

УДК 007:612.76

ОДНОРОДНОСТЬ ТРЕМОРОГРАММ В РАМКАХ ТЕРМОДИНАМИКИ НЕРАВНОВЕСНЫХ СИСТЕМ I. R. PRIGOGINE И НЕОДНОРОДНОСТЬ В РАМКАХ ТЕОРИИ ХАОСА-САМООРГАНИЗАЦИИ

Т. В. Гавриленко, Д. В. Горбунов, Д. В. Белощенко, М. Н. Горбунова
Сургутский государственный университет, Gorbunov.dv@mail.ru

Ранее неоднократно доказывалась хаотическая динамика функций распределения $f(x)$ параметров движений человека. Учитывая проблему однородности получаемых выборок, можно предположить, что получаемые выборки (обладающие хаотической динамикой поведения) могут быть неоднородными. В настоящей работе демонстрируется низкая эффективность термодинамики неравновесных систем I. R. Prigogine в оценке выборок на однородность. Одновременно доказывается, наоборот, высокая эффективность и объективность методов в рамках теории хаоса-самоорганизации по установлению однородности или неоднородности получаемых выборок. Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод, что методы и подходы в рамках теории хаоса-самоорганизации обладают уникальным математическим аппаратом, который может не только установить изменение гомеостаза испытуемого, но и объективно оценить получаемые выборки на однородность.

Ключевые слова: квазиаттрактор, теория хаоса-самоорганизации, однородность, энтропия.

HOMOGENEITY OF TREMOROGRAMS AS PART OF THERMODYNAMICS OF NON-EQUILIBRIUM SYSTEMS I. R. PRIGOGINE AND HETEROGENEITY WITHIN CHAOS AND SELF-ORGANIZATION THEORY

T. V. Gavrilenko, D. V. Gorbunov, D. V. Beloshchenko, M. N. Gorbunova
Surgut State University, Gorbunov.dv@mail.ru

The chaotic dynamics of the distribution functions of $f(x)$ parameters of human movements have been repeatedly proved before. Considering the problem of homogeneity of the obtained samples, it can be assumed that the obtained samples (having a chaotic dynamics of behavior) can be heterogeneous. The paper demonstrates the low efficiency of the thermodynamics of the non-equilibrium systems by I. R. Prigogine in the evaluation of the homogeneity samples. At the same time, it is proved that high efficiency and objectivity of the methods as a part of the chaos and self-organization theory in establishing the homogeneity or heterogeneity of the resulting samples. Thus, as a result of the study, it can be concluded that the methods and approaches in the framework of the chaos and self-organization theory have a unique mathematical apparatus that can not only establish a change in the homeostasis of the subject but also objectively evaluate the resulting samples for homogeneity.

Keywords: quasi-attractor, chaos and self-organization theory, homogeneity, entropy.

Введение. До настоящего времени полностью не раскрыта глобальная проблема формирования однородных выборок при проведении исследований в области естествознания. Поскольку основоположник термодинамики неравновесных систем (далее – ТНС) I. R. Prigogine и его последователи активно пытались описывать системы третьего типа (complexity) в рамках детерминированного подхода, то в настоящем исследовании демонстрируется расчет значений энтропии Шеннона в качестве меры по установлению однородности или неоднородности получаемых выборок на примере из биомеханики. Энтропия Шеннона рассчитывалась по формуле $\sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i)$ (где p – функция вероятности) для каждой выборки

треморограмм (далее – ТМГ). Далее полученные значения энтропии аналитически и статистически сравнивались между собой [1–4].

В качестве второго подхода по установлению однородности выборок использовались расчеты параметров квазиаттракторов (далее – КА) в рамках теории хаоса-самоорганизации (далее – ТХС) [5–11]. В этом случае необходимо рассчитать значения площадей S КА, а также определить ограниченную область каждого КА и найти координаты центров x_i^c для каждого КА. Затем необходимо оценить полученные результаты [12–15]. Следует отметить, что выборка, чьи координаты центра покинет ограниченную область любого КА, считается неоднородной для всей совокупности выборок, и, соответственно, требуется либо ее замена, либо исключение из последующих расчетов.

Однородность параметров ТМГ в рамках ТНС I. R. Prigogine

В самом начале исследования, как уже говорилось ранее, производился расчет энтропии Шеннона для каждой выборки. Для такого рода исследования параметры ТМГ брались от одного испытуемого, полученные в режиме многократных повторов регистрации. Таким образом, в табл. 1 представлены результаты расчета энтропии Шеннона 15 выборок для 5 экспериментов (в каждом эксперименте было получено не менее 30 выборок ТМГ). Такое количество регистрируемых выборок выбрано не случайно, это связано с тем, что некоторые выборки могут быть неоднородными и в этом случае потребуется их замена.

