

DOI: 10.12737/article_58ef6fed067652.34345277

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ

Д.К. БЕРЕСТИН*, Н.В. ЖИВАЕВА*, О.А. ЕРМАК**, А.Д. ШЕЙДЕР**

* БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия
 ** Филиал "Газпромбанк" (Акционерное общество) в г. Сургуте,
 Бульвар Свободы, 12, Сургут, 628417, Россия

*** ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия

Аннотация. Рассматривается эволюция биосистем на примере биоэлектрической активности мышц (электромиограммы). Рассчитаны кинематические показатели сложных систем (систем третьего типа) на основе моделирования движения вектора состояния этих систем $x(t)$ в фазовом пространстве состояний. Использован аппарат для расчета движения центров квазиаттракторов (областей фазового пространства, в которых $x(t)$ непрерывно изменяется) и скорости эволюции. Очевидно, что подобные схемы расчета на основе анализа изменения объемов квазиаттракторов на примере биоэлектрической активности мышц сейчас становятся возможным и к использованию при анализе любых эволюционных процессов сложных биосистем систем третьего типа – *complexity*. Для биосистем можно в некоторых случаях одновременно считать и статистику, и имеется возможность зарегистрировать параметры квазиаттракторов, если имеется желание получить полную информацию о состоянии сложной биосистемы.

Ключевые слова: эволюция биосистем, кинематические характеристики, движение центра квазиаттрактора.

MATHEMATICAL MODELS OF THE EVOLUTION OF THE EMG

D.K. BERESTIN*, N.V. ZHIVAEVA*, O.A. ERMAK**, A.D. SHADER**

* *Surgut State University, Str. Lenina, 1, Surgut, Russia, 628400*
 ** *"Gazprombank" (Joint - stock Company) in Surgut,
 Boulevard Svobody, 12, Surgut, Russia, 628417*

*** *Samara State Technical University, Str. Molodogvardeyskay, 244, Samara, Russia, 443100*

Abstract. It was described the evolution of biological systems on the example of bioelectrical muscle activity (electromyogram). Calculated kinematic indicators of complex systems (systems of the third type) based on modeling of the motion of the state vector of these systems is $x(t)$ in the phase space of States. The apparatus used to calculate the motion of the centers of quasi-attractor (regions of phase space in which $x(t)$ changes continuously) and the speed of evolution. It is obvious that such a scheme of calculation based on the analysis of changes in the volume of quasi-attractor, for example, bioelectrical activity of muscles now become possible and used in the analysis of any evolutionary processes of complex biological systems of the third type of systems complexity. For biological systems can in some cases be considered simultaneously and the statistics, and you have the option to register the parameters of quasi-attractor if there is a desire to obtain full information on the state of a complex biosystem.

Key words: evolution of biological systems, kinematic characteristics, movement of center of quasiattractor.

Введение. Проблема моделирования сложных биосистем (*complexity*) является

актуальной проблемой естествознания в целом и биомеханики в частности. Последние

50 лет идет активная дискуссия вокруг самого определения «сложность» [1,5,7,8,10-14,16]. Считается, что любые сложные биологические динамические системы (БДС), образующие организм человека, популяции животных или биосферу Земли в целом являются уникальными и невозпроизводимыми точно системами. С точки зрения детерминистского подхода многократное повторение любого такого процесса должно обеспечивать идентификацию моделей биологической динамической системы в фазовом пространстве состояний (ФПС) [1-6,9,14]. Однако, если биосистемы точно воспроизвести невозможно, то мы переходим к стохастике, т.е. к определению статистической функции распределения биопроцесса. При этом и стохастика всегда требует повторения начальных параметров процесса, в котором его конечный результат все – таки будет флуктуировать около среднего значения. В этом случае мы всегда имеем неравномерное распределение случайной величины в отличие от активно разрабатываемой теории хаоса, где принято считать, что конечное состояние системы может быть представлено равномерным распределением значений всех параметров x_i для вектора состояния системы (ВСС), $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, описывающую любую сложную биологическую динамическую систему [3,10,5,16,18-22]. В стохастической ВСС $x(t)$ должен иметь повторяющееся начальное значение $x(t_0)$ и функцию распределения $f(x)$ для всех конечных состояний $x(t_k)$. Если $x(t_0)$ воспроизвести невозможно, то стохастический подход применять нельзя (нет повторений испытаний, система уникальная и невозпроизводимая) [1,5,7,8,12-15,20].

