

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ
ШКОЛЬНИКОВ ЮГРЫ В УСЛОВИЯХ ШИРОТНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

О.Л. НИФОНТОВА, В.М. ЕСЬКОВ, Л.С. ШАКИРОВА, Д.В. СИНЕНКО

Сургутский государственный университет, пр-т Ленина, 1, Сургут, 628412, Россия

Аннотация. При многопараметрическом мониторинге организма не все его наблюдаемые параметры x_i могут иметь существенные (в рамках стохастических критериев) изменения. Параметры x_i всего вектора состояния организма человека в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, где m -размерность фазового пространства состояний демонстрируют иногда статистическую устойчивость. В таких случаях возникает неопределенность 1-го типа (рода), когда стохастика показывает низкую эффективность лечения. Тогда признаётся либо низкая эффективность лечения, или возникает необходимость поиска других методов измерения более точных реальных изменений x_i в ходе выполнения лечебных мероприятий. Представлены примеры такой ситуации для параметров кардио-респираторной системы человека в условиях санаторного лечения. Подчеркивается низкая эффективность использования нормального закона распределения Гаусса в описании кардиоинтервалов.

Ключевые слова: хаос, самоорганизация, кардиореспираторная система.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE PUPILS' VEGETATIVE NERVOUS
SYSTEM IN UGRA UNDER CONDITIONS MOVEMENT LATITUDINAL

O.L. NIFONTOVA, V.M. ESKOV, L.S. SHAKIROVA, D.V. SINENKO

Surgut state University, Lenin av., 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. In multi-parameter monitoring of the body, not all observed parameters in organisms i may have significant (in the framework of stochastic criteria) changes. The parameters x_i of the entire state vector of the human body in the form $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ where m is dimension of the phase space of states, demonstrate sometimes statistical stability. In such cases, there is an uncertainty of type 1 (genus) when the stochastic shows the low efficiency of treatment. Then, it is recognized the low efficiency of treatment, or a need to find other methods of measurement more accurate real change x_i in the implementation of therapeutic measures. This article presents the examples of such situation for the parameters of the human cardio-respiratory system in the conditions of sanatorium treatment. It emphasizes the low efficiency of using the normal Gaussian distribution law in describing the cardio intervals.

Key words: chaos, self-organization, cardio-respiratory system.

Введение. Оценка эффективности санаторного лечения традиционно осуществляется по полученным данным мониторинга изучаемых параметров до лечебных мероприятий и после лечебного воздействия. Важно оценить значимость диагностических признаков, на основании идентификации различий (до и после лечения) в выборках параметров всего вектора состояния биосистемы $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$.

В рамках традиционных стохастических методов мы проводим сравнительный анализ дисперсий или средних значений двух выборок x_i до и после лечения. Если после лечебных мероприятий средние значения изменяются существенно, то мы говорим об эффективности данного метода лечения. Если различия минимальны, то говорим о малоэффективном методе лечения [1-6].

Однако, использование в исследованиях стохастических критериев не всегда демонстрирует различия в выборках значений координат x_i и их вектора состояния $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)$, где m – это размерность фазового пространства состояний (ФПС). Большинство исследуемых параметров x_i всего вектора $x(t)$ при многопараметрическом наблюдении (до и после санаторного лечения) не показывают существенных различий при сравнении групп школьников, находящихся в различных физиологических состояниях.

В таких случаях мы приходим к выводу, что в рамках стохастического подхода санаторно-оздоровительные мероприятия не существенно влияют на параметры *сердечно-сосудистой* (ССС) и *вегетативной нервной систем* (ВНС) и не показывают функциональную деятельность механизмов адаптации. Однако эти выводы могут быть ошибочными [5-10, 14, 15].

В случае отсутствия статистически значимых различий говорят о возникновении неопределенности 1-го типа при сравнении испытуемых. С позиции медицины это означает, что пребывание в санато-

рии не оказывает лечебного воздействия на изучаемые параметры организма школьников. В данной ситуации мы или допускаем, что лечебные мероприятия не влияют на параметры ССС и ВНС, или применяем другие методы для оценки динамики изменений x_i в ходе санаторно-курортного лечения [9-13].

