

DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-4-03

МОДЕЛИ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ МОЗГА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**В. М. Еськов^{1,a}, М. А. Филатов^{2,b}, Т. В. Воронюк^{2,c}, И. С. Самойленко^{2,d}**¹ Сургутский филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Сургут, Российская Федерация² Сургутский государственный университет, г. Сургут, Российская Федерация^a firing.squad@mail.ru, ^b filatovmik@yandex.ru, ^c kosolty@list.ru, ^d samojlenko_is@surgu.ru

Аннотация: познавательная деятельность человека связана с созданием (изучением) двух типов информации: объективно новой и субъективно новой. В проблеме создания искусственного интеллекта первый тип деятельности (создание объективно новой информации) занимает особую (главную) роль. В этом случае такие искусственные системы действительно могут заменить человека. В работе обсуждаются два новых режима работы искусственных нейросетей, которые имеют место в работе мозга человека. Оказалось, что введение этих двух режимов в работу уже существующих нейросетей позволяет моделировать эвристическую работу мозга. Такие интеллектуальные системы решают задачи системного синтеза и находят параметры порядка. До настоящего времени такие задачи не формализованы в математике и у них нет общего решения.

Ключевые слова: хаос, стохастика, когнитивные эффекты мозга, эффект Еськова–Зинченко.

Для цитирования: Еськов В. М., Филатов М. А., Воронюк Т. В., Самойленко И. С. Модели эвристической работы мозга и искусственный интеллект. *Успехи кибернетики*. 2023;4(4):32–40. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-4-03.

Поступила в редакцию: 07.12.2023.

В окончательном варианте: 12.12.2023.

MODELS OF HEURISTIC BRAIN ACTIVITY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE**V. M. Eskov^{1,a}, M. A. Filatov^{2,b}, T. V. Voronyuk^{2,c}, I. S. Samoilenko^{2,d}**¹ Surgut Branch of Federal State Institute “Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences”, Surgut, Russian Federation² Surgut State University, Surgut, Russian Federation^a firing.squad@mail.ru, ^b filatovmik@yandex.ru, ^c kosolty@list.ru, ^d samojlenko_is@surgu.ru

Abstract: in human cognitive processes, we encounter the generation and handling of two types of information: the objectively new and the subjectively new. The pursuit of creating artificial intelligence places a primary emphasis on the first type, the creation of objectively new information. In this context, such artificial systems can potentially serve as effective replacements for human cognitive abilities. The study delves into two novel operational modes of artificial neural networks, inspired by the functioning of the human brain. It was discovered that integrating these modes into existing neural networks enables us to simulate the heuristic functioning of the brain. As a result, these intelligent systems demonstrate proficiency in tackling challenges related to system synthesis and the identification of order parameters. Presently, these problems lack formalization in mathematics and do not possess a universally accepted solution.

Keywords: chaos, stochastics, brain cognitive effects, Eskov-Zinchenko effect.

Cite this article: Eskov V. M., Filatov M. A., Voronyuk T. V., Samoilenko I. S. Models of Heuristic Brain Activity and Artificial Intelligence. *Russian Journal of Cybernetics*. 2023;4(4):32–40. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-4-03.

Original article submitted: 07.12.2023.

Revision submitted: 12.12.2023.

Введение

Понятие интеллектуальной деятельности до настоящего времени не формализовано и не имеет четких границ. В психологии и биологии существует понятие познавательной (когнитивной) деятельности. В этом случае человек создает для себя новую информацию (это субъективно новые знания) или создает объективно новые знания. В последнем случае такая деятельность связана с общим развитием

человечества. Однако сама эта деятельность также имеет два разных аспекта. Новые знания могут конструироваться логично (в рамках алгоритмов и науки) или становятся результатом эвристической работы мозга исследователя [1–6].

В последнем случае эти знания перепроверяются (всеми) и получают общий статус новых знаний для всего человечества. В этом процессе очень важно понимать научность знаний и возможность их описывать (создавать алгоритмы, модели, теории). В любом случае такие знания имеют определенный алгоритм для их получения. Они могут быть описаны в рамках современной науки [5–7, 13].

В последние годы появилось новое направление в области изучения новой информации (и любых знаний) на базе искусственных нейросетей (ИНС). Обычно ИНС выполняют когнитивные функции человека в рамках разделительных операций. Например, ИНС решает задачу распознавания образов (портретов, голоса человека и т. д.). Все это разделительные операции [3, 4].

Возникает закономерный вопрос о возможностях ИНС в моделировании эвристической работы мозга человека. При этом остается без четкого определения сама эта эвристическая деятельность мозга. Можно ли как-то формально определить эвристическую деятельность мозга и можно ли ее моделировать?

