

**СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ И ЭВРИСТИКА**В.М. ЕСЬКОВ<sup>1</sup>, М.А. ПОПОВА<sup>2</sup>, Т.В. ВОРОНЮК<sup>3</sup>, Д.В. ГОРБУНОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>НИЦ «Курчатовский институт» Сургутский филиал ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований», Сургут, ул. Энергетиков, 4, Сургут, Россия, 628400

<sup>2</sup>БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный педагогический университет», ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, Сургут, Россия, 628417

<sup>3</sup>БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

**Аннотация.** Развитие кибернетики привело к созданию системного анализа и ряда других научных направлений в математике и кибернетике. При этом в системном анализе активно используются различные статистические методы. Однако, за последние 20 лет была доказана неопределенность 1-го первого типа, где статистика не работает. В системном синтезе главной задачей является идентификация параметров порядка, а также джокеров и русел. Для этих целей сейчас разработаны новые регламенты работы искусственных нейросетей (хаос и реверберации), которые обеспечили системный синтез биосистем. В этом случае возникает возможность формализации процедуры идентификации главных диагностических признаков и разрешения неопределённости 1-го типа.

**Ключевые слова:** стохастика, хаос, неопределенность, сложность, эффект Еськова-Зинченко.

**SYSTEM SYNTHESIS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND HEURISTICS**V.M. ESKOV<sup>1</sup>, M.A. POPOVA<sup>2</sup>, T.V. VORONYUK<sup>3</sup>, D.V. GORBUNOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kurchatov Institute NRC “Federal Research Center Scientific Research Institute for System Research”, Separate Subdivision of the Federal Scientific Center NIISI RAS in Surgut, 4, Energetikov Street, Surgut, Russia, 628426

<sup>2</sup>Surgut State Pedagogical University, st. 50 let VLKSM, 10/2, Surgut, Russia, 628417

<sup>3</sup>Surgut State University, Lenin Ave., 1, Surgut, Russia, 628408

**Abstract.** The development of cybernetics has led to the creation of systems analysis and a number of other scientific fields in mathematics and cybernetics. At the same time, various statistical methods are actively used in system analysis. However, over the past 20 years, uncertainty of the first type 1 has been proven, where statistics do not work. In system synthesis, the main task is to identify the order parameters, as well as jokers and channels. For these purposes, new regulations for the operation of artificial neural networks (chaos and reverberation) have now been developed, which have provided a systematic synthesis of biosystems. In this case, it becomes possible to formalize the procedure for identifying the main diagnostic features and resolving type 1 uncertainty.

**Key words:** stochastics, chaos, uncertainty, complexity, the Eskov-Zinchenko effect.

**Введение.** Активное развитие кибернетики во второй половине 20-го века привело к созданию многих новых направлений в математике, самой кибернетике и биомедицине. Однако, все эти науки базируются на детерминистском подходе (используются дифференциальные, разностные, интегральные и другие уравнения) или на стохастике. Это составляет основу современной детерминистской и стохастической науки (ДСН) [2-5, 29-35].

В рамках ДСН разрабатываются и модели биомедицинских систем. Например, в медицинской при диагностике активно используются стохастические методы. При этом критериями неизменности состояния биосистем является оценка статистических функций распределения  $f(x)$ , их статистических характеристик (статистического среднего  $\langle x \rangle$ , статистической дисперсии  $D_x^*$  и т.д.), спектральных плотностей сигнала (СПС), автокорреляций АК и т.д. Все эти величины могут различаться в рамках стохастических

правил.

В начале 21-го века был доказан эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ), в котором было продемонстрировано отсутствие статистической устойчивости выборок многих параметров  $x_i(t)$  многих функций организма человека [5, 12, 15-23]. При этом организм находится в неизменном физиологическом, психическом и физическом состоянии [6-12, 27]. Фактически, ЭЕЗ положил окончание дальнейшего применения стохастики во всех науках о живых системах (или системах третьего типа – СТТ по W. Weaver)

**1. Неопределённости 1-го и 2-го типов для СТТ.** Вместе с ЭЕЗ (отсутствие статистического совпадения выборок одного и того же испытуемого) было доказано существование и неопределённостей первого типа. Обе эти неопределённости доказывают весьма ограниченные возможности дальнейшего применения любых статистических методов в изучении биосистем. Именно это пытался сказать ещё в 1948 году один из основоположников теории информации W. Weaver [1]. Однако, более 70-ти лет его работу игнорируют [2-5, 10, 12-26, 28-31].

