01

Феномен статистической неустойчивости систем третьего типа-*complexity*

© В.В. Еськов, Т.В. Гавриленко, В.М. Еськов, Ю.В. Вохмина

Сургутский государственный университет,
626415 Сургут, Россия
e-mail: valery.eskov@gmail.com

(Поступило в Редакцию 29 декабря 2016 г.)

Проблема реальности и особых свойств систем третьего типа представлена в рамках новой теории хаоса–самоорганизации. Фактически ставится глобальная проблема о возможности существования стационарных режимов у гомеостатических систем. К этим системам относятся не только медицинские и биологические системы, но и динамика метеопараметров, параметров окружающей среды, в которой находится человек. В рамках нового подхода дается новое определение стационарных режимов гомеостатических систем-*complexity*.

DOI: 10.21883/JTF.2017.11.45117.2158

Введение

До настоящего времени считалось, что регуляторные динамические системы в биологии и медицине, а также метеопараметры, климат можно описывать в рамках стохастики или хотя бы в рамках моделей динамического хаоса. Имеются также многочисленные попытки описывать такие особые системы третьего типа (СТТ) в рамках фрактальной размерности, мультифракталами и т. д. В последнем были убеждены два нобелевских лауреата (I.R. Prigogine [1] и M. Gell-Mann [2]) и J.A. Wheeler [3], что представлено в целом ряде их публикаций. Однако действительность оказалась иной — любые биомеханические и многие параметры других регуляторных систем человека при организации движения, работы сердца, биоэлектрической активности мозга человека и т. д. не могут генерировать инвариантность мер или стремление автокорреляционных функций $A(t)$ к нулю с ростом времени t. Оказалось, что СТТ-*complexity* имеют особый хаос в виде непрерывно изменяющихся функций распределения $f(x)$ [4–8]. Поскольку для СТТ нет выполнения $A(t) \to 0$, константы Ляпунова меняют знак непрерывно, нет инвариантности мер (нет свойства перемешивания), хаос СТТ не описывается аттрактором Лоренца. Динамический хаос Лоренца–Арнольда не моделирует СТТ [8–12].

Стохастические (и хаотические) подходы сейчас пытаются применять и в описании параметров климата (долгосрочный прогноз) и метеопараметров окружающей среды (в физике атмосферы, например). Как отмечается в ряде дискуссионных работ [13,14] о статистической устойчивости для разнообразных физических процессов, эта гипотеза об устойчивости не подтверждается именно при изучении динамики ряда физических систем [13] и биосистем [4–8,10,15–18]. В таких эффектах неустойчивости наблюдается нарушение устойчивости выборочного среднего, моды или выборочного среднеквадратического отклонения (СКО) или выборочных моментов более высокого порядка. Тогда возникает другая проблема неустойчивости — это неустойчивость характеристик СТТ в виде параметров вектора состояния таких *complexity* $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ по всем координатам x_i. Для СТТ имеются все-таки некоторые стохастические закономерности, но особый хаос СТТ (эмерджентных систем по J.A. Wheeler [3]) не является объектом современной науки (именно это высказал I.R. Prigogine в своей известной работе [1]). Именно это пытался представить в ряде своих публикаций И.И. Горбань [13], но проблема выходит за рамки неустойчивости при больших интервалах наблюдения [13]. Сейчас речь идет о глобальной неустойчивости гомеостатических систем, к которым относятся не только биосистемы, но и климат, метеопараметры и экопараметры среды обитания человека [4–9,11,12,20].

Одновременно ряд авторов подчеркивает связь между статистической устойчивостью (у нас, наоборот, неустойчивостью) процесса и его спектром [1,4]. При этом особым образом подчеркивается связь корреляционных функций (КФ) и спектральной плотностью сигнала (СПС). Например, подчеркивается связь КФ и СПС $S_x(t)$ для стационарного процесса $x(t)$ интегральным преобразованием Винера–Хинчина [13].