Цель исследования – подтверждение низкой эффективности использования традиционных стохастических методов на примере изучения влияния санаторного лечения на процесс изменения динамикофункциональных систем организма школьников (у нас это состояние ССС).

Объекты и методы исследования. В ходе проведения настоящего исследования использованы результаты мониторингового обследования состояния ССС 55 школьников (25 мальчиков и 30 девочек) г. Сургута. Критерии включения: возраст учащихся 7-14 лет; отсутствие жалоб на состояние здоровья в период проведения обследований. Тестирование выполнялось в 4-х разных временных промежутках: 1-й этап - до отъезда детей в санаторий Юный Нефтяник (г. Туапсе); 2-ой этап - по прилету в санаторий; 3-й этап - в конце отдыха перед вылетом из санатория; 4-й этап непосредственно по соответствию с вышеизложенным прилету в г.Сургут.

Информацию о состоянии параметров ССС учащихся получали методом пульсоинтервалографии на базе приборно-программного обеспечения пульсоксиметра «ЭЛОКС-01». Снятие показателей осуществляли с помощью пульсоксиметрического датчика, который надевался в виде прищепки на указательный палец. В период регистрации показателей школьники находились в сидячем положении. Рука испытуемого в момент обследования находилась на столе, на уровне сердца. Полученные выборки *кардиоинтервалов* (КИ) были обработаны с помощью программного продукта «ELOGRAPH», которым снабжен прибор. Данный программный продукт в автоматическом режиме отображает изменение в виде ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограммы распределения длительности КИ. Полученные измерения были исследованы, артефакты исключены из расчетов (в особенности, первые 20-30 точек измерений КИ) [16].

Выбор данного метода был связан с тем, что ритм сердечных сокращений является наиболее доступным для регистрации физиологических параметров состояний ВНС. Регистрация параметров ССС обследуемых производилась в 13-мерном *фазовом пространстве состояний* (ФПС) общего вектора состояния ССС (ВСС) в виде $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, где $m=7$. Эти координаты x_i состояли из: x_1 – СИМ (показатель активности симпатического отдела ВНС, у.е.); x_2 – PAR (показатель активности парасимпатического отдела ВНС, у.е.); x_3 – SSS (число ударов сердца в минуту); x_4 – SDNN (стандартное отклонение измеряемых кардиоинтервалов, мс); x_5 – INB (индекс напряжения (по Р.М. Баевскому)); x_6 – SPO₂ – уровень оксигенации крови; x_7 – VLF (спектральная мощность очень низких частот, мс²); x_8 – LF (спектральная мощность низких частот, мс²); x_9 – HF (спектральная мощность высоких частот, мс²); x_{10} – Total (общая спектральная мощность, мс²); x_{11} – LF (p) (низкочастотный компонент спектра в нормализованных единицах); x_{12} – HF (p) (высокочастотный компонент спектра в нормализованных единицах); x_{13} – LF/HF (отношение низкочастотной составляющей к высокочастотной) [4-9].

Полученные результаты первоначально обрабатывались методами математической статистики с помощью программного продукта *Statistica version 6.1*. Статистическая обработка данных производилась до доверительного интервала с вероятностью 0,95. На основе вычисления критерия Шапиро-Уилка оценивалось распределение признака на соответствие нормальному закону распределения (при критическом уровне значимости принятым равным $p>0,05$). При применении критерия Шапиро-Уилка мы за нулевую гипотезу принимаем, что исследуемое распределение не отличается от нормального. Если при проверке гипотезы достигнутый уровень значимости (p) будет больше, чем критический уровень (0,05), то изучаемое распределение не подчиняется закону нормального распределения. В случае если $p<0,05$, то нулевая гипотеза исключается и распределение будет отличаться от нормального [3-8].

