

ЭНТРОПИИ В ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕМОРА С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ
ХАОСА И САМООРГАНИЗАЦИИ

Д.В. ГОРБУНОВ, Д.К. БЕРЕСТИН, Н.А. ЧЕРНИКОВ, Т.В. СТРЕЛЬЦОВА

*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»
проспект Ленина, 1, г. Сургут, 628412*

Аннотация. Рассматривается эволюция биосистем на примере изменения параметров тремора и значений энтропии Шеннона одного и того же испытуемого (15 измерений по 15 выборок). Изменения параметров тремора наблюдаются как у одного и того же испытуемого так и для группы испытуемых. При этом статистические параметры уникальны, то есть они характерны только для конкретного интервала времени Δt . В рамках теории хаоса-самоорганизации и по этой причине всегда рассчитываются квазиаттракторы треморограмм в двумерном или трёхмерном фазовом пространстве состояний. Расчёт значений энтропии Шеннона показывает, что статистически выборки энтропии не различаются, а результат матриц парного сравнения выборок энтропии похож на результат матриц парного сравнения выборок от хаотического генератора. В работе демонстрируется, что метод расчета энтропии Шеннона E может быть использован в оценке параметров гомеостаза в системе регуляции тремора, но он обладает низкой чувствительностью.

Ключевые слова: тремор, энтропия Шеннона, квазиаттрактор.

ENTROPY IN THE EVALUATION OF TREMOR PARAMETERS FROM THE POSITION OF THE
CHAOS THEORY AND SELF-ORGANIZATION

D.V. GORBUNOV, D.K. BERESTIN, N.A. CHERNIKOV, T.V. STRELTSOVA

Surgut State University, Lenin pr., 1, Surgut, 628412

Abstract. The evolution of biological systems on the example of measuring the parameters of tremor and values of the Shannon entropy of the same test (15 measurements on 15 samples) was carried out. Changes tremor parameters observed both in the same subject or a group of subjects. The statistical parameters are unique, they are specific to a particular time interval Δt . In the framework of the theory of chaos, self-organization and for this reason it is always calculated in the two-dimensional quasi-attractor tremorograms or three-dimensional phase space of states. Calculation of entropy values Shannon showed that statistically the sample entropy does not vary, but the result of the matrix pairwise comparison of samples of entropy is similar to the result of the matrix pairwise comparison of samples from a random generator. The article demonstrates that the method of calculating the Shannon entropy E can be used in assessing the homeostasis parameters tremor regulation system, but it has low sensitivity.

Key words: tremor, Shannon entropy, quasi-attractor.

Введение. В ряде работ [4, 6-9] было продемонстрировано, что любой интервал регистрируемых параметров тремора будет уникален и не повторим. Такой эффект впервые пытался представить Н.А. Бернштейн в 1947 г. в своей книге «О построении движения», но количественно такую особую динамику в виде «повторение без повторений» он не описывал [5]. Иными словами любая *треморограмма* (ТМГ), фактически, применима для исследования только в конкретный момент времени [1-4, 6-7, 10, 13-16]. Подобные изменения параметров тремора наблюдаются у любого испытуемого и получается, что статистические параметры будут тоже уникальны, то есть они реальны только в конкретный момент времени [1-4, 6-8, 11, 12]. В следующий момент времени параметры будут другими и, соответственно, стохастические результаты в виде разовой выборки будут применимы только как уникальный процесс.

На этом основана вся *теория хаоса-самоорганизации* (ТХС) и по этой причине мы всегда рассчитываем *квазиаттракторы* (КА) треморограмм в двумерном (x_1 – координата, $x_2=dx_1/dt$ – скорость движения пальца) или трёхмерном ($x_3=dx_2/dt$ – ускорение перемещения пальца) *фазовом пространстве состояний* (ФПС). При этом остаётся открытой проблема соотношения стохастического подхода (в частности, энтропийного) и методов ТХС [1-4, 6-9, 16-19]. Определению границ стохастики и посвящается настоящее исследование. В рамках ТХС мы изучаем сами выборки треморограмм на интервале $\Delta t_j=5$ сек, их значения энтропии E в условиях многократных повторов измерений.

