

## II. СЕКЦИЯ «ТРЕТЬЯ ПАРАДИГМА В МЕДИЦИНСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ»

DOI: 10.12737/10862

### СТОХАСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕЛОВЕКА

Д.К. БЕРЕСТИН, Д.С. ИГУМЕНОВ, Ю.В. РАССАДИНА, О.С. ШИЛЯЕВА

*Сургутский государственный университет ХМАО – Югры,  
пр. Ленина, д. 1, г. Сургут, Россия, 628412*

**Аннотация.** Рассматриваются в сравнительном аспекте результаты стохастического анализа постурального тремора (как якобы произвольного движения) и теппинга (как якобы произвольного движения). Доказывается, что стохастическая обработка результатов хаотической динамики треморограмм и теппинга не дает существенных отличий (нет произвольности). Обычно все выборки существенно различаются и невозможно установить различия между испытуемыми по их треморограммам или теппинграммам. Демонстрируются существенные различия между участками треморограмм в аспекте нормального распределения или непараметрического распределения. Наблюдается непрерывное изменение функций распределения: нормальные законы переходят в ненормальные распределения, но между собой они (функции распределения) все разные. Общеизвестно, что непрогнозируемость и непрерывное различие в состояниях – характерный признак хаоса. Поэтому даются доказательства особого хаоса биосистем, который существенно отличается от детерминированного хаоса Арнольда-Тома.

**Ключевые слова:** теппинг, тремор, теория хаоса и самоорганизации.

### STOCHASTIC PROCESSING OF CHAOTIC DYNAMICS OUTCOME OF BIOMECHANICAL PARAMETERS IN HUMAN

D.K. BERESTIN, D.S. IGUMENOV, J.V. RASSADINA, O.S. SHILYAEVA

*Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, Russia, 628412*

**Abstract.** The results of the stochastic analysis of postural tremor (as alleged involuntary movement) and tapping (as supposedly voluntary movement) are considered in a comparative perspective. It is proved that the stochastic analysis of the results of chaotic dynamics in tremorograms and tapping does not give significant differences (absence of voluntariness). Typically, all samples are significantly different and it is impossible to distinguish subjects in their tremorograms or tappinggramm. The significant differences between sites of tremorograms in terms of a normal distribution or a non-parametric distribution are demonstrated. A continuous variation of the distribution function is observed: parametric distribution shifts to non-parametric distribution, but among themselves they (distribution function) are all different. It is well known that the unpredictability and continuing changes in the state are characteristic feature of chaos. The evidence of special kind of chaos in biosystems which differs significantly from the deterministic chaos of Tom – Arnold is given.

**Key words:** tapping, tremor, theory of chaos and self-organisation.

**Введение.** Столетие идёт дискуссия о возможности применения стохастического подхода в изучении параметров биомеханических систем. Сейчас очевидно, что функции распределения в описании тремора, теппинга или других видов движения не могут быть использованы. Более того нами многократно рассчитывались автокорреляционные функции  $A(t)$  и амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) треморограмм одного и того же человека. Многочисленные эксперименты, в которых измеряли тремор и теппинг для одного и того же испытуемого с многократным повторением эксперимента. Время регистрации тремора в любом таком одном эксперименте  $T=5$  сек (выполнялись исследования по 1 минуте). Затем производилось попарное сравнение отрезков треморограмм для каждой полученной выборки у этого одного испытуемого на предмет принадлежности всех этих выборок к общей генеральной совокупности у одного и того же испытуемого. Получить такие «совпадения» для тремора – задача очень сложная. Оказалось, что система регуляции тремора демонстрирует как непрерывную внутреннюю перенастройку, все изменяется, выборки относятся к разным генеральным совокупностям. Наблюдается хаос в регуляции тремора [1-4,6-8,14].