Не все описываемые параметры подчиняются закону нормального распределения, поэтому дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики. При описании асимметричных распределений использовалась медиана, в качестве мер рассеяния - процентиля (5-й и 95-й). Для сравнения трёх и более связанных выборок, данные в которых не подчиняются закону нормального распределения, применяется критерий Фридмана (Ранговый ДА – *FriedmanTest*). Критерий Фридмана имеет распределение типа хи-квадрат, поэтому он нами записывался следующим образом «*Chi-square*» хи-кв. ($N=30, cc=23$)=556,3261 при $p<0,000$. Применение критерия Фридмана показало наличие статистически значимых различий между 4-мя группами. Однако, между какими группами существуют различия, и по каким параметрам – на этот вопрос нам отвечает критерий Вилкоксона. Количество возможных попарных сравнений с помощью непараметрического критерия Вилкоксона было рассчитано по формуле: $n=0,5N(N-1)$, где N – количество изучаемых групп.

Результаты статистической обработки данных показателей ССС школьников в условиях широтных перемещениях представлены ниже.

Результаты и их обсуждение. Как видно из табл. 1 и 2 не все описываемые признаки x_i (в 1 точке – SDNN ($p=0,047$), VLF ($p=0,001$), LF, HF, Total ($p=0,000$), LF/HF ($p=0,002$); во 2 точке СИМ, ИНБ, SPO₂, LF/HF ($p=0,000$), LF ($p=0,035$), HF ($p=0,014$); в 3 точке SPO₂, LF/HF, HF ($p=0,000$), СИМ ($p=0,008$), ИНБ

($p=0,010$); в 4 точке СИМ, ИНБ, SPO_2 ($p=0,000$), LF , HF ($p=0,001$), $Total$ ($p=0,014$), LF/HF ($p=0,022$)) не подчиняются закону нормального распределения, поэтому дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики. При описании асимметричных распределений использовалась медиана, в качестве мер рассеяния – процентиля (5-й и 95-й).

Таблица 1

Результаты проверки на нормальность распределения и статистической обработки интегрально-временных параметров и спектральных параметров ССС мальчиков ($n=25$) при широтном перемещении

Признаки x_i	До отъезда в ЮН		По приезду в ЮН		Отъезд из ЮН		Приезд в Сургут	
	W	p	W	p	W	p	W	p
СИМ, (y.e.)	0,949	0,241	0,800	0,000	0,884	0,008	0,776	0,000
ПАР, (y.e.)	0,957	0,361	0,952	0,283	0,964	0,493	0,989	0,992
ЧСС (уд./мин.)	0,983	0,945	0,963	0,475	0,973	0,712	0,893	0,013
$SDNN$, (мс)	0,918	0,047	0,967	0,563	0,943	0,176	0,920	0,051
ИНБ, (y.e.)	0,927	0,074	0,789	0,000	0,887	0,010	0,763	0,000
SPO_2 , (%)	0,266	0,00	0,828	0,000	0,762	0,000	0,840	0,000
VLF , (мс ² /Гц)	0,830	0,001	0,938	0,136	0,921	0,055	0,924	0,064
LF , (мс ² /Гц)	0,787	0,000	0,913	0,035	0,935	0,115	0,826	0,001
HF , (мс ² /Гц)	0,811	0,000	0,895	0,014	0,803	0,000	0,838	0,001
$Total$, (мс ² /Гц)	0,796	0,000	0,923	0,059	0,923	0,061	0,895	0,014
$LFnorm$, (%)	0,940	0,148	0,951	0,266	0,984	0,954	0,931	0,089
$HFnorm$, (%)	0,940	0,148	0,952	0,280	0,983	0,944	0,931	0,089
LF/HF , (y.e.)	0,850	0,002	0,819	0,000	0,650	0,000	0,903	0,022

Примечание: W – критерий Шапиро-Уилка (*Shapiro-Wilk*) для проверки типа распределения признака; p – достигнутый уровень значимости при проверке типа распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка (при критическом уровне значимости принятым равным $p>0,05$)

Таблица 2

Результаты проверки на нормальность распределения и статистической обработки интегрально-временных параметров и спектральных параметров ССС девочек ($n=30$) при широтном перемещении

