

18. Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Vochmina JV. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity. Moscow University Physics Bulletin. 2015;70(2):140-52.

19. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability. Complexity. 1997;3(1):13-9.

20. Prigogine I. The Die Is Not Cast. Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. 2000;25(4):17-9.

21. Wheeler JA. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey. 1999.

DOI: 10.12737/18812

НЕЙРОКОМПЬЮТИНГ В ИЗУЧЕНИИ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Ю.В. БАШКАТОВА, Н.В. ЖИВАЕВА, Р.Б. ТЕН, Н.Ш. АЛИЕВ

*БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», проспект Ленина, 1, г. Сургут, Россия, 628412,
e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru*

Аннотация. На основе математической статистики изучалась динамика поведения параметров сердечно-сосудистой системы у групп тренированных и нетренированных студентов в ответ на дозированную физическую нагрузку. Нейронная сеть представляла различия между группами, т.е. выполнялась процедура бинарной классификации. Каждый раз нейронная сеть выполняла идентификацию, но с помощью различного типа внутренней конфигурации. Из таких повторений получаем хаотическую динамику и для каждой серии. Использование нейро-ЭВМ обеспечивает не только идентификацию различий между группами (статистически неэффективно), но и ранжирование диагностических признаков при изучении характера влияния нагрузки на организм нетренированных и тренированных испытуемых.

Ключевые слова: кардиоинтервалы, физические нагрузки, сердечно-сосудистая система, нейрокомпьютинг.

NEUROCOMPUTING OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM PARAMETERS

Yu.V. BASHKATOVA, N.V. ZHIVAEVA, R.B. TEN, N.Sh. ALIEV

*Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, Russia, 628412,
e-mail: yuliya-bashkatova@yandex.ru*

Abstract. On the basis of mathematical statistics was studied dynamics of parameters of cardiovascular system in groups of trained and untrained students in response to dosed physical load. The neural network represented the differences between the groups, i.e. the procedure was performed binary classification. Each time the neural network performed the identification, but with different type of internal configuration. From these repetitions we get chaotic dynamics and for each series. The use of neurocomputing provides not only the identification of differences between groups (statistically inefficient), but the ranking of diagnostic features in the study of the nature of the effect of loading on the organism of trained and untrained subjects.

Key words: cardio intervals exercise, the cardiovascular system, neurocomputing.

Введение. Создание общей теории патологии опирается в отсутствие объективных подходов сравнения гомеостаза больного и здорового организма. Оказывается, что во многих случаях при развитии

заболевания (перехода организма от нормогенеза к патогенезу и обратном процессе выздоровления под действием лечебных мероприятий) в рамках применения традиционных статистических методов не удаётся

ся зафиксировать статистически значимые различия между выборками различных параметров x_i организма, если он находится в разных гомеостатических состояниях [1-5].

В этом случае возникает неопределённость 1-го типа, когда статистика показывает отсутствие различий между выборками x_i в момент t_1 (начало заболевания) и в момент t_2 (фаза активного применения лечебных мероприятий). Более того, в геронтологии весьма затруднительно выявить статистические различия между параметрами x_i (их выборками) для разных возрастных групп, в экологии человека изменение параметров внешней среды и лечения может не показывать различий выборками x_i в момент t_1 (например, до переезда и лечения) и t_2 (при переезде и лечении). Статистика демонстрирует отсутствие лечебных эффектов в группе больных (хотя гомеостаз существенно при этом изменяется) и возникает неопределённость 1-го типа в медицине [6-10,19-20].

С другой стороны, при оценке параметров гомеостаза здорового и больного человека при индивидуальном обследовании легко выявить для *любой функциональной системы организма* (ФСО) человека (по П.К. Анохину) наличие эффекта «повторение без повторения», о котором ещё в 1947 г. говорил Н.А. Бернштейн в биомеханике и философии движений. На сегодня мы этот эффект демонстрируем не только для *нервно-мышечной системы* (НМС) в норме и при патологии, но и для *кардиореспираторной системы* (КРС), ряда других регуляторных систем. Существенно, что об индивидуальной эволюции организма при развитии патологического процесса многократно высказывались выдающиеся российские патологи 20-века И.В. Давыдовский (1887-1968 г.г.) и Г.Н. Крыжановский (1922-2013 г.г.). Однако дальнейшего развития их идей, как и идей Н.А. Бернштейна, мы на сегодня не получили.