W. Weaver прямо доказывал: «... as contrasted with the disorganized situation with which statistics can cope, show the essential feature of *organization*. In fact, one can refer to this group of problems as those of *organized complexity*». Этих же взглядов придерживался и основоположник теории «Fuzziness» Lotfi A. Zadeh: «I began to feel that complex systems cannot be dealt with effectively by the use of conventional approaches largely because the description languages based on classical mathematics are not sufficiently expressive to serve as a means of characterization of input – output relations in on environment of imprecision, uncertainty and completeness of information» [2-3].

Таким образом, начало 21-го века положило основы новой науки – теории хаоса-самоорганизации (ТХС), в которой неопределённости 1-го и 2-го типов играют фундаментальную роль. Напомним основные моменты для понимания неопределённости 1-го типа. Очень часто в

биомедицине бывает так, что статистическое сравнение выборок параметров испытуемых не может показать существенных различий в рамках стохастики [5-11, 29-37].

Однако, использование других методов оценки выборок обеспечивает такое различие, и мы можем в этом случае устранить неопределённость первого типа. Рассмотрим это утверждение более подробно на конкретном примере из области физиологии и экологии человека.

Группа из 150 детей (девочки и мальчики 1-5 классов школ ХМАО-Югры, т.е. Севера России) были исследованы по основным параметрам сердечно-сосудистой системы (ССС):  $x_1$  – SIM – показатель состояния симпатической вегетативной нервной системы (ВНС);  $x_2$  – PAR – показатель парасимпатической ВНС;  $x_3$  – SSS – параметры кардиоинтервалов в мс;  $x_4$  – CDNN – стандарт отклонения КИ;  $x_5$  – INB – индекс Баевского и  $x_6$  – SPO<sub>2</sub> – уровень оксигенации крови испытуемых. Для всех этих параметров у каждого испытуемого были зарегистрированы по 300 точек (значений) и для каждой группы мальчиков ( $M$ ) из 25 человек и для каждой группы девочек ( $D$ ) из 30-ти человек были выполнены статистические расчёты выборок во всех 4-х точках измерений (см. ниже).

Первая точка измерения всех шести параметров вектора физиологического состояния группы девочек (обозначаем их как  $D$ ) и группы мальчиков ( $M$ ) представляет их выборки до отъезда из г. Сургута (точка 1). В точке 2 мы имеем данные по  $D$  и  $M$  этих шести параметров, а также их статистическое сравнение (2 – приезд на ЮГ, в оздоровительный лагерь Юный Нефтяник – ЮН). Далее следует точка измерения 3 – перед отъездом из ЮН и точка 4 – возвращение всех групп в г. Сургут.

Сразу отметим, что в Сургуте всё это время была температура воздуха  $t_1 \leq -15^\circ\text{C}$ , а в ЮН (г. Туапсе) была  $t_2 \leq +18^\circ\text{C}$ . Это разные экологические условия, и мы провели сравнения групп девочек и мальчиков во всех 4-х точках измерения. Результаты таких расчётов представлены в

табл.1. Здесь жирным шрифтом отмечаются пары сравнения, которые давали существенные статистические различия ( $p<0,05$ ). Это означает, что такие две

выборки статистически не совпадают. При  $p\geq 0,05$  мы говорим об общей генеральной совокупности для этих двух выборок параметров ССС.