Если стохастическая обработка результатов осуществлялась с использованием программных пакетов – «ExcelMSOffice-2003» и «Statistica 6.1», то можно установить соответствие структуры полученных данных (треморограмм) закону усеченного нормального распределения. Результаты оценивались на основе вычисления критерия Колмогорова-Смирнова, критерия Лиллиефорса (для больших выборок) и критерия Шапиро-Уилка. Изучаемые распределения отличаются от усеченного нормального, если критерий значимости ( $p$ ) будет меньше, чем критический (принимаемый за  $p=0,05$ ). Это означает, что для  $p<0,05$  распределения отличаются от усеченного нормального распределения. В случае, если исследуемые параметры не описываются законом усеченного нормального распределения при  $p<0,05$ , то дальнейшие исследо-

вания зависимостей следует производить с использованием методов непараметрической статистики. Выявление различий между конкретными (получаемыми непрерывно, при последовательном измерении) сравниваемыми попарно для одного испытуемого выборками обычно выполняются при помощи критерия Вилкоксона. Если  $p<0,05$ , то тогда справедлива гипотеза о том, что выборки принадлежат разным генеральным совокупностям. Надежность используемых статистических оценок принимается не менее 95%. Как покажем ниже, результат везде одинаков – стохастическая оценка треморограмм не эффективна, выборки хаотически изменяются.

**Результаты стохастической обработки хаотической динамики тремора и теппинга.** В табл. 1 приведен один из типичных примеров проверки усеченного нормального распределения параметров треморограмм для одного испытуемого при выполнении 15 экспериментов. Оценка производилась с помощью критериев Колмогорова – Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро – Уилка. Для многих сотен испытуемых, которые демонстрировали подобные результаты, характерно значение  $p<0,01$ . Обычно, только отдельный случай (из 15-ти) по критерию Колмогорова – Смирнова (в табл. 1 это Var11) может показывать некоторое приближение  $p$  к 0,05 (но не достигает 0,05), но чаще он не наблюдается.

Таким образом, многочисленные результаты статистической проверки на соответствие закону усеченного нормального распределения параметров треморограмм по трем критериям (табл.1) показывают, что большинство выборок – непараметрические. Полученные параметры треморограмм не описываются законом усеченного нормального распределения, поэтому дальнейшие исследования производились методами непараметрической статистики. Для выявления различий параметров треморограмм использовался критерий Вилкоксона при попарном сравнении 15-ти выборок треморограмм одного человека при последовательном измерении (по  $T=5$  сек.), что представлено в табл. 2. Методика дает возможность (пусть и косвенно) оценить возможность

возникновения хаотической динамики тремора. Если бы мы имели полный хаос (будущее не зависит от прошлого и все вновь возникающие выборки должны быть различными), то тогда при парном сравнении выборок мы бы не получили никаких «совпадений» в измеряемых парах, т.е. отсутствовала бы возможность отнесения любой пары к одной генеральной совокупности (это и есть критерий «совпадения»).

Таблица 1

**Результаты проверки 15-ти выборок (тремограмм), полученных от одного и того же испытуемого на предмет идентификации параметрического распределения**

	Колмогорова-Смирнова	Лиллиефорса	Шапиро-Уилка	p
Var1	p<,01	p<,01	0,953949	0,000
Var2	p<,01	p<,01	0,858499	0,000
Var3	p<,01	p<,01	0,887383	0,000
Var4	p<,01	p<,01	0,941261	0,000
Var5	p<,01	p<,01	0,930137	0,000
Var6	p<,01	p<,01	0,906932	0,000
Var7	p<,01	p<,01	0,967444	0,000
Var8	p<,01	p<,01	0,917869	0,000
Var9	p<,01	p<,01	0,962596	0,000
Var10	p<,01	p<,01	0,954503	0,000
Var11	p<,05	p<,01	0,986583	0,000
Var12	p<,01	p<,01	0,909674	0,000
Var13	p<,01	p<,01	0,925870	0,000
Var14	p<,01	p<,01	0,791956	0,000
Var15	p<,01	p<,01	0,936604	0,000

Примечание:  $p$  – достигнутый уровень значимости, полученный в результате проверки типа распределения по критериям Колмогорова – Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро-Уилка (критическим уровнем значимости принят  $p<0,05$ )

Однако, «чистый» хаос, без каких-либо совпадений выборок получить даже для небольшого числа выборок  $n$  (у нас  $n \geq 15$ ) не удавалось. Обязательно некоторое число выборок будут «совпадать», таковы законы живой природы. Динамика не линейна, но иногда выборки могут «совпадать». Такой результат представлен в табл. 2. Здесь отдельные пары, для которых критерий Вилкоксона,  $p \geq 0,05$  выделены «жирным» шрифтом.