Медицина продолжает пребывать в рамках традиционных статистических методов исследования, что затрудняет её дальнейшее развитие в эффективном направлении и снижает достоверность реги-

страции различий между нормогенезом и патогенезом при индивидуальном подходе (в оценке индивидуальной эволюции организма больного при развитии патологии или выздоровлении) [11-17,21-22].

Цель исследования – оценка динамики поведения параметров сердечно-сосудистой системы в ответ на дозированную физическую нагрузку на базе программы *NeuroPro*.

Объекты и методы исследования. Для идентификации параметров порядка вектора состояния организма испытуемых (как наиболее важных диагностических признаков x_i) были применены нейросетевые методики. Использовалась стандартная процедура бинарной классификации, а также многокластерной классификации на базе программы *NeuroPro*. В качестве двух кластеров были отобраны следующие группы: I группа – студентов основной группы здоровья, занимающихся физической культурой в рамках общеобразовательной программы университета, II группа – студенты СурГУ, профессионально занимающиеся игровыми видами спорта (баскетбол и волейбол) (в каждой группе по 30 человек). Нейросети обеспечивали ранжирование параметров кластера вегетативной нервной системы.

Обучение нейронной сети на некоторой фиксированной выборке производилось градиентным методом оптимизации. Во всех случаях определялись параметры порядка системы и значимость входных сигналов. Основой работы самообучающихся нейропрограмм является искусственная нейронная сеть, состоящая из совокупности нейронов – элементов, взаимосвязанных между собой определенным образом. Межнейронные связи задаются программно. Функционирование нейрона в нейрокомпьютере или нейропрограмме сопоставимо с работой биологического нейрона. Нейросетевые технологии позволяют решать задачи классификации, оптимизации и прогнозирования [6,7,11-13].

Информация о состоянии параметров *вегетативной нервной системы* (ВНС) была получена на базе пульсоксиметра ЭЛОКС–01 М. В устройстве Элокс–01 М применяется фотооптический пальцевой

датчик (в виде прищепки), с помощью которого происходила регистрации пульсовой волны с одного из пальцев кисти в положении испытуемого сидя. Технически датчик выполнен с применением оптических излучателей и фотоприемника двух типов: в ближнем инфракрасном и красном спектре диапазона световой волны, которые дают возможность непрерывно определять индикацию значения степени насыщения гемоглобином крови кислородом (*SPO2*), в %, а также значения частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «*Statistica 6.1*». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Колмогорова-Смирнова. Дальнейшие исследования в зависимости от распределения производились методами параметрической и непараметрической статистики (критерий Стьюдента, Вилкоксона).

Результаты и их обсуждение. Проведена статистическая обработка результатов исследований показателей сердечно-сосудистой системы у групп тренированных и нетренированных студентов до и после физической дозированной нагрузки в пределах доверительного интервала (с уровнем значимости $p < 0,05$) с использованием методов традиционной математической статистики. Нормальное распределение данных оценивалось на основе вычисления критерия Колмогорова-Смирнова. Установлено, что параметры сердечно-сосудистой системы не описываются законом нормального распределения, поэтому дальнейшие расчеты зависимостей производились методами непараметрической статистики [13-15,18].

Усредненные значения признаков отдельных координат x_i вектора состояния системы интегральных и спектральных параметров сердечно-сосудистой системы со стороны вегетативной нервной системы у нетренированных и тренированных испытуемых до физической нагрузки представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Усредненные значения w_i признаков отдельных координат x_i вектора состояния системы (параметры x_i интегральных и временных параметров ССС нетренированных и тренированных студентов до нагрузки) при идентификации параметров порядка нейромодулятором 50 итераций в режиме бинарной классификации

		До нагрузки					
Расчеты итераций	Средние значения координат вектора состояния системы						
	$SIM=<x_1>$	$PAR=<x_2>$	$HR=<x_3>$	$SDNN=<x_4>$	$INB=<x_5>$	$SpO2=<x_6>$	
50	0,805	0,683	0,271	0,868	0,605	0,499	
<i>Me</i> (5%; 95%)	0,832 (0,466; 1,000)	0,701 (0,273; 1,000)	0,257 (0,112; 0,529)	1,000 (0,507; 1,000)	0,567 (0,276; 1,000)	0,423 (0,227; 1,000)	
<i>D</i>	0,031	0,065	0,020	0,033	0,049	0,045	