В нашем исследовании в области биомеханики и изучения метеопараметров среды для СТТ мы показываем, что характер этих неопределенностей различен, в биомеханике мы имеем особый тип хаоса — это хаос (непрерывное и непрогнозируемое изменение) любых статистических характеристик любых живых систем, которые мы обозначаем как гомеостатические системы (или СТТ), *complexity* [4–9,19–21].

Количественная интерпретация эффекта статистической неустойчивости в биомеханике

Общеизвестно, что понятие статистической устойчивости процессов сводится к стабилизации измеряемых характеристик процессов (выборочного среднего, СКО, статистической дисперсии — СД, выборочных моментов более высокого порядка) при увеличении интервала усреднения усредненных величин этих процессов. Традиционно в математической статистике вводится критерий статистической устойчивости по отношению к выборочному среднему, для случайного процесса $x(t)$ с выборочным средним Y_N. Процесс считается устойчивым, если при устремлении объема выборки N к бесконечности параметр статистической неустойчивости $\gamma_N = M[\overline{D}_{Y_N}]/\overline{D}_{x_N}$ стремится к нулю.

Однако все процедуры расчета статистических величин и их оценок могут быть выполнены, если имеется выполнение двух принципиальных условий.

Во-первых, процесс не должен участвовать в эволюции своих параметров, иначе все измеряемые величины будут изменяться в рамках каких-либо законов или даже хаотически (но без флуктуаций вокруг некоторых средних величин). В этом случае выборочное среднее, СКО и выборочные моменты более высокого порядка будут закономерно и целенаправленно изменяться (дрейфовать), например, в сторону их увеличения или уменьшения. Тогда все вышеприведенные расчеты теряют смысл, и, возможно, этим объясняется неустойчивость x_i на больших интервалах наблюдений у И.И. Горбаня [13]. Отметим, что базовыми свойствами любой живой системы является именно эволюция любых параметров, например компонент x_i всего вектора состояния системы $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m-мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). По этой причине мы не можем использовать всю идеологию статистики и методы оценки статистической устойчивости процессов для живых систем, в частности, для биомеханических систем.

Во-вторых, мы должны подтвердить возможность параметрических распределений, для которых вообще возможен расчет выборочного среднего, γ_N , выборочного СКО и др. статистических параметров функций распределения $f(x)$. Нами установлено, что для любого биомеханического движения при попытках повторения измерений получаются выборки $x_1, x_2, \dots,$ которые только в $1-2\%$ случаев можно описывать параметрическими законами распределения. В 99% случаев мы имеем непараметрические распределения. Одновременно с учетом возможности эволюции СТТ задача в целом усложняется многократно, так как сами $f(x)$ и др. характеристики СТТ могут хаотически изменяться. Именно это является базовым критерием гомеостатических СТТ-*complexity*, и это сразу выводит *complexity* за пределы традиционной статистики. Однако отказываться от статистики в изучении биосистем все-таки еще рано и нецелесообразно [4–9,11–20].

Очевидно, что в анализе особенностей динамики поведения сигнала $x(t)$ в биомеханике большую роль играет не только специфика СКО, дисперсий и выборочных моментов более высокого порядка, но и СПС, корреляционный (автокорреляционный) анализ. Именно

Таблица 1. Матрица парного сравнения выборок треморограмм испытуемого ГДВ (число повторов $N = 15$), использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости $p < 0.05$, число совпадений $k_1 = 4$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.07	.00	.00	.00	.00
3	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	**.82**	.00	.00	.00	.00	.00
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	**.57**
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	**.95**	.00	.00
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00
10	.00	.00	.00	.82	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00
11	.00	.07	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00
13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.95	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00
14	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
15	.00	.00	.00	.00	.00	.57	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	

этой проблеме мы и посвящаем наши усилия в отношении различных характеристик систем живой природы (на примере биомеханических параметров) и неживой природы (метеопараметры). Сразу отметим, что мы сейчас в биомеханике говорим об анализе динамики поведения координаты $x_1(t)$ — положения части тела испытуемого. При треморе или теппинге это координата пальца с металлической пластиной по отношению к токовихревому датчику. За счет дискретизации измерения имеем указанную последовательность x_i, которая у нас для x_1 (перемещение конечности в пространстве) дает набор x_{1k}, где k — $1, 2, \dots, n$ и $x_2 = dx_1/dt$ — скорость изменения $x_1(t)$, а также в ряде случаев мы используем и $x_3 = dx_2/dt$ — ускорение изменения $x_1(t)$ [4–9,18–22].