1. Стохастический и хаотический подход в оценке треморограмм. Сразу отметим, что при квантовании треморограмм с периодом квантования $\Delta\tau=10$ мсек мы получали некоторые выборки $x_j=x_j(t)$, которые представляли положение пальца с металлической пластиной (2) в пространстве (рис. 1) по отношению к датчику (1) регистрации координаты x_i (положение пальца в пространстве) в виде выборок треморограмм x_i . Далее сигнал $x_j(t)$ дифференцировался и получался вектор $x(t)=(x_1, x_2)^T$. Вся установка включала в себя токовихревой датчик, усилители сигнала, АЦП и ЭВМ, которая кодировала и сохраняла информацию в виде отдельных файлов.

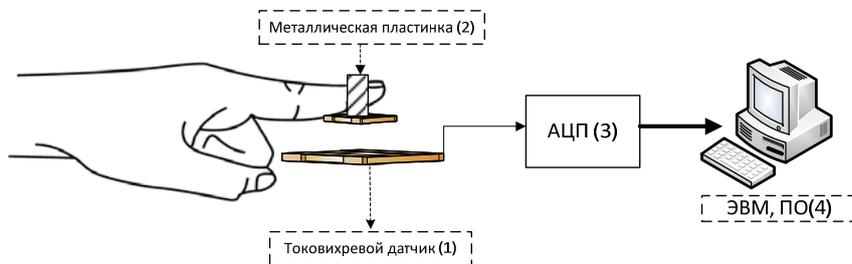


Рис.1. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора и теппинга

В начале исследования были рассчитаны матрицы парного сравнения для 15-ти серий исследований по 15 выборок в каждой серии. Как типовой пример одной из таких матриц парного сравнения выборок треморограмм одного и того же испытуемого (число повторов $N=15$), полученную с помощью непараметрического критерия Вилкоксона, мы представляем в табл. 1. Здесь число совпадений $k=3$, т.е. из всех возможных пар сравнения (всего 105 пар) только 3 пары можно отнести к одной генеральной совокупности, остальные 102 пары разные. Очевидно, что возможность «совпадения» выборок очень невелика, практически все выборки разные и это является особенностью систем третьего типа. Отметим, что для тремора всегда число совпадений очень невелико [7]. Более того при повторных проведениях исследования 15 раз по 15 выборок, число совпадений k незначительно изменяется и всегда из всевозможных 105 пар имеем 3-7% совпадений.

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок треморограмм испытуемого ГДВ
 (число повторов в одной серии опытов $N=15$), использовался критерий Вилкоксона
 (уровень значимости $p<0.05$, число совпадений $k=3$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	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	0.02	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42		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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
13	0.96	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	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Так же для полученных 225 выборок тремора от одного испытуемого были рассчитаны в виде площади S_j для каждой j -ой выборки параметров КА. При анализе данных результаты исследования были разбиты на 15 серий испытаний по 15 выборок в каждой серии. В результате проделанных расчётов можно сказать, что средние значения каждой серии изменяются от 1.33×10^{-8} до 2.86×10^{-8} . Согласно результатам, полученным при парном сравнении каждой серии испытания, число совпадений выборок

площадей КА $k=68$, т. е. 37 пар разные, а остальные 68 пар можно отнести к одной генеральной совокупности из всех 15-ти разных выборках. Аналогичным образом рассчитывались объёмы V_G квазиаттракторов и парно сравнивались все со всеми. Полученные результаты очень близки к результатам для площадей КА, число совпадений при парном сравнении выборок V_G объёмов КА несколько выше, здесь $k=72$.