Таблица 1

**Значения расчета энтропии Шеннона для выборок треморограмм испытуемого
ГДВ 5 серий повторов регистрации параметров**

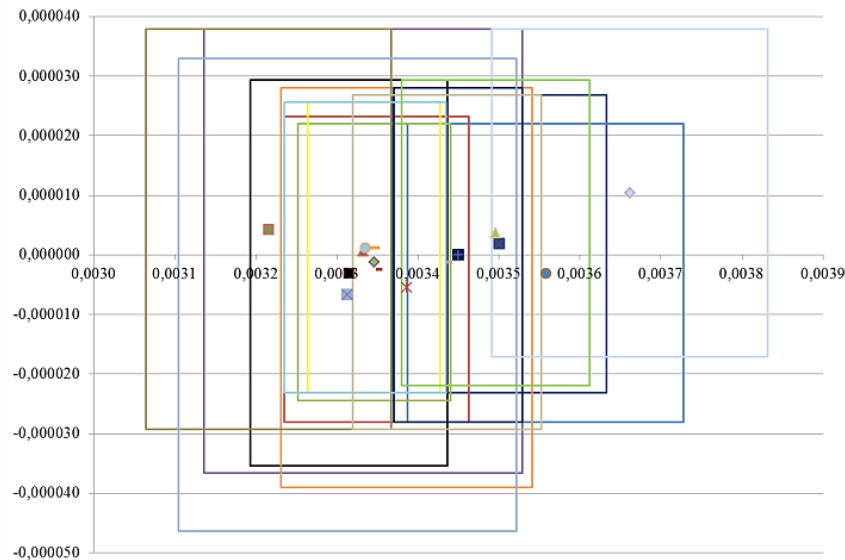
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
1	3,3219	3,3219	3,3219	3,1219	3,3219
2	3,3219	3,3219	2,9219	3,1219	3,3219
3	3,1219	3,1219	3,1219	3,3219	3,1219
4	3,1219	2,9219	3,1219	3,1219	3,3219
5	3,3219	2,9219	3,3219	2,9219	2,9219
6	2,9219	3,3219	3,1219	3,1219	3,1219
7	3,3219	2,9219	3,1219	3,3219	3,1219
8	3,1219	3,3219	3,1219	2,5219	3,1219
9	3,3219	3,1219	3,1219	3,3219	3,1219
10	2,9219	2,9219	2,9219	2,8464	2,9219
11	3,3219	3,3219	3,3219	3,3219	3,3219
12	2,9219	3,3219	3,1219	3,3219	3,3219
13	2,8464	3,3219	3,1219	3,3219	2,8464
14	3,3219	3,3219	3,1219	3,3219	3,3219
15	2,9219	2,8464	3,3219	3,1219	3,1219
<E>	3,1435	3,1569	3,1486	3,1435	3,1569

Таким образом, установлено, что все получаемые выборки ТМГ от одного испытуемого в рамках ТНС I. R. Prigogine однородны. Следует подчеркнуть, что ранее была установлена хаотическая динамика функций распределения $f(x)$ и вероятность того, что все выборки будут однородными, крайне мала. Еще можно допустить, что выборки могут быть однородны в рамках одного эксперимента, но то, что выборки, полученные в разных экспериментах, однородны, маловероятно.

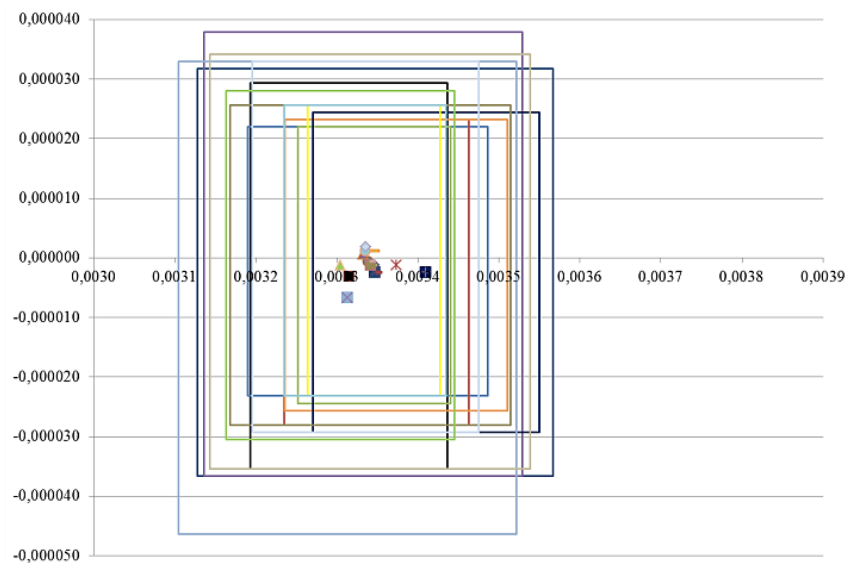
Неоднородность ТМГ в рамках ТХС

В связи с тем, что расчет энтропии Шеннона продемонстрировал весьма противоречивые результаты, производились расчеты параметров КА в рамках ТХС для этих же выборок.