Таблица 1

**Уровни значимости  $p$  для попарных сравнений интегрально-временных параметров  $x_i$  ССС школьников при широтных перемещениях в 4-х связанных выборках с помощью критерия Вилкоксона ( $p<0,05$ )**

| Группы              | Уровни значимости $p$ для признаков $x_i$ |             |             |             |             |                  |
|---------------------|-------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| Мальчики ( $n=25$ ) | SIM                                       | PAR         | SSS         | SDNN        | INB         | SpO <sub>2</sub> |
| 1 и 2               | 0,50                                      | 0,37        | 0,19        | 0,09        | 0,07        | <b>0,00</b>      |
| 1 и 3               | 0,40                                      | 0,97        | 0,85        | 0,68        | 0,92        | <b>0,00</b>      |
| 1 и 4               | 0,08                                      | <b>0,01</b> | <b>0,00</b> | <b>0,01</b> | <b>0,04</b> | 0,66             |
| 2 и 3               | 1,00                                      | 0,79        | 0,79        | 0,77        | 0,65        | 0,57             |
| 2 и 4               | 0,16                                      | 0,06        | <b>0,02</b> | 0,15        | <b>0,04</b> | 0,07             |
| 3 и 4               | 0,24                                      | <b>0,03</b> | <b>0,04</b> | 0,14        | 0,13        | <b>0,03</b>      |
| Девочки ( $n=30$ )  |                                           |             |             |             |             |                  |
| 1 и 2               | 0,47                                      | 0,24        | 0,28        | 0,07        | 0,16        | 0,84             |
| 1 и 3               | 0,10                                      | <b>0,02</b> | <b>0,01</b> | <b>0,03</b> | 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        | <b>0,03</b>      |
| 2 и 4               | 0,85                                      | 0,79        | 0,46        | 0,65        | 0,69        | 0,68             |
| 3 и 4               | <b>0,02</b>                               | 0,12        | <b>0,02</b> | 0,11        | 0,27        | 0,78             |

Из этой табл.1 следует, что для группы мальчиков из 36-ти разных пар сравнения (во всех 6-ти точках измерения) только  $n_1=11$  разных пар показали статистическое различие. Остальные 25 пар сравнения имеют критерий Вилкоксона  $p\geq 0,05$ , т.е. они могут иметь одну общую генеральную совокупность (они статистически совпадают). Для девочек это число  $n_2=6$ , при этом наибольшие различия имеются между 1-й и 3-й точками измерений (три разные пары). У мальчиков сразу 4-е различия регистрируются у 1 и 4 точек измерений.

Такая ситуация, когда большинство пар сравнения выборок не дают статистических различий, определяется в новой теории хаоса-самоорганизации (ТХС) как неопределенность первого типа. В этом случае статистика почти не даёт различий в выборках (у девочек всего 16,7% статистически различаются, у мальчиков чуть больше 30%). Однако, с организмом обследуемых происходят реальные изменения.

Неопределённость первого типа доказывает ограниченность дальнейшего применения стохастики в биомедицине.

Именно об этом и говорил W.Weaver ещё в 1948 году [1]. Однако, ещё более сильные ограничения на стохастику накладывают неопределённости 2-го типа. В этом случае организм человека находится в неизменном физическом, психическом, физиологическом состоянии, а стохастика показывает существенное изменение. Для иллюстрации этого высказывания мы представляем результаты статистического анализа выборок кардиоинтервалов девочек и мальчиков во всех четырёх точках измерения. Результаты представлены в табл. 2.

Действительно в табл.2 мы представили результаты построения 4-х матриц парных сравнений выборок КИ девочек (конкретно, в табл.2 даны числа  $k$  пар, у которых  $p\geq 0,05$ ) и ниже – специально для мальчиков. Легко видеть, что в группе из 30 девочек матрицы имеют размерность  $30\times 30=900$ . Если отбросить диагональные элементы (их 30), то из оставшихся 870 пар только 435 пар будут разными. В этих 4-х матрицах мы нашли числа  $k_1$ , для которых критерий Вилкоксона  $p\geq 0,05$ . Оказалось, что для девочек это число  $k_1$  изменяется от 19 до 30, что составляет всего от 4% до 7%

числа пар, которые могут иметь общую генеральную совокупность.