Все эти значения x_i у нас были дискретные (обычно период квантования в измерениях был $\Delta t = 10\,\mathrm{ms}$). Координаты такого трехмерного вектора состояния биомеханической системы $x = x(t) = (x_1, x_2, x_3)^T$ непрерывно изменяются в трехмерном фазовом пространстве состояний и образуют некоторые ограниченные последовательности (обычно эпоха наблюдения $T = 5\,\mathrm{s}$ и тогда $n = 500$), которые мы при повторных (подряд) регистрациях определяли как выборки. Для этих выборок (по n точек в каждой) мы рассчитывали статистические характеристики у всех наборов $x_1(t)$ при их парном сравнении. При этом строились матрицы парных сравнений, которые при 15 подряд получаемых выборках $x_i(t)$ имели всего 105 независимых пар сравнения, и такую закономерность можно получить только в рамках компартментно-кластерного моделирования [19,22–26].

Для всех биомеханических систем (а это более 1000 выборок треморограмм — ТМГ и теппинграмм — ТПГ) наблюдается устойчивая закономерность: получаемые выборки могут удовлетворять закону нормального распределения не более чем в 1% случаев (все остальные — непараметрические распределения) [4–9,14]. Сейчас мы используем матрицы парного сравнения выборок, получаемых от одного и того же испытуемого (подряд), который якобы находится в одинаковом физиологическом состоянии. В биологии это обозначают гомеостазом [2–9,19–25]. В табл. 1 мы представляем типичный пример такой матрицы (при $n = 500$ точек и числе повторов измерений выборок $N = 15$). Очевидно, что число k пар совпадений выборок для одного испытуемого в табл. 1 невелико, $k = 4$. Из тысячи таких повторов для тремора мы получили в среднем $\langle k \rangle = 5\%$. Повторение без повторений Н.А. Бернштейна [26] для тремора закономерно: только $k \approx 5\%$ (число пар треморограмм) можно отнести к одной генеральной совокупности, остальные выборки $x_1(t)$ разные.

Такая закономерность касается не только треморограмм и теппинграмм (биомеханических параметров испытуемых), но и всех других параметров, которые широко сейчас используются в физиологии, биологии, медицине, психологии, в глобальном изучении гомеостаза организма человека: выборок кардиоинтервалов, электромиограмм, электроэнцефалограмм, электронейрограмм, биохимических параметров крови и многих других параметров организма человека, которые очень широко и повсеместно используются в биологии, медицине, психологии и различных науках о живом. Очевидно, если $k < 30\%$, то мы имеем уникальные процессы, и любая выборка получается в биомедицине „без повторений". Тогда возникает закономерный вопрос: о какой статистике может сейчас идти речь в биологии и медицине (если любую выборку произвольно мы не можем повторить!)? С чем работает современная медицина? Можно ли к ней применять критерии, которые широко используются в технике, физике и химии?

Поскольку на возможность такого исхода при анализе измерений параметра организма человека впервые высказал Н.А. Бернштейн (его гипотеза о „повторении без повторения" [26]), его детальное исследование в психофизиологии и в биомеханике при изучении механизмов организации движений привело нас к открытию эффекта Еськова–Зинченко (в психофизиологии). В более широком смысле эффект Еськова–Зинченко включает общее свойство любых гомеостатических систем, которые демонстрируют статистическую неустойчивость в аспекте непрерывного (хаотического) изменения $f(x)$, $A(t)$, СПС и различных других характеристик выборок любых компонент x_i всего вектора $x(t)$ [2–9,12–20,27–31].