Математические основы принципа расчета параметров эволюции биосистем. Предлагается построение кинематики сложных систем, систем третьего типа (СТТ) на основе моделирования движения вектора состояния этих систем $x(t)$ в ФПС. Поскольку доказано, что для систем третьего типа постоянно $dx/dt \neq 0$, а $f(x)$ для любых последовательных выборок (кардиоинтервалов, например) непрерывно изменяется, то разработан аппарат для расчета движения центров квазиаттракторов (КА) (об-

ластей фазового пространства, в которых $x(t)$ непрерывно изменяется). Вводится понятие скорости и ускорения эволюции [6,11,12,14,15,17,21].

Общеизвестно, что в естествознании активно используются два базовых подхода для идентификации стационарных режимов: $dx/dt = 0$, или рассчитывается функция $f(x)$, которая условно не изменяется. Фактически, эти же требования используются и при идентификации схожести (однотипности) двух систем или процессов, если по своим параметрам они показывают одинаковость x_i , т.е. $x_i^1 = x_i^2$ по всем $i=1, 2, \dots, m$ для 1-го (x_i^1) и 2-го (x_i^2) процессов или объектов. Иными словами, понятие стационарного режима в терминах вектора состояния и ФПС обеспечивает идентификацию схожести (подобия) систем, объектов, процессов. Поэтому мы особым образом выделяем это понятие (стационарные режимы) для СТТ, т.к. они не могут продемонстрировать ни $dx/dt = 0$, ни сохранение функций распределения $f(x)$ для любой биосистемы даже на коротком интервале времени Δt . В целом, классический подход в оценке стационарных режимов СТТ невозможен в принципе [6,7,8,11,12,14,19].

Остается проблема определения меры постоянства СТТ, т.е. при каких величинах изменения параметров КА можно считать, что СТТ находится в стационарном режиме? Очевидно и в стохастике мы не можем считать $x(t)$ неизменным (в смысле $x(t_k) = const!$), но там $f(x)$ может существенно не изменяться. Для систем, находящихся в непрерывном хаосе ситуация резко усложняется, т.к. $dx/dt \neq 0$ и $f(x)$ непрерывно меняется. Где критерий устойчивости (или, лучше сказать, одинаковости) хаоса для СТТ?

Рассмотрим основные критерии ненулевой скорости движения центра КА и критерии существенного или несущественного изменения объема КА V_G . Сразу отметим, что этот объем КА мы находим как произведение вариационных размахов Δx_i по каждой координате x_i , т.е. $\Delta x_i = x_{i_{\max}} - x_{i_{\min}}$ (разность крайне правой координаты $x_{i_{\max}}$ и

крайне левой координаты $x_{i\min}$ на оси x_i). Одновременно координаты центра КА x_i^c можно найти из уравнения: $x_i^c = x_{i\min} + ((\Delta x_i)/2) = (x_{i\max} + x_{i\min})/2$. Иными словами объем V_G будем определять из (1):

$$V_G = \prod_{i=1}^m \Delta x_i, \quad (1)$$

а координаты центра КА x_i^c находятся из уравнения (2):

$$x_i^c = (x_{i\max} + x_{i\min})/2. \quad (2)$$

Для дальнейших рассуждений представим определение КА в рамках традиционных математических понятий.

Квазиаттрактор – ненулевое подмножество Q фазового n -мерного пространства $Dl = \overline{1, m}$ биологической динамической системы (БДС), являющееся объединением всех значений $f(t_i)$ состояния БДС на конечном отрезке времени $[t_j, \dots, t_e]$ ($j \ll e$, где t_j – начальный момент времени, а t_e – конечный момент времени состояний БДС)

$$Q = \bigcup_{l=1}^m \bigcup_{i=j}^e f^l(t_i), \quad Q \neq 0; \quad Q \in D, \quad (3)$$

где m – количество координат x_i пространственных измерений.