Таблица 2

**Результаты парного сравнения выборок кардиоинтервалов 25-ти мальчиков и 30-ти девочек в 1 - 4 точках исследования с помощью критерия Вилкоксона (критерий значимости  $p < 0,05$ )**

|                      | Группа мальчики |            |            |            | Группа девочки |            |            |            |
|----------------------|-----------------|------------|------------|------------|----------------|------------|------------|------------|
|                      | 1<br>точка      | 2<br>точка | 3<br>точка | 4<br>точка | 1<br>точка     | 2<br>точка | 3<br>точка | 4<br>точка |
| число совпадений $k$ | 24              | 21         | 20         | 30         | 30             | 22         | 21         | 19         |

Это очень малая величина, но она меньше, чем у мальчиков. В их матрицах с общим числом элементов  $25 \times 25 = 625$  имелось только 300 разных пар сравнения выборок КИ. Из них  $k_2 = 30$  – это максимум (в 4-й точке измерения), и минимум при  $k_2 = 20$  (3-я точка). Здесь диапазон изменения чисел  $k_2$  более значительный ( $k_2 \in (6,7\% - 10\%)$ ), т.е. доля стохастики у мальчиков более значительная, чем у девочек. Однако, в любом случае это очень малые величины.

Это означает, что выборки не только стохастически неустойчивы, но и обе группы невозможно считать однородными. Доля статистических совпадений менее 10% и работать с такими группами в рамках стохастики невозможно. Мы не знаем по какой причине различаются выборки КИ. Например, среди испытуемых могут быть больные, но мы их не идентифицируем. В целом, статистика с такими неоднородными группами работать не может. Подчеркнём, что сейчас мы показали на конкретном примере наличие неопределённостей 1-го типа (табл.1) и неопределённостей 2-го типа (в виде эффекта Еськова-Зинченко – ЭЭЗ и потери однородности выборок). Таких матриц у нас сейчас несколько тысяч и не только для ССС (и для других функций организма человека).

Подчеркнём, что такая картина наблюдается для всех 6-ти параметров ССС, которые мы изучаем. В итоге, мы переходим к необходимости создания новой теории и новых методов для дальнейшего изучения систем третьего типа (СТТ) по W. Weaver. Именно об этом W. Weaver и говорил в 1948 году. Для раскрытия неопределённости первого типа мы используем искусственные нейронные

сети (ИНС) в двух особых режимах (хаос и многократные реверберации).

Расчет с помощью ИНС всех 6-ти пар сравнения девочек и 6-ти пар сравнения для мальчиков показал, что все выборки существенно различаются и неопределённость первого типа для всех 12-ти разных сравнений может быть разрешена. В итоге ИНС обеспечили не только разделение выборок всех 6-ти параметров (см. табл.1), но и идентификацию наиболее важных диагностических признаков (параметров порядка).

**Обсуждение.** Детальное статистическое сравнение выборок 6-ти параметров ССС показало, что возникает неопределённость 1-го типа. В этом случае выборки статистически совпадают, по физиологии организм находится в разных состояниях (т.е. ожидалось различие). В этом случае мы говорим о возникновении неопределённости 1-го типа.

Из 36-ти пар для мальчиков только 11 показали различия, а остальные выборки статистически совпадают. Для девочек это число ещё меньше (только 6 пар из 36-ти различаются). С позиций стохастики это означает пребывание в оздоровительном лагере не оказало на организм детей почти никакого воздействия. Однако, нейросети в режиме хаоса начальных значений весов  $w_{i0}$  всех 6-ти признаков  $x_i(t)$  во всех 4-х точках сравнения точно демонстрируют различия выборок (для всех 6-ти параметров).

Таким образом, ИНС может решать задачу неопределённости 1-го типа. Далее, статистический анализ всех выборок КИ как группы мальчиков, так и группы девочек (см. табл.2) показывает крайне низкие значения статистических совпадений выборок КИ. Здесь возникает

другая ситуация – выборки статистически не устойчивы, что означает возникновение неопределённости 2-го типа (ЭЕЗ). Однако, поскольку все испытуемые были различны, то это не только ЭЕЗ (неопределённость 2-го типа), но и потеря однородности выборок КИ.