Очевидно, что у многих пар из табл. 2  $p < 0,05$ , и это говорит о наличии существенных различий полученных пар для 15 выборок с использованием стохастического анализа. Таким образом, получается, что используемые выборки (при  $p < 0,05$ ) не принадлежат одной генеральной совокупности (за исключением  $k=6$  пар!). Из представленной таблицы только пары: 9\_6, 11\_6, 13\_1, 14\_8, 15\_8 и 15\_14 не имеют существенных различий. Однако, остальные пары выборок имеют существенные различия, а значит они принадлежат разным генеральным совокупностям. Биологически это можно интерпретировать как непрерывную перенастройку системы регуляции тремора у каждого человека. Тогда функция распределения  $f(x)$  (для тремора) непрерывно изменяется и произвольно получить две «похожие» выборки невозможно. Система регуляции тремора находится в режиме непрерывной хаотической подстройки, о которой мы говорили в ряде публикаций [5,8,10-12]. Постоянная перенастройка и хаотическое взаимодействие отдельных нейронов производит хаос в организации регуляции любого двигательного акта. Любое движение тела или его части всегда происходит не детерминистки и не стохастически, а хаотически. Однако этот хаос происходит в пределах ограничений со стороны самоорганизации. Поэтому научной школой СурГУ и ТулГУ употребляется термин *хаос – самоорганизация* [6-8,14-21].

Для нашего примера в итоге для 105 разных пар сравнения только 6 пар не имеют существенных различий (это около 6%) между собой, а остальные 99 пар принадлежат разным генеральным совокупностям и различия между ними существенные. Наблюдается непрерывный калейдоскоп внутренних перестроек в нервномышечной системе одного (каждого) человека. Как результат – движение конечности (тремор) происходит хаотически, но в пре-

делах вариационных размахов  $\Delta x_i$ . Самоорганизация ограничивает возможности движений размерами квазиаттракторов – областей фазового пространства системы (ФПС) внутри которых непрерывно (и хаотически) движется вектор состояния системы (ВСС)  $x=x(t)=(x_1, x_2)^T$  [1-5,9-11].

Характерно, что сходные результаты получаем и от разных испытуемых, что доказывает сходство (измеряются возрастные и половые различия и тремор зависит от функционального (психического) состояния человека) в организации системы регуляции движений (тремора) у всех испытуемых.

Таблица 2

Результаты попарного сравнения (по критерию Вилкоксона) выборок треморограмм одного испытуемого (ЧНА) при повторных измерениях (подряд) за короткое время (T=5 сек)

	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	,96	,00	,00
2	,00		,00	,00	,01	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
3	,00	,00		,00	,00	,01	,00	,00	,02	,04	,00	,00	,00	,01	,00
4	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,01	,00
5	,00	,01	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
6	,00	,00	,01	,00	,00		,00	,00	,47	,00	,96	,00	,00	,00	,00
7	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,21	,19
9	,00	,00	,02	,00	,00	,47	,00	,00		,00	,02	,00	,00	,00	,00
10	,00	,00	,04	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00
11	,00	,00	,00	,00	,00	,96	,00	,00	,02	,00		,00	,00	,00	,00
12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00
13	,96	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00
14	,00	,00	,01	,01	,00	,00	,00	,21	,00	,00	,00	,00	,00		0,79
15	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,19	,00	,00	,00	,00	,00	,79	

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

Если отобразить хаотическую динамику параметров треморограмм испытуемого в виде суперпозиции амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) сигналов (рис. 1-В), или рассчитать автокорреляционную функцию, что представлено на рис. 1-С ниже, то можно видеть непрерывно изменяющуюся картину (функция  $A(t)$  в виде 1-С подобна самой треморограмме на 1-А).

Нечто подобное мы имеем и для теппинграмм, хотя теппинг – произвольное движение. Аналогично получены значения вычислений критериев Колмогорова – Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро-Уилка для теппинграмм. Результаты еще хуже, чем для тремора, по возможности их отнесения к нормальному закону распределения. Даже в 3-м знаке после запятой везде «нули» (табл. 3).