2. Энтропийный подход в оценке треморограмм. Использовался один из методов стохастики, широко применяемой в теории информации и термодинамики, в виде расчёта значения энтропии Шеннона. Энтропия Шеннона связана с распределением вероятностей амплитуд колебаний движения. Фактически, это мера упорядоченности выборок x_i – компонент вектора состояния системы (ВСС) $x(t)$ в фазовом пространстве состояний (ФПС). Формальное определение энтропии для независимых случайных событий x с n возможными состояниями (от 1 до n , p – функция вероятности) рассчитывается по формуле: где p – функция вероятности. Отдельно, нами производилось сравнение значений E с особенностями функциональных состояний.

Эта процедура нами сейчас выполнялась только для одной координаты $x_1(t)$, а вторая координата (скорость) $x_2=dx_1/dt$ входила в вектор $x=(x_1, x_2)^T$. Этот ВСС $x(t)$, который совершал непрерывные хаотические движения в таком двухмерном ФПС, демонстрировал хаотическую динамику своих параметров в пределах КА. Само это движение у нас оценивалось в рамках расчёта энтропией E и параметров КА, значения энтропии Шеннона E для всех 225 выборок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты статистической обработки динамики поведения E – энтропии Шеннона для тремора одного и того же человека (число повторов $N=15 \times 15$)

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}
1	3.32	3.32	3.12	3.12	3.32	3.32	3.12	2.64	3.32	3.12	3.32	3.32	3.32	3.12	2.92
2	3.32	3.32	3.12	3.12	2.92	2.84	3.12	3.32	3.32	2.72	3.32	3.32	2.92	3.12	3.32
3	3.12	3.12	3.12	3.32	3.12	3.12	3.12	3.32	3.12	2.84	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
4	3.12	2.92	3.12	3.12	3.32	3.12	3.12	3.12	3.12	2.72	3.32	3.32	3.12	3.32	2.92
5	3.32	2.92	3.12	2.92	3.12	3.12	2.64	3.12	3.32	2.92	2.92	3.12	3.32	3.12	3.32
6	2.92	3.32	3.32	3.12	3.32	2.92	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.32	3.12	3.12	3.12
7	3.32	2.92	3.32	3.32	3.12	3.12	3.32	2.92	3.32	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.32
8	3.12	3.32	3.32	2.52	3.32	3.12	2.84	3.12	3.32	2.84	3.12	3.12	3.12	2.92	3.12
9	3.32	3.12	3.12	3.32	3.32	3.32	2.92	3.12	3.32	3.32	3.12	3.32	3.12	2.84	3.32
10	2.92	2.92	3.32	2.84	3.12	3.12	3.32	3.12	3.32	3.32	2.92	3.32	2.92	3.32	3.32
11	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32	3.12	3.12	3.32	2.84	3.32	3.32	2.92	3.32	3.32	3.32
12	2.92	3.32	3.12	3.32	3.32	3.12	3.32	3.32	2.92	3.12	3.32	3.12	3.12	2.92	3.32
13	2.84	3.32	3.12	3.32	3.12	2.92	3.32	3.32	2.84	2.92	2.84	3.32	3.12	3.12	3.32
14	3.32	3.32	3.12	3.32	3.32	3.32	3.12	2.92	3.12	3.32	3.32	2.92	3.12	3.32	2.92
15	2.92	2.84	3.12	3.12	3.32	3.32	3.12	3.12	3.32	3.12	3.12	3.32	3.32	2.92	3.32
$\langle E \rangle$	3.14	3.15	3.18	3.14	3.22	3.13	3.11	3.13	3.17	3.05	3.15	3.20	3.14	3.11	3.20

Так же для полученных 225 выборок энтропии Шеннона строилась матрица парного сравнения всех выборок энтропий от одного и того же испытуемого. Результат такого сравнения показал, что число совпадений $k=102$. Такое же число совпадений получается и для детерминированного хаоса (выборки, полученные на хаотическом генераторе чисел), такие выборки всегда демонстрируют 97-99% совпадений и имеют равномерное распределение, пример такой матрицы представлен в табл. 3, здесь число совпадений $k=104$.