В качестве основной меры КА используется объем (V_G) области Q m -мерного пространства, внутри которого заключены все значения $f(t_i)$ состояния биологической динамической системы на промежутке времени $[t_j, \dots, t_e]$

$$V_G = \text{mes}(Q) = \prod_{i=1}^m (\max(f^l(t_j), \dots, f^l(t_e))). \quad (4)$$

На основании понятия КА, можно ввести критерий существенных или несущественных различий в параметрах изменения положения центра КА и объемов многомерных КА. Точку отсчета для существенных изменений объемов мы будем определять как двухкратное изменение объема КА биосистемы, если мы сравниваем объем КА до воздействия (до изменений) – V_G^1 и объем КА после воздействия (изме-

нения) – V_G^2 . Иными словами, если $1/2 \leq V_G^1/V_G^2 \leq 2$, то изменения V_G будут несущественными (например, в пределах вариационных размахов). Если же

$$V_G^1/V_G^2 \geq 2 \text{ или } V_G^1/V_G^2 \leq 0,5, \quad (5)$$

то будем говорить о существенном изменении биосистемы по параметрам объема КА. Таким образом, объем V_G^2 может уменьшиться в 2 раза (и более) или увеличиться в 2 раза (и более) по отношению к исходному V_G^1 и мы будем говорить о значимых изменениях в состоянии биосистемы по параметрам изменения объемов КА. Такие существенные изменения мы наблюдаем в геронтологии [7,8,21,22].

Движение центра КА рассчитывается по координатно. Если по всем координатам x_i мы имеем смещение центра x_i^{c2} на величину R_i^* , превышающую сумму половин исходного вариационного размаха $\Delta x_i^1/2 + \Delta x_i^2/2$ (т.е. центр после смещения вышел за пределы $\Delta x_i^1/2$ размеров исходного радиуса $r_i^1 = \Delta x_i^1/2$), то мы будем говорить о существенных изменениях в биосистеме. При этом эти смещения должны произойти по всем координатам x_i всего ФПС. В целом, необходимо учитывать по координатные радиусы (они составляют половину от вариационного размаха Δx_i) начального КА r_i^1 и конечного КА $r_i^2 = \Delta x_i^2/2$ по каждой координате x_i . Превышение суммы этих радиусов по всем i для реального расстояния R_i^* между центрами исходного и конечного КА (x_i^{c1} и x_i^{c2}) действительно сигнализирует о существенном смещении центра КА за время Δt . Если это наблюдается по отдельным координатам x_i , то мы будем говорить о начале существенного смещения КА в ФПС.

Таким образом, мы сравниваем положение центров КА одного и того же объекта (системы) за время Δt по расстояниям смещения центров *исходного квазиат-*

трактора (КА¹) и конечного квазиаттрактора (КА²). Первоначально мы требуем выхода центра (x_i^{c2}) для КА² за пределы исходного радиуса r_i^1 для КА¹ (это уже первое значимое смещение). Однако, реальный и значимый отсчет различий начинается, если КА² своим радиусом r_i^2 выйдет за пределы исходного радиуса r_i^1 . Это условие соответствует неравенству:

$$R_i = r_i^1 + r_i^2 < R_i^*, \quad (6)$$

где R_i^* соответствует по каждой координате x_i реальному расстоянию между центрами исходного и конечного КА, т.е. в момент времени $t = t_0$ и через интервал Δt при $t = t_1$. Здесь $\Delta t = t_1 - t_0$, а $R_i^* = x_i^{c1} - x_i^{c2} > (\Delta x_i^1 + \Delta x_i^2)/2$, что является аналогом (6) (по каждой координате x_i). Если такой выход наблюдается частично (по отдельным x_i), то мы фиксируем время t^* , когда первая (t_1^*) и последняя (t_2^*) координата выходят за пределы исходного КА, т.е. когда i -я координата покажет выполнение неравенства (6).