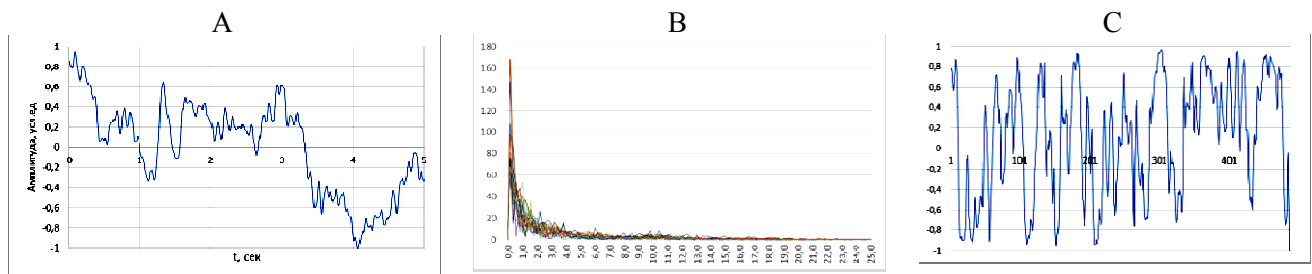


Рис. 1. Хаотическая динамика параметров треморограммы испытуемого при 15 экспериментах одного испытуемого; А – треморограмма, В – суперпозиция АЧХ, С – автокорреляционная функция

Как видно, все значения теппинграмм демонстрируют уровень значимости  $p < 0,01$ . Таким образом можно говорить, что наши значения распределения отличаются от усеченного нормального существенно (табл. 1), чем для треморограмм. При этом мы говорим об управлении со стороны ЦНС, т.е. о произвольности теппинга и можно бы было ожидать при таком управлении некоторый отход от хаоса или от непараметрического распределения. Однако проверка на нормальность для теппинга не отличается от результата для тремора – очень редко (менее 1 % случаев), когда мы можем получить приближение получаемых выборок к нормальному распределению.

В табл. 3 представлены результаты попарного сравнения выборок для теппинграмм, которые оценивались в виде матрицы по критерию Вилкоксона. Их тоже можно сравнить с параметрами тремора, т.е. с табл. 2.

**Результаты попарного сравнения по критерию Вилкоксона теппинграмм одного испытуемого (ЧНА) при повторных измерениях (подряд) за короткий интервал времени**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,00	,57	,01	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
2	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,93	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
3	,00	,00		,00	,00	,49	,49	,00	,00	,01	,00	,06	,00	,00	,99
4	,57	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,09	,00	,01	,00	,00
5	,01	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,23	,55	,00	,00	,00	,00	,00
6	,00	,00	,49	,00	,00		,96	,00	,00	,00	,00	,15	,00	,00	,99
7	,00	,00	,49	,00	,00	,96		,00	,00	,00	,00	,11	,00	,00	,14
8	,00	,93	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
9	,00	,00	,00	,00	,23	,00	,00	,00		,26	,00	,00	,00	,00	,00
10	,00	,00	,01	,00	,55	,00	,00	,00	,26		,00	,00	,00	,00	,00
11	,00	,00	,00	,09	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,58	,12	,00
12	,00	,00	,06	,00	,00	,15	,11	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,14
13	,00	,00	,00	,01	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,58	,00		,08	,00
14	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,12	,00	,08		,00
15	,00	,00	,99	,00	,00	,99	,14	,00	,00	,00	,00	,14	,00	,00	

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

В итоге для 105 пар сравнения только 19 пар не имеют существенных различий между собой, а остальные 86 пар принадлежат разным генеральным совокупностям и различия между ними существенные. Это уже около 18%, что больше чем для тремо-

ра, дополнительные примеры данного эксперимента представлены в таблицах А.7 – А.9 приложения А. В этом, очевидно, и заключено статистическое различие между тремором и теппингом, т.е. между «непроизвольным» и «произвольным» движением. Однако, и там, и там мы имеем хаос и неповторяемость в движениях, а нормальное распределение даже чаще встречаются у тремора, чем у теппинга. В рамках такого подхода мы предлагаем новую классификацию произвольности движения (оно всегда реализуется хаотически) или не произвольности [5,8-12].