Признаки x_i	До отъезда в ЮН		По приезду в ЮН		Отъезд из ЮН		Приезд в Сургут	
	W	p	W	p	W	p	W	p
СИМ, (y.e.)	0,74	0,00	0,77	0,00	0,80	0,00	0,81	0,00
ПАР, (y.e.)	0,93	0,06	0,98	0,76	0,94	0,10	0,97	0,55
ЧСС (уд./мин.)	0,98	0,72	0,92	0,03	0,99	0,97	0,95	0,13
$SDNN$, (мс)	0,96	0,35	0,91	0,01	0,86	0,00	0,97	0,67
ИНБ, (y.e.)	0,61	0,00	0,73	0,00	0,82	0,00	0,71	0,00
SPO_2 , (%)	0,57	0,00	0,85	0,00	0,83	0,00	0,83	0,00
VLF , (мс ² /Гц)	0,79	0,00	0,73	0,00	0,79	0,00	0,84	0,00
LF , (мс ² /Гц)	0,95	0,15	0,89	0,01	0,82	0,00	0,95	0,17
HF , (мс ² /Гц)	0,91	0,01	0,65	0,00	0,55	0,00	0,79	0,00
$Total$, (мс ² /Гц)	0,93	0,06	0,76	0,00	0,72	0,00	0,95	0,18
$LFnorm$, (%)	0,96	0,30	0,97	0,44	0,99	0,96	0,94	0,10
$HFnorm$, (%)	0,96	0,30	0,97	0,43	0,97	0,55	0,94	0,10
LF/HF , (y.e.)	0,83	0,00	0,74	0,00	0,87	0,00	0,89	0,00

Примечание: W – критерий Шапиро-Уилка (*Shapiro-Wilk*) для проверки типа распределения признака; p – достигнутый уровень значимости при проверке типа распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка (при критическом уровне значимости принятым равным $p>0,05$)

Установлено, что нейровегетативное регулирование у мальчиков до приезда в санаторий (1 точка) и в конце отдыха (3 точка) характеризуется небольшим повышением показателя симпатической ВНС ($Me=3$) и снижением показателя активности ПАР ($Me=13$). В отличие от группы девочек, где повышение показателя СИМ наблюдается только в 3 точке исследования ($Me=3,5$). Преобладание показателя СИМ подтверждает функциональное напряжение, а также показывает неспецифическую адаптационную реакцию параметров ССС организма. При сравнении активности показателя ПАР у девочек отмечается постепенное снижение показателя (1-3 точка) и повышение после отдыха (4 точка). Однако, в отличие от группы мальчиков, показатель ПАР после приезда из санатория у девочек меньше ($Me=14,0$), по сравнению с 1 точкой исследования ($Me=16,0$).

После приезда в г. Сургут (4 точка) у школьников наблюдается уменьшение дисбаланса показателей ВНС. Отмечается снижение индекса активности СИМ (мальчики $Me=2$, девочки $Me=2,5$) и повышение индекса активности ПАР (мальчики $Me=15$, девочки $Me=14,0$). В результате санаторно-оздоровительного отдыха состояние ВНС переходит в состояние с преобладанием парасимпатотонии, а значит в более щадящий режим функционирования всей системы.

Анализ результатов статистической обработки (медианных значений) основных спектральных параметров показал, что после приезда в санаторий (2 точка) показатели *VLF*, *HF*, *Total* и *LF* в группе мальчиков повышаются, а в группе девочек наоборот наблюдается снижение. В конце отдыха (3 точка) параметры *VLF* и *LF* у мальчиков продолжают повышаться, а параметры *HF*, *Total* снижаются. В группе девочек прослеживается снижение показателей (исключением является *VLF*). Однако, после приезда у школьников исследуемые параметры, по сравнению с 3 точкой, вновь повышаются, за исключением *VLF* в группе мальчиков.

Выполненный анализ с использованием критерия Вилкоксона продемонстрировал (табл. 3), что статистически значимые различия между 1 и 2, 1 и 3 группами выявлено только по показателю SpO_2 (критерий Вилкоксона составляет $p=0,01$ и $p=0,00$ соответственно). Статистически значимые различия при сравнении 1 и 3 группы девочек (табл. 8) выявлены по показателям ПАР, ЧСС, *SDNN* (критерий Вилкоксона равен $p=0,02$, $p=0,01$ и $p=0,03$ соответственно).