Как оказалось, в действительности расчет значений энтропии обладает низкой диагностической ценностью, так как расчеты параметров КА позволили установить неоднородность. Такие результаты усиливают доказанную хаотическую динамику функций распределения $f(x)$. Пример неоднородности приводится на рис. 1а, где изображены те же 15 выборок, для которых был выполнен расчет энтропии Шеннона в рамках одного эксперимента. Отсюда можно сделать вывод, что часть выборок являются однородными, а другая часть – неоднородными.



а – неоднородные выборки



б – однородные выборки

Рис. 1. Пример проверки получаемых выборок треморограмм на однородность в рамках расчета параметров квазиаттракторов: а – неоднородные выборки; б – однородные выборки

Соответственно, из-за того, что регистрация параметров производилась в режиме многократных повторов (было получено не менее 30 выборок в каждом эксперименте), появилась возможность замены неоднородных выборок на другие. Вследствие такой замены были подобраны 15 однородных выборок, которые представлены на рис. 1б. Таким образом, можно сделать вывод, что расчет параметров КА является эффективной мерой не только при установлении различий гомеостаза испытуемого, но и в оценке полученных выборок на однородность.

Заключение. В результате проведенного исследования установлено, что расчет энтропии Шеннона в рамках ТНС I. R. Prigogine обладает низкой диагностической ценностью в качестве оценки выборок на однородность. Таким образом, необходимо подчеркнуть, что расчет параметров КА в рамках ТХС является эффективной мерой как в оценке состояний испытуемых, так и в оценке выборок на однородность. Установлена хаотическая изменчивость выборок (хаотически однородные-неоднородные подряд получаемые выборки), соответственно, такая динамика поведения параметров ТМГ подчеркивает установленную ранее хаотическую изменчивость функций распределения $f(x)$.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ мол_а 18-37-00113.

Литература

1. Еськов В. В., Еськов В. М., Карпин В. А., Филатов М. А. Синергетика как третья парадигма, или понятие парадигмы в философии и науке // Философия науки. 2011. Т. 51, № 4. С. 126–128.
2. Еськов В. М. Компартиментно-кластерный подход в исследованиях биологических динамических систем (БДС) / Рос. акад. наук, Науч. совет по проблемам биол. физики. Самара : Изд-во НТЦ, 2003. 20 с.
3. Еськов В. М., Еськов В. В., Филатова О. Е., Хадарцев А. А. Фрактальные закономерности развития человека и человечества на базе смены трех парадигм // Вестн. новых мед. технологий. 2010. Т. 17, № 4. С. 192–194.
4. Еськов В. М., Хадарцев А. А., Гудков А. В., Гудкова С. А., Сологуб Л. А. Философско-биофизическая интерпретация жизни в рамках третьей парадигмы // Вестн. новых мед. технологий. 2012. Т. 19, № 1. С. 38–41.
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. Зинченко Ю. П., Филатов М. А., Колосова А. И., Макеева С. В. Сравнительный стохастический и хаотический анализ параметров внимания учащихся в аспекте их работоспособности // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 2017. № 4. С. 21–33.
7. Хадарцев А. А., Еськов В. М., Филатова О. Е., Хадарцева К. А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестн. новых мед. технологий. Электронное издание. 2015. № 1. С. 1–2.
8. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A. and Gavrilenko T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems // Doklady Mathematics. 2017. Vol. 95, № 1. P. 92–94.
9. 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, № 6. P. 961–966.
10. 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, № 2. P. 125–130.
11. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. Experimental confirmation of the effect of “Repetition without repetition”, N. A. Bernstein // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 1. P. 4–8.
12. Еськов В. М., Зинченко Ю. П., Филатов М. А., Поскина Т. Ю. Эффект Н. А. Бернштейна в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Национальный психологический журнал. 2015. Т. 20, № 4. С. 66–73.
13. Еськов В. М., Филатова О. Е., Проворова О. В., Химикина О. И. Нейроэмуляторы при идентификации параметров порядка в экологии человека // Экология человека. 2015. № 5. С. 57–64.

14. Еськов В. М., Филатова О. Е., Еськов В. В., Гавриленко Т. В. Эволюция понятия гомеостаза: детерминизм, стохастика, хаос-самоорганизация // Биофизика. 2017. Т. 62, № 5. С. 984–997.

15. Еськов В. М., Зинченко Ю. П., Филатова О. Е. Признаки парадигмы и обоснование третьей парадигмы в психологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 2017. № 1. С. 3–17.