Матрица парных сравнений модельной хаотической выборки ($N=300$), использовался критерия Вилкоксона (уровень значимости $p<0.05$, число совпадений $k=104$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.72	0.72	0.56	0.51	0.13	0.17	0.89	0.35	0.60	0.79	0.34	0.96	0.22	0.74
2	0.72		1.00	0.83	0.74	0.26	0.33	0.63	0.56	0.85	0.55	0.57	0.71	0.40	0.98
3	0.72	1.00		0.83	0.72	0.23	0.30	0.62	0.57	0.85	0.52	0.56	0.69	0.37	0.98
4	0.56	0.83	0.83		0.89	0.34	0.44	0.48	0.70	0.98	0.38	0.72	0.55	0.49	0.80
5	0.51	0.74	0.72	0.89		0.42	0.53	0.38	0.80	0.87	0.34	0.83	0.45	0.57	0.71
6	0.13	0.26	0.23	0.34	0.42		0.88	0.11	0.57	0.33	0.05	0.56	0.14	0.80	0.23
7	0.17	0.33	0.30	0.44	0.53	0.88		0.14	0.69	0.44	0.09	0.68	0.18	0.92	0.30
8	0.89	0.63	0.62	0.48	0.38	0.11	0.14		0.29	0.52	0.91	0.30	0.93	0.14	0.64
9	0.35	0.56	0.57	0.70	0.80	0.57	0.69	0.29		0.71	0.23	0.98	0.32	0.77	0.55
10	0.60	0.85	0.85	0.98	0.87	0.33	0.44	0.52	0.71		0.41	0.71	0.57	0.46	0.83
11	0.79	0.55	0.52	0.38	0.34	0.05	0.09	0.91	0.23	0.41		0.25	0.84	0.14	0.56
12	0.34	0.57	0.56	0.72	0.83	0.56	0.68	0.30	0.98	0.71	0.25		0.35	0.75	0.57
13	0.96	0.71	0.69	0.55	0.45	0.14	0.18	0.93	0.32	0.57	0.84	0.35		0.19	0.72
14	0.22	0.40	0.37	0.49	0.57	0.80	0.92	0.14	0.77	0.46	0.14	0.75	0.19		0.35
15	0.74	0.98	0.98	0.80	0.71	0.23	0.30	0.64	0.55	0.83	0.56	0.57	0.72	0.35	

Эти результаты статистической проверки на нормальность распределения треморограмм испытуемых по критерию Шапиро-Уилка, демонстрируют не параметрический тип распределения. Поэтому для выявления различий показателей треморограмм испытуемых нами использовались методы не параметрической статистики. Однако, энтропия Шеннона E не дает столь существенных различий для повторов измерения подряд от одного испытуемого и между двумя функциональными состояниями (тремор до холододового воздействия и после).

Заключение. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что метод расчёта энтропий Шеннона E может быть использован в оценке адаптивных изменений в системе регуляции тремора, но он обладает слабой чувствительностью и с позиций стохастики может быть вообще не чувствительным. В результате построения матрицы парного сравнения для энтропии Шеннона можно сказать, что число совпадений пар выборок энтропии Шеннона в такой матриц такое же как и для детерминированного хаоса, порядка 97-99 % пар совпадений.

Метод расчёта матриц парных сравнений выборок треморограмм целесообразно использовать для оценки реакции системы регуляции тремора. Так как этот метод может уловить незначительные изменения в параметрах гомеостаза.

Литература

1. Адайкин В.А., Еськов В.М., Добрынина И.Ю., Дроздович Е.А., Полухин В.В. Оценка хаотичной динамики параметров вектора состояния организма человека с нарушениями углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 14, № 2. С. 153–155.
2. Адайкин В.И., Берестин К.Н., Глушук А.А., Лазарев В.В., Полухин В.В., Русак С.Н., Филатова О.Е. Стохастические и хаотические подходы в оценке влияния метеофакторов на заболеваемость населения на примере ХМАО-Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 2. С. 7–9.
3. Аушева Ф.И., Добрынина И.Ю., Мишина Е.А., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Системный анализ суточной динамики показателей сердечно-сосудистой системы у больных при артериальной гипертензии // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 4. С. 208–210.
4. Аушева Ф.И., Добрынина И.Ю., Мишина Е.А., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Системный анализ суточной динамики показателей сердечно-сосудистой системы у больных при артериальной гипертензии // Вестник новых медицинских технологий. 2008. Т. 15, № 4. С. 208–210.
5. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 254с.
6. Буров И.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Голушков В.Н. Анализ параметров психофизиологических функций учащихся Югры с помощью методов многомерных фазовых пространств // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 12. С. 12–13.
7. Гавриленко Т.В., Баженова А.Е., Балтикова А.А., Башкатова Ю.В., Майстренко Е.В. Метод многомерных фазовых пространств в оценке хаотической динамики тремора // Вестник новых медицин-