При сравнении 2-го состояния (по прилету в санаторно-оздоровительный лагерь) и 4-го (по возвращению в г. Сургут) показатели параметров *SIM*, *SDNN* в группе мальчиков статистически значимо не различались. Анализ сравнения параметров в конце отдыха и непосредственно по возвращению в г. Сургут, выявил у группы мальчиков статистически значимые различия параметров ПАР, ЧСС, SpO_2 у девочек отмечены различия при сравнении параметров СИМ, ЧСС, ИНБ. Это говорит о влиянии смены часовых поясов на параметры вегетативного статуса школьников. Отсутствуют статистически значимые различия при сравнении 1 и 4 точки (до и после отдыха) для параметра СИМ при анализе группы мальчиков и параметра SPO_2 при сравнении девочек.

Таблица 3

Уровни значимости p для попарных сравнений интегрально-временных параметров x_i ССС мальчиков ($n=25$) и девочек ($n=30$) в условиях санаторного лечения в четырех связанных выборках с помощью критерия Вилкоксона

Группы сравнения	Уровни значимости p для признаков x_i						
	мальчики	$p-SIM$	$p-PAR$	$p-SSS$	$p-SDNN$	$p-INB$	$p-SPO_2$
1 и 3		0,40	0,97	0,85	0,68	0,92	0,00
1 и 4		0,08	0,01	0,00	0,01	0,04	0,66
2 и 3		1,00	0,79	0,79	0,77	0,65	0,57
2 и 4		0,16	0,06	0,02	0,15	0,04	0,07
3 и 4		0,24	0,03	0,04	0,14	0,13	0,03
девочки							
1 и 2		0,47	0,24	0,28	0,07	0,16	0,84
1 и 3		0,10	0,02	0,01	0,03	0,06	0,47
1 и 4		0,87	0,13	0,36	0,29	0,63	0,66
2 и 3		0,26	0,11	0,09	0,20	0,19	0,03
2 и 4		0,85	0,79	0,46	0,65	0,69	0,68
3 и 4		0,02	0,12	0,02	0,11	0,27	0,78

Примечание: p – достигнутый уровень значимости при попарном сравнении с помощью критерия Вилкоксона

Статистически значимые различия в группе мальчиков (табл. 4), выявлены только при сравнении 1-го и 2-го; 1-го и 4-го состояний по показателю VLF , т.к. значение критерия Вилкоксона составляет $p=0,02$ и $p=0,04$ соответственно. Наблюдаются различия также при сравнении 1 и 4 группы мальчиков по исследуемым параметрам HF и $Total$ (критерий Вилкоксона равен $p=0,01$, $p=0,02$).

Анализ сравнения спектральных параметров ССС в группе девочек показал, статистически значимые различия между 1 и 3 точками по показателю HF , $LFnorm$, $HFnorm$ (критерий Вилкоксона составляет $p=0,01$, $p=0,00$, $p=0,00$). Также различия в выборках наблюдаются при сравнении 3 и 4 группы по показателю $LFnorm$ (критерий Вилкоксона равен $p=0,03$) и между 1 и 2; 1 и 3 группами по исследуемому параметру LF/HF (критерий Вилкоксона равен $p=0,04$, $p=0,00$ соответственно), что говорит о благотворном влиянии отдыха на параметры функциональных систем организма (ФСО) человека.

Таблица 4

Уровни значимости p для попарных сравнений спектральных параметров x_i ССС мальчиков ($n=25$) и девочек ($n=30$) в условиях санаторного лечения в четырех связанных выборках с помощью критерия Вилкоксона