Подчеркнем, что до настоящего времени такая задача (модели эвристической деятельности мозга) могла решаться только в рамках и в аспекте постановки проблемы системного синтеза. Это новое направление в математике и во всей науке, которое связано с отысканием параметров порядка, русел и джокеров. В системном синтезе пока нет формальных (общих) моделей и методов нахождения параметров порядка, русел и джокеров [3, 4, 9–11]. Данное сообщение представляет такие модели решения проблемы системного синтеза в биомедицине [4, 14–17].

Классификация когнитивной деятельности мозга. Место модели эвристической деятельности мозга в этой классификации

Рождение человека и формирование его интеллекта протекает в активной интеллектуальной деятельности его мозга [4, 9, 12, 16, 19]. Эта деятельность требует адаптации человека в окружающем его мире и в непрерывных попытках прогноза будущей ситуации, в которой человек может находиться через первые после рождения секунды и через многие дни и годы.

Очевидно, что роль прогноза играет решающее значение и в жизни всего человечества, которое постоянно пытается спрогнозировать свое состояние и состояние окружающей среды обитания. Для этих целей человечество создало науку, которая базируется на пяти (фундаментальных) принципах своей деятельности. Иными словами, сейчас необходимо четко представлять эти пять базовых принципов науки и научности знаний, которые являются объективно новыми [3, 4].

Без науки и понимания научности знаний мы не можем прогнозировать свое будущее и жизнь человека и человечества. В противном случае все мы окажемся в хаосе (в полной неопределенности нашего будущего) [6–11]. В целом любой человек оперирует (в ходе своей когнитивной деятельности) двумя типами знаний (и информации): субъективно новые знания и объективно новые знания. В итоге эти знания используются при принятии различных решений. Однако сами эти решения должны базироваться на прогнозах происходящих процессов (событий).

Вершиной таких прогнозов является научный прогноз. Он базируется на накопленных (всем человечеством) знаниях и включает в себя пять принципов научности знаний. Напомним эти принципы (или условия) научности знаний. Во-первых, наука оперирует с повторяющимися процессами. Эти повторения могут быть двух типов: естественно повторяющиеся (смена дня и ночи, например) и искусственно воспроизводимые. В последнем случае человек создает особые условия и процесс может быть повторен несколько раз.

В целом это два разных понятия: повторяющиеся без участия человека процессы и воспроизведенные с помощью человека. Сами эти два процесса должны быть в науке формализованы. Это значит, что существуют теории (модели, методы), которые описывают сам процесс и его завершение (наличие абстрактного аппарата). Итогом этих трех признаков должен быть научный прогноз будущего состояния системы (процесса). Вся наука нацелена на описание прихода будущего, для этого в детерминизме работают причинно-следственные связи. Прогноз является четвертым и главным признаком научности знаний.

Любой процесс в науке должен быть повторяемым, воспроизводимым, научно прогнозируемым, и при этом для такого прогноза используются различные теории, процессы, методы. Это четыре

фундаментальных принципа научности знаний. Без них нет науки.

Пятый принцип научности знаний – это релятивизм. В науке всегда есть возможность отрицания предыдущих знаний, теорий, методов, моделей. В религии нет этого принципа, как нет и первых четырех принципов. В этом случае любая религия – это антинаука, она отрицает пять признаков (принципов) научности знаний [4, 9].

Эти пять принципов составляют основу научности знаний. Если принципы не повторимы и не воспроизводимы, то эти процессы (явления, события и т. д.) не могут быть изучены наукой. По крайней мере, в рамках современной детерминистской и стохастической науки.

Повторяемость, воспроизводимость, наличие формальных теорий (абстракций), прогнозируемость и релятивизм (возможность сравнения предыдущих теорий и новых) доказывают научность знаний. При этом всякие знания являются объективно новыми до их открытия в науке. В работе мозга главная проблема заключается именно в создании новых знаний, т. к. именно они имеют ценность для всего человечества, на них базируется развитие науки.

Сам механизм получения таких новых знаний базируется на двух, принципиально разных когнитивных процессах. Во-первых, получение новых знаний может быть алгоритмизируемым процессом. В этом случае имеются логические заключения и выводы, которые приводят к новым знаниям. На этом основана работа любого ученого (но не криэйтора). Однако эвристическая деятельность мозга и системы искусственного интеллекта [14–19] работают иначе.

Кроме алгоритмизируемых задач в сферу деятельности искусственного интеллекта входят и задачи, которые не могут быть решены на основе алгоритмов. Впервые человечество столкнулось с такими задачами при распознавании образов. Оказалось, что узнать портрет человека, его голос и т. д. практически невозможно в рамках алгоритмизируемых систем искусственного интеллекта. Поэтому для этих целей наука создала ИНС. В основе их работы лежат принципы работы реальных нейросетей мозга.