Как оказалось, неустойчивость СТТ — это более широкое понятие, и оно охватывает все гомеостатические системы в психологии, экологии, биологии и медицине (включая и параметры гомеостаза всей биосферы Земли). Подчеркнем, что сейчас для нас очевидно: для естествознания необходимо введение нового понятия в виде гомеостатического регулирования и гомеостатических систем в целом. Об этом пытался сказать I.R. Prigogine [1], говоря о живых системах как об

Таблица 2. Матрица парного сравнения выборок теппинграмм испытуемого ГДВ (число повторов $N = 15$), использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости $p < 0.05$, число совпадений $k_2 = 17$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		**.56**	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.56		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
3	.00	.00		.00	.01	.04	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	.00	.00	.00		**.73**	.00	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
5	.00	.00	.01	.73		.00	.05	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	.04	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	.00	.02	.05	.00		.00	.00	.02	.00	.00	.00	**.12**	.00
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		**.44**	.01	**.72**	.00	**.62**	**.11**	**.70**
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.44		.00	**.96**	.00	.03	.00	**.48**
10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.01	.00		.01	.00	**.11**	**.33**	.00
11	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.72	.96	.01		.00	**.28**	.03	**.36**
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00
13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.62	.03	.11	.28	.00		**.48**	**.16**
14	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.12	.11	.00	.33	.03	.00	.48		**.09**
15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.70	.48	.00	.36	.00	.16	.09	

Таблица 3. Матрица парного сравнения 15 выборок коэффициентов автокорреляций $A(t)$ треморограмм одного испытуемого ГДВ при повторных экспериментах ($k_3 = 27$), по критерию Вилкоксона (для непараметрического распределения)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.01	.00	**.43**	.00	**.10**	.00	.00	.00	.00	.00	.00	**.23**	.04	.00
2	.01		.00	**.38**	.00	**.43**	**.05**	**.07**	.00	**.77**	.00	.00	**.09**	.00	.00
3	.00	.00		.00	.00	.00	.01	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	.43	.38	.00		.00	**.13**	.00	.02	.00	**.11**	.00	.00	**.41**	.00	.00
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	**.07**	.00	.00	.00
6	.10	.43	.00	.13	.00		**.10**	**.10**	.00	**.66**	.00	.00	**.10**	.00	.00
7	.00	.05	.01	.00	.00	.10		**.47**	.00	**.13**	.00	.00	.00	.00	.00
8	.00	.07	.01	.02	.00	.10	.47		.00	**.63**	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	**.83**	**.08**	.00	.05	**.47**
10	.00	.77	.00	.11	.00	.66	.13	.63	.00		.00	.00	.02	.00	.00
11	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.83	.00		**.13**	.00	**.31**	**.45**
12	.00	.00	.00	.00	.07	.00	.00	.00	.08	.00	.13		.00	.00	.03
13	.23	.09	.00	.41	.00	.10	.00	.00	.00	.02	.00	.00		.00	.00
14	.04	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.05	.00	.31	.00	.00		**.26**
15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.47	.00	.45	.03	.00	.26	

уникальных системах (не объектах современной науки). Однако нобелевский лауреат с двумя другими своими коллегами (J.A. Wheeler и M. Gell-Mann) оставались в плену убеждения, что СТТ (биосистемы — *complexity*) являются объектом динамического хаоса. Это убеждение оказалось ошибочным, так как хаос биосистем в гомеостазе не демонстрирует аттракторы Лоренца [2–9,14–20]. Одновременно мы переходим и к другому фундаментальному вопросу естествознания: существует ли вообще возможность описания СТТ-*complexity* (гомеостатических систем) в рамках физико-математического подхода в целом и где границы применимости современной ма-

Таблица 4. Матрица парного сравнения выборок температуры T за месяц апрель 1991–2005 гг., использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости $p < 0.05$, число совпадений $k = 19$)