Таблица 1

Значения площадей квазиаттракторов при четырех статических усилиях

	$F_1=5$ даН	$F_2=10$ даН	$F_3=15$ даН	$F_4=20$ даН
1	170345	178568	272412	280872
2	124584	266072	299484	542080
3	135682	283232	396864	416724
4	143313	236310	372272	483637
5	154632	253217	379904	527681
6	157056	251072	370576	459921
7	183148	285438	337953	520058
8	218855	218660	392161	383691
9	171465	284084	468096	638544
10	181872	307580	408736	597982
11	174276	251072	460464	548856
12	266072	285840	458768	553938
13	192042	248528	388384	553938
14	196272	211328	412128	495495
15	202800	286688	414672	493801
Среднее значение	178160,9	256512,6	388858,3	499814,5

В целом, стационарный режим теперь будет характеризоваться такими параметрами

системы, когда нет существенных изменений в параметрах КА. При этом мы точно регистрируем микрохаос (неопределенность внутри КА), т.к. вектор состояния демонстрирует непрерывное движение в виде $dx/dt \neq 0$, и все $f(x)$ будут непрерывно изменяться (но нет существенных движений центров КА!). Очевидно, что для биосистем можно в некоторых случаях одновременно считать и статистику, и имеется возможность зарегистрировать параметры КА, если имеется желание получить полную информацию о состоянии сложной биосистемы. Сейчас мы говорим о кооперации стохастики и ТХС, что противоречит закону развития парадигм Т. Куна (новая парадигма отрицает старую). Однако чаще, мы для СТТ имеем непрерывное мерцание и говорить о стохастике не приходится [3,4,7,14].

Расчета эволюции СТТ на примерах электромиограмм. Нами исследовалась эволюция СТТ по параметрам КА в ФПС. В качестве примера мы рассмотрим четыре эксперимента с электромиограммами. У испытуемого регистрировались миограммы с частотой дискретизации $\tau=0,25$ мс, время записи $t=5$ сек., для каждого испытуемого регистрировалась электромиограмма (ЭМГ) при различном статическом напряжении мышцы $F_1=5$ даН, $F_2=10$ даН, $F_3=15$ даН, $F_4=20$ даН с помощью квантования сигнала в виде файла значений x_i , где x_i – это величина биосигнала *musculus adductor digiti mini* (мышца мизинца). Для каждого статического напряжения производилась запись 15 ЭМГ подряд т.о. получалась 15-ть различных выборок. Между каждым экспериментом (изменение статического напряжения) испытуемому давалось время на восстановление t от 15 до 20 мин. На основе полученного вектора $x(t)=(x_1, x_2)^T$ строились КА динамики поведения $x(t)$ и определялись площади полученных КА V_G по формуле $V_G^{max} \geq \Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq V_G^{min}$, где Δx_1 – вариационный размах величины ЭМГ, а Δx_2 – размах изменений для $x_2(t)$ скорости изменения ЭМГ. В табл. 1 представлены значения площадей КА для одного испытуемого при 15 подряд экспериментах при четырех статических усилиях.

На начальном этапе эксперимента при увеличении статического усилия в два раза (до $F_2=10$ даН) происходило увеличение площади КА в 1,44 раза до $S_2=256512,6$ у.е. при начальной площади $S_1=178160,9$ у.е. при $F_1=5$ даН. При увеличении статического усилия до $F_3=15$ даН (в сравнении с начальным $F_1=5$ даН) также как и в первом эксперименте происходит увеличение площади КА но уже в 2,18 раза (до $S_3=388858,3$ у.е.), а при увеличении статического в четыре раза до $F_4=20$ даН площадь КА увеличивается в 2,81 раза до $S_4=499814,5$ у.е. Эти последние результаты (3-й и 4-й эксперименты) уже можно рассматривать как эволюцию СТТ (в виде движений КА за пределы двукратного увеличения).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-41-00034 р_урал_а «Разработка новых информационных моделей и вычислительных алгоритмов для идентификации параметров порядка в описании и прогнозах сложных медико-биологических систем»