Увеличение количества «общих» пар «совпадений» теппинграмм по сравнению с треморограммами говорит о частичном усилении управления за счет афферентации и привлечения мыслительной деятельности. Это свидетельствует о начале некоторого сдвига от хаотического режима к стохастическому, но этот сдвиг имеет разные грани-

Таблица 3

цы для тремора и теппинга. При этом увеличение «общих» пар для теппинга возможно из-за изменения структуры колебаний (теппинг всегда «ближе» к синусоиде, чем тремор).

Эти изменения будут наблюдаться непрерывно у любого испытуемого. Следовательно, любые результаты стохастического анализа будут иметь ограниченный информационный характер. Любые изменения в параметрах движе-

ний, характерны только для данного интервала времени. Это значит, что для другого интервала времени  $T$ , параметры будут другими и будут другие  $f(x)$ . Достоверность стохастических методов обработки и получаемых результатов подобных сигналов ос-

тается под вопросом. Более того, весь гомеостаз – это непрерывное хаотическое движение вектора состояния системы, с непрерывными и хаотическими изменениями функций распределения, т.е. своеобразный «хаос стохастики». Такая хаотическая стохастика, или, наоборот – *стохастический хаос* – характерны не только для движений, но и для многих других параметров гомеостаза. Поскольку нас интересуют только движения, то используя матрицы парного сравнения, мы можем теперь говорить о произвольность движения. Смысл его заключен в количестве (мере) стохастических совпадений пар выборок при повторях испытаний одного и того же эксперимента. При этом не имеет существенного значения, как этот эксперимент реализуется, хотя состояние испытуемого очень значимо. Например, при физических нагрузках, физических воздействиях число пар «совпадений» изменяется [1-4,13,16].

Для общей картины представим хаотическую динамику параметров теппинграм испытуемого как суперпозицию амплитудно – частотных характеристик сигналов и автокорреляционную функцию, которые представлены на рис. 2 ниже. Очевидно, что суперпозиция  $A(t)$  имеет вид уже неравномерного распределения (в отличии от тремора, см. выше).

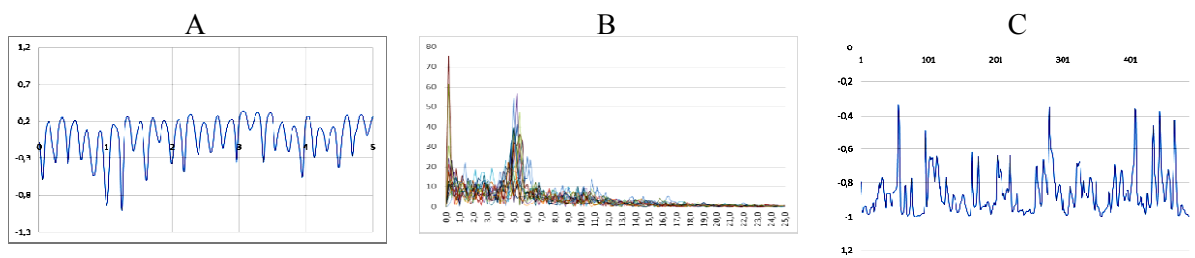


Рис. 2. Хаотическая динамика параметров теппинграм испытуемого при 15 повторях одного эксперимента; А – теппинграмма, В – суперпозиция АЧХ, С – автокорреляционная функция

### Выводы:

1. Из полученных результатов на основе стохастической обработки получается, что любой интервал регистрации тремора и теппинга будет уникальным и неповторимым. Даже в том случае, когда испытуемый находится в комфортном состоянии его внутренние регуляции непрерывно изменяются (хаотически). Саморегуляция дви-

гательных функций отличается детерминированного хаоса т.к. автокорреляционные функции  $A(t)$  не стремятся к нулю при  $t \rightarrow \infty$ .

2. Автокорреляционные функции  $A(t)$  не сходятся к нулю для тремора и теппинга, а АЧХ демонстрируют хаотические изменения, но в ограниченных областях своих графиков.