Годы	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1991		.00	.01	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1991	.00		.00	**.90**	**.53**	.00	.00	.02	.00	**.19**	**.99**	.00	.00	.07	.00
1991	.01	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1991	.00	.90	.00		**.42**	.00	.00	.01	.00	**.06**	**.95**	.00	.00	.04	.00
1991	.00	.53	.00	.42		.00	.00	.00	.00	.02	**.23**	.00	.00	.01	.00
1991	.00	.00	.00	.00	.00		.01	.00	.00	.00	.00	.00	**.68**	.00	.02
1991	.00	.00	.00	.00	.00	.01		.00	**.39**	.00	.00	.00	**.19**	.00	**.42**
1991	.00	.02	.00	.01	.00	.00	.00		.00	**.20**	.05	.00	.00	**.95**	.00
1991	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.39	.00		.00	.00	.00	.01	.00	**.58**
1991	.00	.19	.00	.06	.02	.00	.00	.20	.00		**.10**	.00	.00	**.75**	.00
1991	.00	.99	.00	.95	.23	.00	.00	.05	.00	.10		.00	.00	**.11**	.00
1991	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00
1991	.00	.00	.00	.00	.00	.68	.19	.00	.01	.00	.00	.00		.00	.03
1991	.00	.07	.00	.04	.01	.00	.00	.95	.00	.75	.11	.00	.00		.00
1991	.00	.00	.00	.00	.00	.02	.42	.00	.58	.00	.00	.00	.03	.00	

тематики и физики в изучении гомеостатических систем (СТТ-*complexity*) [2–9,11–20].

Ответы на эти вопросы легко получить, если подробно изучить эффект Еськова–Зинченко в биомеханике. Отметим, что Н.А. Бернштейн в 1947 г. только обратил внимание на возможность „без повторений“ в биомеханике, но количественную интерпретацию дали мы уже в XXI веке [4–12,14–22]. Фактически, речь идет о введении аналога принципа неопределенности Гейзенберга (который широко используется в квантовой механике) в биомеханику и во всю медико-биологическую науку [4–11,15,28–31]. Аналог принципа неопределенности Гейзенберга в биологии и медицине действительно позволяет нам оперировать с более устойчивыми характеристиками (объемами квазиаттракторов и координатами их центров в ФПС), чем традиционные стохастические характеристики [22–25,27,29].

Иллюстрация этому тезису очень проста, если мы будем статистически анализировать выборки, которые получаются у одного и того же человека при регистрации его биомеханических параметров: произвольных, не произвольных движений (в нашем сообщении) и всех других параметров гомеостаза. При получении подряд 15 выборок якобы произвольных движений — теппинграмм — ТПГ (сравните с матрицей в табл. 1 для ТМГ, где $\langle k \rangle \approx 5\%$) от одного человека (все его физиологические характеристики при этом якобы находятся в неизменном состоянии) мы можем построить матрицу парных сравнений 15 получаемых подряд (в одном эксперименте) выборок теппинграмм. Это представлено для примера в табл. 2, где демонстрируется критерий Вилкоксона p при парном сравнении всех 15 выборок (общее число пар сравнений $x_i = 105$).

Появляется полная неопределенность в получаемых выборках ТМГ и ТПГ, так как получить две одинаковые выборки, их одинаковые две статистические функции распределения $f(x)$ весьма затруднительно. Одновременно и любые СПС, и автокорреляции $A(t)$ невозможно произвольно повторить. Всегда СПС и $A(t)$ у треморограмм будут без повторений. Биосистемы не являются статистически устойчивыми системами, их статистические функции непрерывно и хаотически изменяются [27,29–31].

В табл. 3 мы демонстрируем динамику поведения значения автокорреляций $A(t)$ при подряд 15 регистрациях тремора (у одного и того же испытуемого в неизменном состоянии). Оказывается, что, как и для статистических функций распределения $f(x)$, невозможно получить подряд (произвольно) две одинаковые $A(t)$. В табл. 3 для испытуемого ГДА мы получаем некоторое число пар совпадений $A(t)$, но это число не превышает 30%. Более того, могут совпадать последние функции $A(t)$ с начальными $A(t)$, что в динамическом хаосе не должно наблюдаться (автокорреляция должна стремиться к нулю). Аналогичные закономерности наблюдаются и для СПС.