Литература

References

1. Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Щипицин К.П., Королев Ю.Ю. Эффект Еськова-Зинченко в организации непроизвольных движений человека в режиме повторения // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, №1. С. 29–35. DOI: 12737/25261
 2. Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Мирошниченко И.В., Воробьева Л.А. Проблема статистической неустойчивости кардиоинтервалов в получаемых подряд выборках неизменного гомеостаза в условиях Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 36–42.
 3. Бетелин В. Б., Еськов В. М., Галкин В. А., Гавриленко Т.В. Стохастическая неустойчивость в динамике поведения сложных гомеостатических систем // Доклады академии наук. 2017. Т. 472, № 6. С. 642–644.
 4. Гавриленко Т.В., Якунин Е.В., Горбунов Д.В., Гимадиев Б.Р., Самсонов И.Н. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 9–14.
 5. Дудин Н.С., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Хадарцева К.А. Новые подходы в теории ус-
- Beloshchenko DV, Bazhenova AE, Shchipitsin KP, Korolev YuYu. Effekt Es'kova-Zinchenko v organizatsii neproizvol'nykh dvizheniy cheloveka v rezhime povtoreniya [The effect of Eskova-Zinchenko in organizing involuntary movements of a person in a repetition mode]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):29-35. DOI: 12737/25261. Russian.
- Beloshchenko DV, Bashkatova YuV, Miroshnichenko IV, Vorob'eva LA. Problema statisticheskoy neustoychivosti kardiointervalov v poluchaemykh podryad vyborkakh neizmennogo gomeostaza v usloviyakh Severa RF [The problem of statistical instability of cardiointervals in consecutive samples of unchanged homeostasis in the North of the Russian Federation]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):36-42. Russian.
- Betelin VB, Es'kov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. Stokhasticheskaya neustoychivost' v dinamike povedeniya slozhnykh gomeostaticeskikh sistem [Stochastic instability in the dynamics of behavior of complex homeostatic systems]. Doklady akademii nauk. 2017;472(6):642-4. Russian.
- Gavrilenko TV, Yakunin EV, Gorbunov DV, Gimadiev BR, Samsonov IN. Effekt Es'kova-Zinchenko v otsenke parametrov teppinga [The effect of Eskova-Zinchenko in the estimation of the thermic parameters]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):9-14. Russian.
- Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti bio-

- тойчивости биосистем – альтернатива теории А.М. Ляпунова // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 336.
6. Еськов В.М., Баженова А.Е., Буров И.В., Джалилов М.А. Соотношение между теоремой Бернулли и параметрами квазиаттракторов биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 332.
7. Еськов В.М., Гудков А.Б., Баженова А.Е., Козупица Г.С. Характеристика параметров тремора у женщин с различной физической нагрузкой в условиях севера России // Экология человека. 2017. № 1. С. 38–42.
8. Еськов В.М., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Вохмина Ю.В. Формализация эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Биофизика. 2017. Том 62, № 1. С. 168–176.
9. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А., Синенко Д.В. Нейрокомпьютерная идентификация параметров порядка в геронтологии // Успехи геронтологии. 2015. Т. 28, № 3. С. 435–440.
10. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е. К проблеме самоорганизации в биологии и психологии // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №3. С. 174–181.
11. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Веракса А.Н. Биофизические проблемы в организации движений с позиций теории хаоса – самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 182–188.
12. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Полухин В.В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 158–167.
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. № 1. С. 143–152. DOI: 10.12737/9096
14. Зилов В.Г., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В. Экспериментальное подтверждение системы – альтернатива теории А.М. Ляпунова [New approaches in the theory of biosystems stability – alternative to a.m. lyapunov's theory]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.
- Es'kov VM, Bazhenova AE, Burov IV, Dzhaliilov MA. Cootnoshenie mezhdru teoremoy Bernulli i parametrami kvaziattraktorov biosistem [Cootnoshenie between the Bernoulli's theorem and the parameters of the quasis-attractor of the biosystems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):332. Russian.
- Es'kov VM, Gudkov AB, Bazhenova AE, Kozupit-sa GS. Kharakteristika parametrov tremora u zhenshchin s razlichnoy fizicheskoy nagruzkoy v usloviyakh severa Rossii [Characteristics of tremor parameters in women with different physical activity in the conditions of the north of Russia]. Ekologiya cheloveka. 2017;1:38-42. Russian.
- Es'kov VM, Es'kov VV, Gavrilenko TV, Vokhmina YuV. Formalizatsiya effekta «Povtorenie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Formalization of the effect "Repetition without repetition" NA. Bernstein]. Biofizika. 2017;62(1):168-76. Russian.
- Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA, Sinenko DV. Neyrokomp'yuternaya identifikatsiya parametrov poryadka v gerontologii [Neurocomputer identification of order parameters in gerontology]. Uspekhi gerontologii. 2015;28(3):435-40. Russian.
- Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE. K probleme samoorganizatsii v biologii i psikhologii [To problem of self-organizing in biology and psychology]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):174-81. Russian.
- Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheniy s pozitsiy teorii khaosa – samoorganizatsii [Biophysical problems in the organization of dvizheniy from the positions of the theory of chaos – of self-organizing]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.
- Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Polukhin VV. Problema vybora abstraktsiy pri primenenii biofiziki v meditsine [The problem of choosing abstractions in the application of biophysics in medicine]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):158-67. Russian.
- Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Khadartseva KA, Litovchenko OG. Problema otsenki effektivnosti lecheniya na osnove kinemacheskoy kharakteristiki vektora sostoyaniya organizma [The problem of assessing the effectiveness of treatment based on the kinematic characteristics of the body state vector]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;1:143-52. DOI: 10.12737/9096. Russian.
- Zilov VG, Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV. Eksperimental'noe podtverzhdienie effekta «Povtore-