Группы сравнения	Уровни значимости p для признаков x_i						
	$p-VLF$	$p-LF$	$p-HF$	$p-Total$	$p-LFnorm$	$p-HFnorm$	$p-LF/HF$
мальчики							
1 и 2	0,022	0,619	0,510	0,192	0,572	0,572	0,638
1 и 3	0,078	0,638	0,657	0,510	0,920	0,898	0,840
1 и 4	0,048	0,427	0,012	0,023	0,600	0,600	0,382
2 и 3	0,391	0,455	0,126	0,478	0,159	0,243	0,351
2 и 4	0,751	0,143	0,476	0,476	0,851	0,851	0,861
3 и 4	0,510	0,326	0,192	0,313	0,468	0,563	0,677
девочки							
1 и 2	0,06	0,40	0,09	0,07	0,18	0,16	0,04
1 и 3	0,13	0,35	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00
1 и 4	0,47	0,07	0,44	0,19	0,34	0,34	0,29
2 и 3	0,74	0,46	0,22	0,50	0,11	0,18	0,29
2 и 4	0,69	0,52	0,61	0,80	0,28	0,24	0,27
3 и 4	0,36	0,99	0,38	0,48	0,03	0,05	0,16

Примечание: p - достигнутый уровень значимости при попарном сравнении с помощью критерия Вилкоксона

Традиционные стохастические методы не принимают во внимание вариабельность параметров вектора состояния организма человека и часто ошибочно показывают отсутствие реальных изменений. Для решения данного вопроса, лабораторией биокибернетики и биофизики сложных систем (Сургутский государственный университет) были запатентованы программные продукты, эффективно решающие проблему неопределенности 1 типа. На основе новых подходов, проблема неопределенности 1 типа (рода) в физиологии решается с использованием программных продуктов в рамках теории хаоса и самоорганизации.

Биоинформационный анализ дает возможность проанализировать особенности поведения показателей вариабельности кардиоритма до отдыха и после, на основании расчета параметров квазиаттракторов (внутри постоянное и хаотическое движение ВСС $x(t)$) и матриц межаттракторных расстояний в m -мерном фазовом пространстве. Использование новых подходов позволило объективно проанализировать реальные изменения после лечебных мероприятий и оценить адаптационные и функциональные резервы детского организма.

Выводы:

1. Результат анализа параметров сердечно-сосудистой системы школьников при широтных перемещениях, находящихся в условиях санаторного лечения с позиции стохастики, показал, что поведение кардиоинтервалов носит всё-таки хаотический характер. Отсюда следствие – традиционная стохастика в описании кардиоинтервалов имеет низкую эффективность.

2. Выполненный анализ с использованием критерия Вилкоксона продемонстрировал, что по исследуемым 13-ти параметрам во всех группах статистически значимых различий выявлено небольшое количество. Другими словами, использование статистических методов говорит о совпадении выборок x_i , возможности их отнесения к одной генеральной совокупности (отсутствие различий, организм учащихся не изменяется). Практически все пары (за исключением отдельных x_i) демонстрируют отсутствие стохастических различий по всем x_i для получаемых выборок.

3. Санатоно-курортное лечение на юге РФ не оказывает с позиции стохастики существенных изменений в организме школьников. Однако, при использовании новых подходов (расчет параметров и матриц межаттракторных расстояний в m -мерном фазовом пространстве) в исследованиях, группы (выборки) четко разделяются по всем компонентам x_i , а также появляется возможность отранжировать признаки x_i (выделить главные и второстепенные).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (15-41-00034 р_урал_а).