Это существенно ухудшает ситуацию, т.к. работать с неоднородными группами в рамках стохастики невозможно (непонятно из-за чего выборки не принадлежат общей генеральной совокупности). В этом случае мы предлагаем расчет параметров, что детально описано в наших предыдущих работах [5-10, 12-29, 35-37].

**Выводы.** Детальное изучение 6-ти параметров ССС у двух групп испытуемых в 4-х разных условиях проживания (точки 1-4) показали (массово) статистическое совпадение выборок ССС. Это означает появление неопределённости 1-го типа. Для ликвидации этой неопределённости мы сейчас используем искусственные нейросети в двух особых режимах: задание на каждой итерации (настройки ИНС), не менее 1000 таких настроек.

Одновременно, во всех наших измерениях с параметрами ССС (и других функций организма) мы чётко регистрируем статистическую неустойчивость выборок. В данном сообщении мы работаем с выборками ССС двух групп испытуемых (мальчиков и девочек), которые измерялись по 6-ти параметрам ССС в 4-х разных точках (состояниях ССС). В итоге кардиоинтервалы могут попарно совпадать в таких матрицах парных сравнений выборок с очень небольшими числами  $k$  ( $4\% < K < 10\%$ ). Это доказывает ЭЕЗ и отсутствие однородности выборок КИ. В итоге, мы приходим к необходимости создания новой теории (ТХС), как об этом и говорил W. Weaver в 1948 году [1].

### Литература

1. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
2. Filatova O.E., Galkin V.A., Eskov V.V., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Warren Weaver's Complexity and Fuzziness of Lotfi A. Zadeh Leading to Uncertainty in Biosystem Study // AIP Conference Proceedings 2467, 060046 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0092442>
3. Зимин М.И., Пятин В.Ф., Филатов М.А., Шакирова Л.С. Что общего между «Fuzziness» L. A. Zadeh и «Complexity» W. Weaver в кибернетике. // Успехи кибернетики. – 2022, – 3(3). – С.102-112.
4. Еськов В.В., Галкин В.А., Гавриленко Т.В., Филатова О.Е., Веденеева Т.С. Понятие сложности у W. Weaver и I.R. Prigogine // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 4. – С. 45-57.
5. Филатов М.А., Еськов В.М., Козлова В.В., Филатова Д.Ю., Мельникова Е.Г. Доказательство гипотезы W. Weaver в электрофизиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 1. – С. 5-12.
6. Kolosova A.I., Filatov M.A., Maistrenko E.V., Ilyashenko L.K. An analysis of the attention indices in students from Surgut and Samara oblast from the standpoint of stochastics and chaos // Biophysics. – 2019. – Vol. 64(4). – Pp. 662–666.
7. Filatova D.Yu., Bashkatova Yu.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Parameter evaluation of cardiovascular system in schoolchildren under the conditions of latitudinal displacement // Human ecology. 2018. Vol. 4. Pp. 30-35.
8. Khadartseva K. A., Filatov M. A., Melnikova E. G. The problem of homogenous sampling of cardiovascular system parameters among migrants in the Russian North. // Human Ecology. – 2020. – №7 – Pp. 27-31.
9. Filatov M.A., Ilyashenko L.K., Kolosova A.I., Makeeva S.V. Stochastic and chaotic analysis of students' attention parameters of different ecological zones. // Human Ecology. – 2019. – №7 – Pp. 11-16.
10. Filatov M.A., Eskov V.M., Shamov K. A. The problem of ergodicity of biosystems // Scientific research of the SCO countries: Synergy and integration, Proceedings of the international Conference (April 20,

