 1967.
10. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 6. – Pp. 961-966.
11. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62, No. 11. – Pp. 1611-1616.
12. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4, No. 4. – Pp. 403-416.
13. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37, No. 8. – Pp. 967-971.
14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48, No. 1-2. – Pp. 47-63.
15. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25, No. 6. – Pp. 348-353.
16. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11, No. 2-4. – Pp. 203-226.
17. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44, No. 3. – Pp. 518-525.
18. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6, No. 1. – Pp. 24-28.
19. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vokhmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6, No. 3. – Pp. 191-197.
20. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 5. – Pp. 809-820.
21. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.
22. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 1. – Pp. 143-150.
23. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V., Gorbunov D.V., Ilyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // Moscow University Physics Bulletin. – 2017. – Vol. 72, No. 3. – Pp. 309-317.

24. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol. 21, No. 1. – Pp. 14-23.
25. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.
26. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol. 21, No. 3. – Pp. 224-232.
27. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63, No. 2. – Pp. 125-130.
28. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremorgrams at the stress exposure // Russian Journal of Biomechanics. – 2018. – Vol. 22, No. 1. – Pp. 62-71.
29. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Ilyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52, No. 3. – Pp. 210-214.
30. Prigogine I. R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature; Free Press. 1997.
31. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Pp. 536-544.
32. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feyman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey; Cambridge, MA, Perseus Books. – 1999. – 309 p.
33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164, No. 2. – Pp. 115-117.
34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165, No. 4. – Pp. 415-418.

References

1. Es'kov V.V., Beloshchenko D.V., Bazhenova A.E., Zhivaeva N.V. Vliyanie lokal'nogo holodovogo vozdejstviya na parametry ehlektromiogramm u zhenshchin [The influence of local cold effects on electromygram parameters in women] // Ehkologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2018. – № 9. – S. 42-47.
2. Es'kov V.V. Problema statisticheskoj neustojchivosti v biomekhanike i v biofizike v celom [The problem of statistical instability in biomechanics and biophysics in general] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 2. – S. 166-175.
3. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Klyus L.G., Miller A.V. Gomeostatichnost' nejrosetej mozga [Homeostasis of brain neural network] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 1. – S. 102-113.
4. Es'kov V.M., Zinchenko Yu.P., Filatova O.Ye., Es'kov V.V. Gipoteza N.A. Bernshteyna i real'nyy khaos gomeostaticheskikh sistem v psikhologii [Hypothesis N.A. Bernstein and the real chaos of homeostatic systems in psychology] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya [Messenger Moscow university. Series 14: psychology]. – 2017. – № 3. – S. 22-38.
5. Es'kov V.M., Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V., Ilyashenko L.K. Parametry kardiointervalov ispytuemyh v usloviyah gipotermii [Cardiointervals

parameters of human body in response to hypothermia] // Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2018. – № 10. – S. 39-45.

6. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliyev N.Sh., Vorob'yeva L.A. Haos parametrov gomeostaza funktsional'nykh sistem organizma cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of functional systems of the human body] // Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 1. – S. 143-153.
7. Miroshnichenko I.V., Prohorov S.V., Ehl'man K.A., Srybnik M.A. Sravnitel'nyj analiz haoticheskoj dinamiki pokazatelej serdechno-sosudistoj sistemy prishlogo detsko-yunosheskogo naseleniya Yugry [Comparative analysis of the chaotic dynamics of the CVS alien youth of Ugra population] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 1. – S. 154-160.
8. Miroshnichenko I.V., Bashkatova Yu.V., Filatova D.Yu., Uraeva Ya.I. Ehffekt Es'kova-Filatovoj v regulyacii serdechno-sosudistoj sistemy – perekhod k personificirovannoj medicine [The effect of Eskov-Filatova in regulation of the cardiovascular system as a transition to individualized medicine] // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25, № 2. – S. 200-208.
9. Bernshtein N.A. The co-ordination and regulation of movements // Oxford: New York, Pergamon Press. 1967.
10. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 6. – Pp. 961-966.
11. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62, No. 11. – Pp. 1611-1616.
12. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4, No. 4. – Pp. 403-416.
13. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37, No. 8. – Pp. 967-971.
14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48, No. 1-2. – Pp. 47-63.
15. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25, No. 6. – Pp. 348-353.
16. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11, No. 2-4. – Pp. 203-226.
17. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44, No. 3. – Pp. 518-525.
18. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6, No. 1. – Pp. 24-28.
19. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vokhmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6, No. 3. – Pp. 191-197.
20. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 5. – Pp. 809-820.
21. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.
22. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without

Repetition" Discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 1. – Pp. 143-150.
23. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V., Gorbunov D.V., Ilyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // Moscow University Physics Bulletin. – 2017. – Vol. 72, No. 3. – Pp. 309-317.
24. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol. 21, No. 1. – Pp. 14-23.
25. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // Human Ecology. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.
26. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // Russian Journal of Biomechanics. – 2017. – Vol. 21, No. 3. – Pp. 224-232.
27. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect Biophysics // Biophysics. – 2018. – Vol. 63, No. 2. – Pp. 125-130.
28. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremorgrams at the stress exposure // Russian Journal of Biomechanics. – 2018. – Vol. 22, No. 1. – Pp. 62-71.
29. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Ilyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // Biomedical Engineering. – 2018. – Vol. 52, No. 3. – Pp. 210-214.
30. Prigogine I. R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature; Free Press. 1997.
31. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Pp. 536-544.
32. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feyman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey; Cambridge, MA, Perseus Books. – 1999. – 309 p.
33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2017. – Vol. 164, No. 2. – Pp. 115-117.
34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2018. – Vol. 165, No. 4. – Pp. 415-418.