3. Хаос  $A(t)$  и АЧХ основан на хаосе выборок и их статистических функций  $f(x)$ , но для тремора и теппинга матрицы парных уравнений показывают устойчивую тенденцию: число «совпадений» пар выборок у теппинга в 2-2,5 раза выше.

### Литература

1. Ватамова С.Н., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Филатов М.А. Детерминизм, стохастика и теория хаоса-самоорганизации в описании стационарных режимов сложных биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2013.– № 4.– С. 88.
2. Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Берестин Д.К. Параметры квазиаттракторов в оценке стационарных режимов биологических динамических систем с позиций компартментно-кластерного подхода // Вестник новых медицинских технологий.– 2014.– Т. 21, № 1.– С. 134–137.

3. Даянова Д.Д., Берестин Д.К., Вохмина Ю.В., Игуменов Д.С. Моделирование показателей функциональных систем организма человека на основе двухкластерной трехкомпаратмент-ной системы управления // Вестник новых медицинских технологий.– 2014.– Т. 21, № 4.– С. 7–10.

4. Даянова Д.Д., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В., Игуменов Д.С. Стохастическая

оценка моделей хаотической динамики биологических систем // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 2-19 (дата обращения 30.04.2014). URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4773.pdf>. DOI: 10.12737/3861

5. Еськов В.М., Брагинский М.Я., Козлова В.В., Майстренко Е.В. Диагностика физиологических функций женщин-пловцов югры методом расчета матриц межкластерных расстояний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах.– 2010.– Т. 9, № 3.– С. 500–504.

6. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вахмина Ю.В. Кинематика биосистем как эволюция: стационарные режимы и скорость движения сложных систем – complexity // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон.– 2015.– № 2.

7. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Неопределенность в квантовой механике и биофизике сложных систем // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия.– 2014.– № 5.– С. 41–46.

8. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Особые свойства биосистем и их моделирование // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– Т. 18, № 3.– С. 331–332.

9. Еськов В.М., Майстренко В.И., Майстренко Е.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Исследование корреляции показателей функциональной асимметрии полушарий головного мозга с результатами учебной деятельности учащихся // Вестник новых медицинских технологий.– 2007.– Т. XIV, № 3.– С. 205–207.

10. Еськов В.М., Нанченко Е.А., Козлова В.В., Климов О.В., Майстренко Е.В. Параметры квазиаттракторов поведения вектора состояния организма пловцов // Вестник новых медицинских технологий.– 2009.– Т. 16, № 4.– С. 24–26.

11. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Фрактальная динамика поведения человекомерных систем // Вестник новых медицинских технологий.– 2011.– Т. 18, № 3.– С. 330–331.

12. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Соколова А.А., Химикина О.И., Башкатова Ю.В., Берестин Д.К., Ватамова С.Н., Даянова Д.Д., Джумагалиева Л.Б., Кузнецова В.Н. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем.– Самара: Офорт, 2014.– 192 с.

13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Литовченко О.Г. Проблема оценки эффективности лечения на основе кинематической характеристики вектора состояния организма // Вестник новых медицинских технологий.– 2015.– Т. 22, №1.– С. 143–152. DOI: 10.12737/9096.

14. Козупица Г.С., Даянова Д.Д., Бурыкин Ю.Г., Берестин Д.К. Компартментно-кластерное моделирование неопределенностей в рамках детерминизма // Сложность. Разум. Постнеклассика.– 2014.– № 2.– С. 68–80.

15. 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.

16. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №1. Публикация 1-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения: 25.03.2015). DOI: 10.12737/10410

17. Churchland M. M., Cunningham J. P., Kaufmann M. T. Neural population dynamics during reaching // Nature.– 2012.– V. 487.– P. 51–56.

18. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical ef-

fort // Measurement Techniques.– 2011.– Т. 54, № 8.– P. 832–837.

19. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement Techniques.– 2011.– Т. 53, № 12.– P. 1404–1410.

20. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition // Neurophysiology.– 1993.– Т. 25, № 6.– P. 420.

21. Eskov V.M., Kulaev S.V., Popov Yu.M., Filatova O.E. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems // Measurement Techniques.– 2006.– Т. 49, № 1.– P. 59–65.