Нейронная сеть представляла различия между группами, т.е. выполнялась процедура бинарной классификации. При повторении процедуры классификации результат был одинаков, но значения весовых коэффициентов для каждого цикла были различными. Веса диагностических признаков x_i хаотически изменялись. Каждый раз нейронная сеть выполняла идентификацию, но с помощью различного типа внутренней конфигурации. Выход (результат бинарной классификации) был одинаков, но внутренняя конфигурация нейронной сети каждого j -того обучения (метод градиентного спуска) была различной. При каждом повторении настройки нашей нейронной сети мы получали различные значения каждого x_i на каждой j -той настройке.

Из полученных данных, представленных в табл. 1 наблюдалось наибольшее усредненное значение $x_4=SDNN$ вектора состояния системы интегральных параметров сердечно-сосудистой системы у нетренированных и тренированных испытуемых как до, так и после физической нагрузки. Динамика изменения весовых коэффициентов колеблется в среднем от 0,271-0,868.

Очевидно, что веса признаков x_i изменялись при каждой настройке и эти вариации

ции (распределение каждого x_i) нейро-ЭВМ не попадают под закон нормального распределения. Более того, непараметрические распределения для каждой серии (из $N=50$) тоже получались разными. Мы имели просто некоторые наборы выборок, которые генерируются как бы из разных генеральных совокупностей [2-6].

Таблица 2

Усредненные значения w_i признаков отдельных координат x_i вектора состояния системы (параметры x_i спектральных параметров ССС нетренированных и тренированных студентов до нагрузки) при идентификации параметров порядка нейроэмулятором 50 итераций в режиме бинарной классификации

		До нагрузки						
Расчеты итераций	Средние значения координат вектора состояния системы							
	$VLF=<x_1>$	$LF=<x_2>$	$HF=<x_3>$	$Total=<x_4>$	$LF\ norm=<x_5>$	$HF\ norm=<x_6>$	$LF/HF=<x_7>$	
50	13,375	0,486	0,710	0,649	0,183	0,182	0,474	
<i>Me</i> (5%; 95%)	1,000 (0,360; 1,000)	0,451 (0,161; 1,000)	0,770 (0,265; 1,000)	0,653 (0,308; 0,926)	0,178 (0,080; 0,336)	0,178 (0,078; 0,317)	0,454 (0,171; 0,878)	
<i>D</i>	0,077	0,055	0,063	0,035	0,006	0,007	0,056	

Из табл. 2 следует, что средние значения координат вектора состояния системы как до нагрузки, так и после нагрузки сильно варьируют у нетренированных и тренированных студентов. Наблюдается наибольшее усредненное значение $x_1=VLF$ вектора состояния системы спектральных параметров сердечно-сосудистой системы у нетренированных и тренированных испытуемых как до, так и после физической нагрузки. После нагрузки этот параметр уменьшился в 13,7 раза.

Заключение. Осуществив многократное повторение ($N \rightarrow \infty$) данной процедуры, для каждого x_i на j -том шаге повторения процедуры, мы получили хаотическую генерацию значений весовых коэффициентов. Из таких повторений получаем хаотическую динамику и для каждой серии.

Каждый раз нейросеть демонстрирует другое внутреннее состояние при своей работе. Внутреннее состояние сети – хаос, но

внешний выход будет сходным. Таким образом, значимость весовых коэффициентов точно предсказать невозможно при разовой настройке, что не учитывается многими исследователями. Сравнительный анализ двух групп испытуемых показал, что веса диагностических признаков x_i хаотически изменялись. Каждый раз нейронная сеть выполняла идентификацию, но с помощью различного типа внутренней конфигурации. Использование нейро-ЭВМ обеспечивает не только идентификацию различий между группами (статистически неэффективно), но и ранжирование диагностических признаков при изучении характера влияния нагрузки на организм нетренированных и тренированных испытуемых.

Показано, что число итераций бинарной классификаций должно быть не меньше 100.

Литература

1. Адайкин В.А., Добрынина И.Ю., Добрынин Ю.В., Еськов В.М., Лазарев В.В. Использование методов теории хаоса и синергетики в современной клинической кибернетике // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2006. Т. 66, №8. С. 38–41.
2. 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, №3. С. 17–19.
3. 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.
4. 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 медицинских 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).