- ждение эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2017. № 1. С. 4–9.
15. 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.
16. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть IV. Обработка информации, системный анализ и управление (общие вопросы в клинике, в эксперименте) / Сидорова И.С., Хадарцев А.А., Еськов В.М. [и др.]. Тула: Изд-во ТулГУ, 2003. 203 с.
17. Филатова О.Е., Соколова А.А., Мороз О.А., Однолеткова С.В. Нейро-ЭВМ в изучении параметров variability сердечного ритма женского коренного и некоренного населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 4. С. 13–21.
18. Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Филатова Д.Ю., Живаева Н.В. Биофизика сложных систем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 9–17.
19. 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
20. Шакирова Л.С., Филатова Д.Ю., Ворошилова О.М., Камалтдинова К.Р. Стохастический и хаотический анализ параметров сердечно-сосудистой системы школьников в условиях широтных перемещений // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, № 1. С. 15–20
21. Es'kov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes // Биофизика. 1999. Т. 44. № 3. С. 518–525.
22. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement Techniques. 2015. Т. 58, № 4. С. 65–68.
- nie bez povtoreniya» N.A. Bernshteyna [Experimental confirmation of the effect of "repetition without repetition" NA. Bernstein]. Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny. 2017;1:4-9. Russian.
- Rusak SN, Kozupitsa GS, Filatova OE, Es'kov VV, Shevchenko NG. Dinamika statusa vegetativnoy nervnoy sistemy u uchashchikhsya mladshikh klassov v pogodnykh usloviyakh g. Surguta [Dynamics of status vegetative nervous system in the children in primary school in weather conditions in the surgut]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4):92-5. Russian.
- Sidorova IS, Khadartsev AA, Es'kov VM, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Chast' IV. Obrabotka informatsii, sistemnyy analiz i upravlenie (obshchie voprosy v klinike, v eksperimente). Tula: Izd-vo TulGU; 2003. Russian.
- Filatova OE, Sokolova AA, Moroz OA, Odnoletkova SV. Neyro-EVM v izuchenii parametrov variability serdechnogo ritma zhenskogo korenного i nekorenного naseleniya Yugry [Neuro-computers in the study of the parameters of the variability of the cardiac rhythm of the female radical and nekorenного population of Yugry]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(4):13-21. Russian.
- Filatova OE, Khadartseva KA, Filatova DYu, Zhivaeva NV. Biofizika slozhnykh sistem – complexity [Biophysics of the complex systems – complexity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):9-17. Russian.
- Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE., Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [The five principles of the functioning of complex systems, systems of the third type]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2015[cited 2015 Mar 25];1[about 6 r.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410
- Shakirova LS, Filatova DYu, Voroshilova OM, Kamaltdinova KR. Stokhasticheskiy i khaoticheskiy analiz parametrov serdechno-sosudistoy sistemy shkol'nikov v usloviyakh shirotnykh peremeshcheniy [Stochastic and chaotic analysis of parameters of the cardiovascular system of schoolchildren in conditions of latitudinal movements]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2017;24(1):15-20. Russian.
- Es'kov VM, Filatova OE. A compartmental approach in modeling a neuronal network. role of inhibitory and excitatory processes. Biofizika. 1999;44(3):518-25.
- Vokhmina YV, Eskov VM, Gavrilenko TV, Filatova OE. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies. Measurement Techniques. 2015;58(4):65-8.