- Beijing, China 2022) – Pp.77-84. DOI 10.34660/INF.2022.48.77.121
11. Шакирова Л.С., Кухарева А.Ю., Еськов В.М. Неопределенность первого типа параметров сердечно-сосудистой системы девочек Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30. – № 2. – С.111-114 .
12. Eskov V.V., Manina E.A., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Living systems' chaos: The problem of reduction in physics and biology // AIP Conference Proceedings 2647, 070031 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0106816>
13. Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Gazya G.V., Filatov M.A. Models of uncertainty in the framework of compartment-cluster theory for research of instability biosystems // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 981 (2022) 032004 doi:10.1088/1755-1315/981/3/032004
14. Filatov M.A., Gazya G. V., Gavrilenko T. V. Problem of organization for unpredictable living systems // AIP Conference Proceedings 2700, 020034 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0137208>
15. Grigorenko V.V., Nazina N.B., Filatov M.A., Chempalova L.S., Tretyakov S.A. New information technologies in the estimation of the third type systems // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. P. 032003 DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003
16. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems. // AIP Conference Proceedings – 2021.– 2402, 050017, doi.org/10.1063/5.0073431
17. Eskov V.V., Galkin V.A., Filatova O.E., Filatov M.A., Eskov V.M. The problem of statistical instability of samples of biosystems requires new invariants // Proceedings of 5th Computational Methods in Systems and Software 2021 - pp. 1010–1022, Vol. 2 ISBN 978-3-030-90320-6
18. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
19. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю. Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с.
20. Еськов В. В., Газя Г. В., Кухарева А. Ю. Потеря однородности группы вторая «великая» проблема биомедицины // Успехи кибернетики. – 2023. – Т.4, №2.– С.78–84. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-11
21. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
22. Пятин В. Ф., Еськов В.В. Может ли быть статичным гомеостаз? // Успехи кибернетики. – 2021.– Т. 2, №1. – С. 41-49.
23. Filatov M.A., Poluhin V.V., Shakirova L.S. Identifying objective differences between voluntary and involuntary motion in biomechanics. // Human. Sport. Medicine. – 2021. – Vol. 21 (1). – Pp. 145-149.
24. Хадарцева К. А., Филатова О. Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(3).– С. 92-101.
25. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.М. Проблема выбора инвариант в биокибернетике с позиции статистики // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– С. 102-109.
26. Еськов В.В., Газя Г.В., Коннов П.Е. Фундаментальные проблемы биокибернетики из-за неустойчивости выборок биосистем // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– С. 110-122.
27. Филатова О.Е., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Музиева М.И. Квантовомеханический подход в электрофизиологии // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – С. 68-77.
28. Galkin, V.A., Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Kukhareva, A.Y. (2023). Three «Great Challenges» of Medical Informatics. In: Silhavy, R., Silhavy, P.

- (eds) Networks and Systems in Cybernetics. CSOC 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 723. P.328-337. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35317-8\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35317-8_30)
29. Filatov, M.A., Kuhareva, A., Gazya, N.F., Voronyuk, T.V., Samoilenko, I.S. Possibilities of Applying Entropy in Biomechanics // In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Artificial Intelligence Algorithm Design for Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. CSOC 2024. – Vol. 1120. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-70518-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-031-70518-2_13)
  30. Бетелин В.Б., Галкин В.А., Еськов В.М. Специфика хаоса *СТТ-complexity* – новое представление хаоса биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.85-95.
  31. Еськов В.М., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Газя Н.Ф. Фундаментальные свойства систем третьего типа – биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 3. – С.5-14.
  32. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.В., Манина Е.А. Непредсказуемость и неопределенность создают реальную Complexity // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 97-102.
  33. Еськов В.М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т.1, №1. – С. 64-72.
  34. Еськов В.М., Филатов М.А., Гавриленко Т.В., Третьяков С.А. Физико-математическое понятие сложного// Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 3. – С.48-56.
  35. Добрынина И.Ю., Козлова В.В., Майстренко Е.В., Самойленко И.С., Кухарева А.Ю. Возможности и вызовы в кардиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – №4. – С.28-38.
  36. Еськов В.В., Самойленко И.С., Кухарева А.Ю., Шамов К.А., Рахимова А.С. Математическое моделирование спектральных плотностей параметров CCC// Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2025. – №1. – С.52-61.
  37. Галкин В.А., Еськов В.В., Гавриленко Т.В., Башкатова Ю.В. Имеется ли хаос в работе сердца? // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 3. – С. 28-39.

## References