ских технологий (электронное издание). 2013. № 1. Публикация 1-5. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf> (дата обращения 15.04.2013).

8. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Зуевская Т.В. Гирудотерапевтическое управление гомеостазом человека при гинекологических патологиях в условиях севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2005. Т. 12, № 2. С. 25–27.

9. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Системный кластерный анализ показателей функций организма женщин с опг-гестозом в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 4. С. 61–62.

10. Добрынина И.Ю., Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Особенности гестозов и нарушений углеводного обмена // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 3. С. 14–16.

11. Добрынина И.Ю., Горбунов Д.В., Козлова В.В., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю. Особенности кардиоинтервалов: хаос и стохастика в описании сложных биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 19–26.

12. Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории устойчивости биосистем -альтернатива теории А.М. Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 336.

13. Еськов В.В., Гараева Г.Р., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю., Третьяков С.А. Кинематические характеристики движения квазиаттракторов в оценке лечебных эффектов кинезотерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 1. С. 128–136.

14. Еськов В.М., Живогляд Р.Н., Хадарцев А.А., Чантурия С.М., Шипилова Т.Н. Идентификация параметров порядка при женских патологиях в аспекте системного синтеза // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2006. Т. 5, № 3. С. 630–633.

15. Еськов В.М., Адайкин В.И., Добрынин Ю.В., Полухин В.В., Хадарцева К.А. Насколько экономически эффективно внедрение методов теории хаоса и синергетики в здравоохранение // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, № 1. С. 25–28.

16. Еськов В.М., Еськов В.В., Майстренко Е.В., Пашнин А.С., Устименко А.А. Расчет степени синергизма в кардио-респираторной системе человека в условиях перепада температуры окружающей среды // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 118–121.

17. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110.

18. Еськов В.М., Полухин В.В., Дерпак В.Ю., Пашнин А.С. Математическое моделирование непроизвольных движений в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 2. С. 75–86.

19. Нифонтова О.Л., Бурыкин Ю.Г., Майстренко Е.В., Хисамова А.В. Системный анализ в сравнительной оценке антропометрических показателей детей школьного возраста Тюменского Севера // Информатика и системы управления. 2010. № 2. С. 167–170.

20. Русак С.Н., Козупица Г.С., Филатова О.Е., Еськов В.В., Шевченко Н.Г. Динамика статуса вегетативной нервной системы у учащихся младших классов в погодных условиях г. Сургута // Вестник новых медицинских технологий. 2013. Т. 20, № 4. С. 92–95.

References

1. Adaykin VA, Es'kov VM, Dobrynina IY, Drozdovich EA, Polukhin VV. Otsenka khaotich-noy dinamiki parametrov vektora sostoyaniya organizma cheloveka s narusheniyami uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(2):153-5. Russian.

2. Adaykin VI, Berestin KN, Glushchuk AA, Lazarev BV, Polukhin VV, Rusak CN, Filatova OE. Stokhasticheskie i khaoticheskie podkhody v otsenke vliyaniya meteofaktorov na zaboлеваemost' naseleniya na primere KhMAO-Yugry. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.

3. Ausheva FI, Dobrynina IY, Mishina EA, Polukhin VV, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz sutochnoy dinamiki pokazateley serdechno-sosudistoy sistemy u bol'nykh pri arterial'noy gipertenzii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(4):208-10. Russian.