Литература

1. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 2. С. 39–41.
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. Еськов В.М., Филатова О.Е. Проблема идентичности функциональных состояний нейросетевых систем // Биофизика. 2003. Т. 48, № 3. С. 526–534.
4. Еськов В.М., Филатова О.Е., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Проблема выбора оптимальных математических моделей в теории идентификации биологических динамических систем // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2004. Т. 3, № 2. С. 150–152.
5. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Фрактальные закономерности развития человека и человечества на базе смены трёх парадигм // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 4. С. 192–194.
6. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 2. С. 6–10.
7. 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.
8. 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.
9. Еськов В.М., Газя Г.В., Майстренко Е.В., Болтаев А.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на параметры сердечнососудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология и промышленность России. 2016. № 1. С. 59–63.
10. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В. Эволюция хаотической динамики коллективных мод как способ описания поведения живых систем // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2016. № 2.
11. Филатова О.Е., Проворова О.В., Волохова М.А. Оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающей промышленности с позиции теории хаоса и самоорганизации // Экология человека. 2014. № 6. С. 16–19.
12. Хадарцев А.А., Зилов В.Г., Еськов В.М., Винокуров Б.Л., Морозов В.Н., Кидалов В.Н., Филатова О.Е., Гонтарев С.Н., Хадарцева К.А., Цогоев А.С., Наумова Э.М., Крюкова С.В., Митрофанов И.В., Валентинов Б.Г., Седова О.А. Восстановительная медицина: монография / Под ред. Хадарцева А.А., Гонтарева С.Н., Еськова В.М. Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2010. Т. 1. 298 с.
13. Хадарцев А.А., Несмеянов А.А., Еськов В.М., Кожемов А.А., Фудин Н.А. Принципы тренировки спортсменов на основе теории хаоса и самоорганизации // Теория и практика физической культуры. 2013. № 9. С. 87–93.
14. Хадарцев А.А., Сидорова И.С., Еськов В.М., Морозов В.Н., Сапожников В.Г., Хритинин Д.Ф., Волков В.Г., Глотов В.А., Гусейнов А.З., Карасева Ю.В., Купеев В.Г., Гусак Ю.К., Папшев В.А., Гранатович Н.Н., Рачковская В.А., Руднева Н.С., Сергеева Ю.В., Тутаева Е.С., Хапкина А.В., Чибисова А.Н. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Часть 4. Обработка информации, системный анализ и управление (общие вопросы в клинике, в эксперименте): Монография / Под ред. Хадарцева А.А. и Еськова В.М. Тула: Тульский полиграфист, 2003. 238 с.
15. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Козлова В.В., Филатов М.А., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Соколова А.А., Химикова 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. Часть 11. Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем / Под ред. Еськова В.М. и Хадарцева А.А. Самара: ООО «Офорт», 2014. 192 с.

16. Хадарцев А.А., Есков В.М., Есков В.В., Вохмина Ю.В. Хаотическая динамика кардиоинтервалов у трех возрастных групп представителей коренного и пришлого населения Югры // Успехи геронтологии. 2016. Т.29, №1. С. 44–51.

References

1. Adaykin VI, Braginskiy MY, Es'kov VM, Rusak SN, Khadartsev AA, Filatova OE. Novyy metod identifikatsii khaoticheskikh i stokhasticheskikh parametrov ekosredy [A new method for identification of chaotic and stochastic parameters of ecological environment]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(2):39-41. 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 zabolevaemost' naseleniya na primere KhMAO-Yugry [Stochastic and chaotic approach to the assessment of the impact of meteorological factors on the incidence of on-the example of the village of Khanty-Ugra]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2008;15(2):7-9. Russian.

3. Es'kov VM, Filatova OE. Problema identichnosti funktsional'nykh sostoyaniy neyrosetevykh system [Identity problem of functional states of neural network systems]. Biofizika. 2003;48(3):526-34. Russian.

4. Es'kov VM, Filatova OE, Fudin NA, Khadartsev AA. Problema vybora optimal'nykh matematicheskikh modeley v teorii identifikatsii biologicheskikh dinamicheskikh system [The problem of choosing the optimal mathematical models in the theory of dynamical systems identification of biological]. Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh. 2004;3(2):150-2. Russian.

5. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Khadartsev AA. Fraktal'nye zakonomernosti razvitiya cheloveka i chelovechestva na baze smeny trekh paradigm [Fractal patterns of human development and humanity on the basis of the change of the three paradigms]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(4):192-4. Russian.

6. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv pri otsenke khaoticheskoy dinamiki parametrov nervnomyshechnoy sistemy cheloveka v usloviyakh akusticheskikh vozdeystviy [The use of statistical techniques and methods of multidimensional phase spaces in assessing the chaotic dynamics of human neuromuscular system parameters in terms of acoustic effects]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(2):6-10. Russian.

7. 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 kineziterapii [system synthesis method based on the calculation of distances mezhattraktornykh in the hypothesis of uniform and non-uniform distribution in the study of the effectiveness of kinesitherapy]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.

8. 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 [The dynamics of the autonomic nervous system status in junior classes in weather conditions in Surgut]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2013;20(4):92-5. Russian.