5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Каменев Л.И. Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы (персонифицированная медицина - реализация законов третьей парадигмы в медицине) // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, №3. С. 25–28.
12. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине / Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., [и др.] // Самара, 2014. Том XI 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., Полухин В.В., Дерпак В.Ю., Пашнин А.С. Математическое моделирование произвольных движений в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. №2. С. 75–86.
14. 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.
15. 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. Сер. 3. Физ. Астрон. 2016. №2.
16. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Гудков А.В., Гудкова С.А., Сологуб Л.А. Философско-биофизическая интерпретация жизни в рамках третьей парадигмы // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, №1. С. 38–41.
17. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Якушина Г.Н. Саногенез и саногенные реакции эритрона. Проблемы медицины и общее представление о саногенезе // Вестник новых медицинских технологий. 2005. Т. 12, №3-4. С. 5–9.
18. Майстренко Е.В., Еськов В.М., Майстренко В.И., Берестовая А.Ф. Сравнительный анализ параметров функциональной асимметрии полушарий и вегетативной нервной системы учащихся // Информатика и системы управления. 2009. №4. С. 63–65.
19. Русак С.Н., Молягов Д.И., Бикмухаметова Л.М., Филатова О.Е. Биоинформационные технологии в анализе фазовых портретов погодно-климатических факторов в m-мерном пространстве признаков // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. №3. С. 24–28.
20. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Сидоркина Д.А., Нехайчик С.М. Идентификация параметров порядка в психофизиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. №2. С. 4–13.
21. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Химикова О.И., Романова Ю.В. Метод матриц межаттракторных расстояний в идентификации психофизиологических функций человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2012. №1. С. 20–24.
22. Хадарцев А.А. Биофизикохимические процессы в управлении биологическими системами // Вестник новых медицинских технологий. 1999. Т.6, №2. С. 34–37.

References

1. Adaykin VA, Dobrynina IY, Dobrynina YV, Es'kov VM, Lazarev VV. Ispol'zovanie metodov teorii khaosa i sinergetiki v sovremennoy

klinicheskoy kibernetike. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk). 2006;66(8):38-41. Russian.

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

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

4. Gavrilenko TV, Bazhenova AE, Baltikova AA, Bashkatova YuV, Maystrenko EV. Metod mnogomernykh fazovykh prostranstv v otsenke khaoticheskoy dinamiki tremora. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2013[cited 2013 Apr 15];1[about 4 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4340.pdf>.

5. Dobrynina IYu, Gorbunov DV, Kozlova VV, Sinenko DV, Filatova DYu. Osobennosti kardiointervalov: khaos i stokhastika v opisaniy slozhnykh biosistem. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):19-26. Russian.

6. Dobrynina IYu, 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.

7. Dobrynina IYu, Es'kov VM, Zhivoglyad RN, Chanturiya SM, Shipilova TN. Sistemnyy klasternyy analiz pokazateley funktsiy organizma zhenshchin s opg-gestozom v usloviyakh severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(4):61-2. Russian.

8. Dudin NS, Rusak SN, Khadartsev AA, Khadartseva KA. Novye podkhody v teorii ustoychivosti biosistem -al'ternativa teorii AM. Lyapunova. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):336. Russian.

9. Es'kov VM, Adaykin VI, Dobrynin YuV, Polukhin VV, Khadartseva KA. Naskol'ko ekonomicheski effektivno vnedrenie metodov teorii khaosa i sinergetiki v zdravookhranenie. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2009;16(1):25-8. Russian.

10. Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DYu. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kine-

ziterapii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.

11. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kamenev LI. Novye bioinformatsionnye podkhody v razvitiy meditsiny s pozitsiy tret'ey paradigmy (personifitsirovannaya meditsina -realizatsiya zakonov tret'ey paradigmy v meditsine). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(3):25-8. Russian.

12. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatov MA, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Samara, 2014. Tom XI Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhiteley Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosamoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.

13. Es'kov VM, Polukhin VV, Derpak VY, Pashnin AS. Matematicheskoe modelirovanie neproizvol'nykh dvizheniy v norme i pri patologii. Slozhnost'. Razum. Post-neklassika. 2015;2:75-86. Russian.