Новая интерпретация гомеостатических систем

Для любых гомеостатических систем (*complexity*) мы получаем несовпадения для СПС, $f(x)$, $A(t)$ сигнала $x_1(t)$. Все эти таблицы $(1, 2, 3)$ являются типичными (средними) примерами для всех испытуемых, их ТМГ и ТПГ при 15 повторах. Более того, мы делали повторы измерений по 15 сериям из 15 треморограмм в каждой серии (всего 225 выборок ТМГ и ТПГ у одного и того же испытуемого при неизменности его гомеостаза). Оказалось, что для тремора число совпадений пар выборок треморограмм $k \approx 5\%$, а для СПС $k \approx 20\%$. Иными словами, табл. 1–3 являются характерными примерами для треморограмм любого здорового человека, находящегося в спокойном состоянии, но изменение гомеостаза одновременно и закономерно вызывает изменение k.

Такое состояние мы сейчас называем гомеостазом. Гомеостатическими свойствами обладают не только параметры организма, но и метеопараметры, параметры климата. Такая динамика наблюдается в краткосрочном варианте для метеопараметров $x_1 = P$ — атмосферное давление, $x_2 = T$ — температура воздуха, $x_3 = R$ — относительная влажность воздуха. Все эти три параметра в таком трехмерном фазовом пространстве совершают непрерывное и хаотическое движение в течение суток, месяцев, года. Для этих трех координат мы можем представить матрицы парного сравнения выборок, которые так же, как и у ТМГ и ТПГ, демонстрируют небольшое число k совпадений [8,16,19,20].

В качестве примера мы представляем характерную матрицу парного сравнения выборок температур T для 10 одинаковых месяцев (апрель), взятых подряд для 15 лет сравнения в ХМАО-Югре (Север РФ). Очевидно, что число k пар сравнений выборок для T невелико. Иными словами, выборки температур ведут себя так, как ТМГ у всех испытуемых. Организация хаоса в регуляции движений подобна реуляции метеопараметров среды (аналогично и для P, R) и она показывает отсутствие динамического хаоса Лоренца [2–9,15–20].

В табл. 4 приведен пример матрицы парного сравнения температур для апреля в Югре (Россия). Как видно из этой таблицы, число пар $k = 19$ при сравнении колебаний T для 15 апрелей за 15 лет. Аналогичные результаты демонстрируют летний месяц июль и осенний месяц октябрь. В целом доля стохастики (в виде k) снижается весной и осенью и нарастает летом и зимой.

Таким образом, мы сейчас можем говорить о гомеостатичном регулировании не только функций организма человека, но и о гомеостазе метеопараметров. Во всех этих случаях мы имеем хаос статистических характеристик и отсутствие аттракторов Лоренца.

Выводы

1. Гомеостатические системы характеризуются статистической неустойчивостью, так как их выборки $x_i(t)$, их функции распределения $f(x)$, СПС, автокорреляции непрерывно и хаотически изменяются. Однако это не динамический хаос Лоренца.

2. Хаос гомеостатических систем имеет некоторые статистические закономерности, которые проявляются в матрицах парных сравнений выборок. Непроизвольный тремор имеет обычно $k \approx 5\%$, а произвольный теппинг — около 17% совпадений выборок. Эти особые системы третьего типа ТТ (*complexity*) имеют некоторую „статичность“ в виде неизменности числа пар совпадений выборок как ТМГ, ТПГ, так и метеопараметров среды (P, T, R).