4. Ausheva FI, Dobrynina IY, Mishina EA, Polukhin VV, Khadartseva KA. Sistemnyy analiz sutochnoy dinamiki pokazateley serdechno-sosudistoy sistemy u bol'nykh pri arterial'noy gipertenzii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(4):208-10. Russian.

5. Bernshteyn NA. O postroenii dvizheniy. Moscow: Medgiz; 1947. Russian.

6. Burov IV, Filatov MA, Filatova DY, Golushkov VN. Analiz parametrov psikhofiziologicheskikh funktsiy uhashchikhsya Yugry s pomoshch'yu metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv. Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2010;12:12-3. Russian.

7. Gavrilenko TV, Bazhenova AE, Baltikova AA, Bashkatova YV, Maystrenko EV. Metod mnogomernykh fazovykh prostranstv v otsenke khaoticheskoy dinamiki tremora. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy (Elektronnoe izdanie). 2013 [cited 2013 Apr 15];1: [about 4 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf>.
8. Dobrynina IY, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Zuevskaya TV. Girudoterapevticheskoe upravlenie gomeostazom cheloveka pri ginekologicheskikh patologiyakh v usloviyakh severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2005;12(2):25-7. Russian.
9. Dobrynina IY, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Sistemnyy klasternyy analiz pokazateley funktsiy organizma zhenshchin s opgegestozom v usloviyakh Severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):61-2. Russian.
10. Dobrynina IY, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Osobennosti gestozov i narusheniy uglevodnogo obmena. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(3):14-6. Russian.
11. Dobrynina IY, Gorbunov DV, Kozlova VV, Sinenko DV, Filatova DY. Osobennosti kardiointervalov: khaos i stokhastika v opisani slozhnykh biosistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):19-26. Russian.
12. Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Noveye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem -alternativa teorii AM. Lyapunova. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.
13. Es'kov VV, Garaeva GR, Sinenko DV, Filatova DY, Tretyakov SA. Kinematicheskie kharakteristiki dvizheniya kvaziattraktorov v otsenke lechebnykh effektov kinezoterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(1):128-36. Russian.
14. Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Khadartsev AA, Chanturiya SM, Shipilova TN. Identifikatsiya parametrov poryadka pri zhenskikh patologiyakh v aspekte sistemnogo sinteza. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2006;5(3):630-3. Russian.
15. Es'kov VM, Adaykin VI, Dobrynin YV, Polukhin VV, Khadartseva KA. Naskol'ko ekonomicheskii effektivno vnedrenie metodov teorii khaosa i sinergetiki v zdravookhranenie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(1):25-8. Russian.
16. Es'kov VM, Es'kov VV, Maystrenko EV, Pashnin AS, Ustimenko AA. Raschet stepeni sinergizma v kardio-respiratornoy sisteme cheloveka v usloviyakh perepada temperatury okruzhayushchey sredy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):118-21. Russian.
17. Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DY. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kinezoterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.
18. Es'kov VM, Polukhin VV, Derpak VY, Pashnin AS. Matematicheskoe modelirovanie neproizvolnykh dvizheniy v norme i pri patologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;2:75-86. Russian.
19. Nifontova OL, Burykin YG, Maystrenko EV, Khisamova AV. Sistemnyy analiz v sravnitel'noy otsenke antropometricheskikh pokazateley detey shkol'nogo vozrasta Tyumenskogo Severa. Informatika i sistemy upravleniya. 2010;2:167-70. Russian.
20. Rusak SN, Kozupitsa GS, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoy nervnoy sistemy u uchashchikhnya mladshikh klassov v pogodnykh usloviyakh g. Surguta. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4):92-5. Russian.

Библиографическая ссылка:

Горбунов Д.В., Берестин Д.К., Черников Н.А., Стрельцова Т.В. Энтропии в оценке параметров тремора с позиции теории хаоса и самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №1. Публикация 3-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/3-2.pdf> (дата обращения: 03.03.2016). DOI: 10.12737/18451.