### References

1. Vatamova SN, Vokhmina YuV, Dayanova DD, Filatov MA. Determinizm, stokhastika i teoriya khaosa-samoorganizatsii v opisaniy statsionarnykh rezhimov slozhnykh biosistem. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;4:88. Russian.

2. Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Dayanova DD, Berestin DK. Parametry kvaziattraktorov v otsenke statsionarnykh rezhimov biologicheskikh dinamicheskikh sistem s pozitsiy kompartmentno-klasternogo podkhoda. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(1):134-7. Russian.

3. Dayanova DD, Berestin DK, Vokhmina YuV, Igumenov DS. Modelirovanie pokazateley funktsional'nykh sistem organizma cheloveka na osnove dvukhklasternoy trekhkompartment-noy sistemy upravleniya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(4):7-10. Russian.

4. Dayanova DD, Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Igumenov DS. Stokhasticheskaya otsenka modeley khaoticheskoy dinamiki biologicheskikh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. [internet]. 2014 [cited 2014 Apr 30];1:[about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4773.pdf>. DOI: 10.12737/3861

5. Es'kov VM, Braginskiy MYa, Kozlova VV, Maystrenko EV. Diagnostika fiziologicheskikh funktsiy zhenshchin-plovtsov yugry metodom rascheta matrits mezhklasternykh rasstoyaniy. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2010;9(3):500-4. Russian.

6. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Vakhmina YuV. Kinematika biosistem kak evolyutsiya: statsionarnye rezhimy i skorost' dvizheniya slozhnykh sistem – complexity. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 3. Fiz. Astron. 2015;2. Russian.

7. Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Zimin MI. Neopredelennost' v kvantovoy mekhanike i biofizike slozhnykh sistem. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya. 2014;5:41-6. Russian.

8. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA. Osobyie svoystva biosistem i ikh modelirovanie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):331-2. Russian.

9. Es'kov VM, Maystrenko VI, Maystrenko EV, Filatov MA, Filatova DYu. Issledovanie korrelyatsii pokazateley funktsional'noy asimmetrii polushariy golovnoy mozga s rezul'tatami uchebnoy deyatelnosti uchashchikhsya. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2007;14(3):205-7. Russian.

10. Es'kov VM, Nanchenko EA, Kozlova VV, Klimov OV, Maystrenko EV. Parametry kvaziattraktorov povedeniya vektora sostoyaniya organizma plovtsov. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(4):24-6. Russian.

11. Es'kov VM, Filatova OE, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Fraktal'naya dinamika povedeniya chelovekomernykh sistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):330-1. Russian.

12. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatov MA, Filatova OE, Gavrilenko TV, Es'kov VV, Sokolova AA, Khimikova OI, Bashkatova YuV, Berestin DK, Vatamova SN, Dayanova DD, Dzhumagalieva LB, Kuznetsova VN. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii



khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.

13. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivnosti lecheniya na osnove kinematicheskoy kharakteristiki vektora sostoyaniya organizma. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015; 22(1):143-52. DOI: 10.12737/9096. Russian.

14. Kozupitsa GS, Dayanova DD, Burykin YuG, Berestin DK. Kompartmentno-klasternoe modelirovanie neopredelennostey v ramkakh determinizma. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:68-80. Russian.

15. Nifontova OL, Burykin YuG, Mays-trenko 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.

16. Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE, Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [Internet]. 2015 [cited 2015 Mar 25];1:[about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410

17. Churchland MM, Cunningham JP, Kaufmann MT. Neural population dynamics during reaching. Nature. 2012;487:51-6.

18. Eskov VM, Eskov VV, Braginskii MYa, Pashnin AS. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort. Measurement Techniques. 2011;54(8): 832-7.

19. Eskov VM, Eskov VV, Filatova OE. Medical and biological measurements: characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states. Measurement Techniques. 2011;53(12):1404-10.

20. Eskov VM, Filatova OE. Respiratory rhythm generation in rats: the importance of inhibition. Neurophysiology. 1993;25(6):420.

21. Eskov VM, Kulaev SV, Popov YuM, Filatova OE. Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems. Measurement Techniques. 2006;49(1):59-65.