9. Es'kov VM, Gazya GV, Maystrenko EV, Boltaev AV. Vliyanie promyshlennykh elektromagnitnykh poley na parametry serdechnosudistoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli [The impact of electromagnetic fields on the industrial parameters of the cardiovascular system of the oil and gas industry workers]. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016;1:59-63. Russian.

10. Es'kov VM, Es'kov VV, Vokhmina YV, Gavrilenko TV. Evolyutsiya khaoticheskoy dinamiki kolektivnykh mod kak sposob opisaniya povedeniya zhivykh system [The evolution of chaotic dynamics of collective modes as a way to describe the behavior of living systems]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3: Fizika. Astronomiya. 2016;2. Russian.

11. Filatova OE, Provorova OV, Volokhova MA. Otsenka vegetativnogo statusa rabotnikov neftegazodobyvayushchey promyshlennosti s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii [Estimation of the vegetative status of the oil and gas industry workers from the perspective of the theory of chaos and self-organization]. Ekologiya cheloveka. 2014;6:16-19. Russian.

12. Khadartsev AA, Zilov VG, Es'kov VM, Vinokurov BL, Morozov VN, Kidalov VN, Filatova OE, Gontarev SN, Khadartseva KA, Tsogoev AS, Naumova EM, Kryukova SV, Mitrofanov IV, Valentinov BG, Sedova OA. Vosstanovitel'naya meditsina: monografiya [Regenerative medicine: a monograph]. Pod red. Khadartseva AA, Gontareva SN, Es'kova VM. Tula: Izd-vo TulGU – Belgorod: ZAO «Belgorodskaya oblastnaya tipografiya»; 2010. T. 1. Russian.

13. Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Es'kov VM, Kozhemov AA, Fudin NA. Printsipy trenirovki sportsmenov na osnove teorii khaosa i samoorganizatsii [Principles of training of athletes on the basis of self-organization and chaos theory]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2013;9:87-93. Russian.

14. Khadartsev AA, Sidorova IS, Es'kov VM, Morozov VN, Sapozhnikov VG, Khritinin DF, Volkov VG, Glotov VA, Guseynov AZ, Karaseva YV, Kupeev VG, Gusak YK, Papshev VA, Granatovich NN, Rachkovskaya VA, Rudneva NS, Sergeeva YV, Tutaeva ES, Khapkina AV, Chibisova AN. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Chast' 4. Obrabotka informatsii, sistemnyy analiz i upravlenie (obshchie voprosy v klinike, v eksperimente) [System analysis, management and information processing in biology and medicine. Part 4: Information processing, systems analysis and administration (general questions at the clinic, in the experiment): Monography]: Monografiya. Pod red. Khadartseva AA i Es'kova VM. Tula: Tul'skiy poligrafist; 2003. Russian.

15. Khadartsev AA, Es'kov VM, Kozlova VV, Filatov MA, Filatova OE, Gavrilenko TV, Es'kov VV, Sokolova AA, Khimikova OI, Bashkatova YV, Berestin DK, Vatamova SN, Dayanova DD, Dzhumagalieva LB, Kuznetsova VN. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Chast' 11. Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh system [System analysis, management and information processing in biology and medicine. Part 11: System synthesis parameters Ugra residents of body functions on the basis of neurocomputing theory and self-chaos in the biophysics of complex systems]. Pod red. Es'kova VM i Khadartseva AA. Samara: OOO «Ofort»; 2014. Russian.

16. Khadartsev AA, Es'kov VM, Es'kov VV, Vokhmina YV. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov u trekh vozrastnykh grupp predstaviteley korennoy i prishlogo naseleniya Yugry [Chaotic dynamics of cardio in three age groups, the representatives of the radical and alien population of Ugra]. *Uspekhi gerantologii*. 2016;29(1):44-51. Russian.

Библиографическая ссылка:

Нифонтова О.Л., Еськов В.М., Шакирова Л.С., Синенко Д.В. Статистический анализ параметров вегетативной нервной системы школьников югры в условиях широтного перемещения // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №3. Публикация 1-12. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/1-12.pdf> (дата обращения: 22.09.2016). DOI: 12737/21674.