14. Es'kov VM, Gazya GV, Maystrenko EV, Boltayev AV. Vliyanie promyshlennykh elektromagnitnykh poley na parametry serdechnosudistoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016;1:59-63. Russian.

15. Es'kov VM, Es'kov VV, Vokhmina YV, Gavrilenko TV. Evolyutsiya khaoticheskoy dinamiki kollektivnykh mod kak sposob opisaniya povedeniya zhivykh system. Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 3. Fiz. Astron. 2016;2. Russian.

16. Es'kov VM, Khadartsev AA, Gudkov AV, Gudkova SA, Sologub LA. Filosofskobiofizicheskaya interpretatsiya zhizni v ramkakh tret'ey paradigmy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(1):38-41. Russian.

17. Kidalov VN, Khadartsev AA, Yakushina GN. Sanogenez i sanogenye reaktsii eri-trona. Problemy meditsiny i obshchee predstavlenie o sanogeneze. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2005;12(3-4):5-9. Russian.

18. Maystrenko EV, Es'kov VM, Maystrenko VI, Berestovaya AF. Sravnitel'nyy analiz parametrov funktsional'noy asimmetrii polushariy i vegetativnoy nervnoy sistemy uchashchikhsya. Informatika i sistemy upravleniya. 2009;4:63-5. Russian.

19. Rusak SN, Molyagov DI, Bikmukhametova LM, Filatova OE. Bioinformatsionnye tekhnologii v analize fazovykh portretov pogodno-klimaticheskikh faktorov v m-mernom prostranstve priznakov. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;3:24-8. Russian.

20. Filatov MA, Filatova DY, Sidorkina DA, Nekhaychik SM. Identifikatsiya parametrov po-

ryadka v psikhofiziologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:4-13. Russian.

21. Filatov MA, Filatova DY, Khimikova OI, Romanova YV. Metod matrits me-zhatraktornykh rasstoyaniy v identifikatsii psikhofiziologicheskikh funktsiy cheloveka. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2012;1:20-4. Russian.

22. Khadartsev AA. Biofizikokhimi-cheskie protsessy v upravlenii biologicheskimi sistemami. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 1999;6(2):34-7. Russian.

DOI: 10.12737/18818

ДИНАМИКА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ХМАО - ЮГРЫ

С.Н. РУСАК, О.Е. ФИЛАТОВА, Д.В. ГОРБУНОВ, Л.М. БИКМУХАМЕТОВА

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

Аннотация. Проблема изучения закономерностей изменения климата была и остается одной из важнейших и трудноразрешимых. Важность и интерес к изучению закономерностей изменения погоды и климата связывают с той огромной ролью, которую они играют в функционировании не только человеческого общества, но и всего живого и неживого мира. В настоящей работе рассматриваются вопросы сравнительной оценки и анализа различий динамики метеопараметров экосреды в рамках теории хаоса и стохастических закономерностей на примере северной урбанизированной территории ХМАО – Югры (г. Сургута и Сургутского района). Получены расчетные характеристики показателей объемов квазиаттракторов в разные сезоны и при различных вариантах сравнения трех кластеров метеоданных. Установлено, что резкие колебания метеопараметров и вектор направленности этих изменений не всегда возможно оценить классическими методами математической статистики.

Ключевые слова: метеофакторы, неопределенность, хаотические квазиаттракторы.

DYNAMICS OF WEATHER AND CLIMATIC FACTORS IN THE CONDITIONS OF WEATHER UNCERTAINTY ON THE EXAMPLE OF KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – UGRA

S.N. RUSAK, O.E. FILATOVA, D.V. GORBUNOV, L.M. BIKMUKHAMETOVA

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

Abstract. The problem of natural climate changes studying was discussed it is remains as one of the most important and intractable problem. The importance and interest in the study of weather variations and climate was associated with the great role of the human society existence. The present work presents the comparative evaluation and analysis of the differences of dynamics of meteorological parameters. According to the chaos theory we investigate stochastic patterns of the Northern urban territory of KHMAO – Yugra (Surgut and Surgut district). It was calculated the characteristics of the volumes of quasi-attractors in different seasons. It was investigated the different variants comparison of three clusters of weather data. The parameters of weather is no possible to compare according to classic statistic.

Key words: meteofactors, uncertainty, chaotic quasiattractors

Введение. Современный подход в исследовании устойчивых технических, фи-

зических систем основан, как известно, на теории разделения всех динамических сис-