Список литературы

[1] *Prigogine I.* The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature. Free Press. 1996. P. 64.
[2] *Gell-Mann M.* // Complexity. 1997. Vol. 3. N 1. P. 13–19.
[3] *Wheeler J.A.* Information, physics, quantum: the search for links. In Feyman and Computation: Exploring the Limits of Computers / Ed by A.J.G. Hey. Cambridge, MA: Perseus Books, 1999. P. 309.
[4] *Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V.* // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 472. N 6.
[5] *Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A.* // Measurement Techniques. 2014. Vol. 57. N 6. P. 720–724.
[6] *Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Zimin M.I.* // Moscow University Physics Bulletin. 2014. Vol. 69. N 5. P. 406–411.
[7] *Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina J.V.* // Moscow University Physics Bulletin. 2015. Vol. 70. N 2. P. 140–152.
[8] *Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V.* // Moscow University Physics Bulletin. 2016. Vol. 71. N 2. P. 143–154.
[9] *Берестин Д.К., Черников Н.А., Поскина Т.Ю., Потетюрина Е.С.* // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 71–78. DOI: 10.12737/18815.
[10] *Башкатова Ю.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Мороз О.А.* // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23. № 3. С. 39–46. DOI: 10.12737/21746.
[11] *Еськов В.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Прасолова А.А.* // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 83–91. DOI: 10.12737/18817.
[12] *Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е.* // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 58–65. DOI: 10.12737/21049.
[13] *Горбань И.И.* // ЖТФ. 2014. Т. 84. № 3. С. 22–30.
[14] *Стёпин В.С., Еськов В.М., Буданов В.Г.* // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 52–58. DOI: 10.12737/22113.
[15] *Gavrilenko T.V., Es'kov V.M., Khadartsev A.A., Khimikova O.I., Sokolova A.A.* // Advances in Gerontology. 2014. Vol. 27. N 1. P. 30–36.
[16] *Filatova O.E., Provorova O.V., Volokhova M.A.* // Human Ecology (Russian Federation). 2014. Vol. 6. P. 16–19.
[17] *Es'kov V.M., Filatova O.E., Provorova O.V., Khimikova O.I.* // Human Ecology (Russian Federation). 2015. Vol. 5. P. 57–64.
[18] *Garaeva G.R., Eskov V.M., Eskov V.V., Gudkov A.B., Filatova O.E., Khimikova O.I.* // Human Ecology (Russian Federation). 2015. Vol. 9. P. 50–55.
[19] *Karpin V.A., Filatova O.E., Soltys T.V., Sokolova A.A., Bashkatova Yu.V., Gudkov A.B.* // Human Ecology (Russian Federation). 2013. Vol. 7. P. 3–9.
[20] *Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S.* // Measurement Techniques. 2011. Vol. 54. N 7. P. 832–837.
[21] *Es'kov V.M.* // Measurement Techniques. 1994. Vol. 37. N 3. P. 359–364.
[22] *Es'kov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P.* // Measurement Techniques. 1994. Vol. 37. N 8. P. 967–971.
[23] *Es'kov V.M., Filatova O.E.* // Neurophysiology. 1995. Vol. 25. N 6. P. 348–353.
[24] *Eskov V.M.* // Modelling, Measurement and Control C. 1995. Vol. 48. N 1–2. P. 47–63.

[25] *Es'kov V.M., Papshev V.A., Es'kov V.V., Zharkov D.A.* // Measurement Techniques. 2003. Vol. 46. N 1. P. 93–99.
[26] *Bernstein N.A.* The co-ordination and regulation of movements. Oxford: Pergamon Press, 1967.
[27] *Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Зинченко Ю.П.* // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 3. С. 6–15. DOI: 10.12737/22107.
[28] *Eskov V.M.* // Emergence: Complexity and Organization. 2014. Vol. 16. N 2. P. 107–115.
[29] *Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Yu.V.* // Biofizika. 2017. Vol. 62. N 1. P. 168–176.
[30] *Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Еськов В.В., Стрельцова Т.В.* // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23. № 3. С. 31-39. DOI: 10.12737/21745.
[31] *Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Веракса А.Н.* // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 17–24. DOI: 10.12737/18811.