Однако обычно ИНС работает по определенным алгоритмам, но это касается самой настройки ИНС. Сама же процедура распознавания образов происходит не как алгоритмизированный процесс. Создать алгоритмы, которые было бы можно реализовать в рамках обычной цифровой или аналоговой системы (ЭВМ) для задач распознавания образов невозможно.

Поэтому человечество пошло по пути создания и развития ИНС. Однако в самих этих ИНС (и их нейроэмуляторах – нейро-ЭВМ) используется на сегодняшний день очень малое число реальных свойств биологических нейронных сетей (головного мозга человека). Человечество при создании нейро-ЭВМ пошло по пути уже известных знаний, и очень слабо использует реальную работу нейросетей головного мозга человека.

В целом, до настоящего времени все ЭВМ работали в алгоритмизируемом режиме и решали задачи, которые могли описывать и прогнозировать в детерминистской и стохастической науке. Проблема распознавания образов не относится к этому типу задач. Поэтому включение в работу ИНС, которые частично моделировали работу нейросетей мозга, крайне необходимо. В итоге задача распознавания образов была решена. Это первый пример выхода искусственного интеллекта (в виде ИНС) за пределы детерминистской и стохастической науки.

Что такое эвристика и может ли искусственный интеллект работать в эвристическом режиме?

В предыдущем параграфе мы указали на возможность выхода за пределы детерминистской и стохастической науки при решении задач распознавания образов на базе ИНС. Однако в психологии и биомедицине говорят об эвристике, когда принципиальное решение задачи не может быть основано на алгоритмах, т. е. на методах и моделях детерминистской и стохастической науки. Возникает закономерный вопрос: существуют ли в природе объекты, которые не могут изучаться в рамках детерминистской и стохастической науки? До настоящего времени таких объектов было очень мало [4, 8, 9, 14–19].

Ответ на этот вопрос требует точного количественного (математического) доказательства реальности таких объектов. Пока мы говорили только о задаче распознавания образа (это единственный пример в науке). Однако еще в 1947 г. выдающийся биомеханик Н. А. Бернштейн предложил гипотезу о повторении без повторений в биомеханике. Через год один из основоположников теории информации W. Weaver предложил общую классификацию систем и наук, в которой биосистемы были выведены за пределы детерминистской и стохастической науки [15].

В истории человечества это была первая работа, в которой представлены живые системы как не объекты детерминистской и стохастической науки. Очевидно, что при доказательстве гипотезы W. Weaver мы сразу получаем огромное количество объектов (систем), которые не могут быть описаны с помощью теории динамических систем и методов стохастики.

Ровно через 50 лет, как и предсказывал W. Weaver в своей работе, мы подошли к доказательству этих двух гипотез и доказали невозможность описания биосистем (систем третьего типа — по W. Weaver) в рамках детерминистской и стохастической науки. Мы продолжили логику рассуждений W. Weaver, который говорил о *complexity* для систем 2-го типа [15].

Для изучения систем 2-го типа мы уже не можем работать с одной точкой $x(t_x)$ — конечного состояния вектора состояния систем 2-го типа в виде $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний. Для непрерывных случайных величин (а биосистемы всегда непрерывные случайные величины) мы не можем точно повторить точку $x(t_x)$ в фазовом пространстве состояний. В этом случае мы работаем с выборками, которые получаются после многих повторов процесса.

С системами 3-го типа все гораздо сложнее. Теперь уже мы не можем повторить не только конечную, т. е. одну точку $x(t_x)$ в фазовом пространстве состояний, но и целая выборка точек тоже уже не может быть повторена. Это доказано в новом эффекте Еськова–Зинченко (ЭЭЗ). Как одна точка неповторима для систем 2-го типа, так и одна выборка не может быть повторена для любого пространства $x_i(t)$ для биосистемы. Любая выборка $x(t_x)$ уникальна. Именно об этом пытался сказать в 1948 г. W. Weaver: «These new problems, moreover, cannot be handled with the statistical techniques so effective in describing behavior in problems of disorganized complexity».

These new problems, and the future of the world depends on many of them, requires science to make a third great advance an advance that must be even greater than the nineteenth-century conquest of problems of simplicity or the twentieth-century victory over problems of disorganized complexity. Science must, over the next 50 years, learn to deal with these problems of organized complexity» [22].

Очевидно, что такое доказательство гипотезы Weaver потребовало от нас более 20 лет упорного труда и многократных повторных регистраций треморограмм, теппинграмм, электромиограмм, кардиоинтервалов и еще 14 параметров сердечно-сосудистой системы. Оказалось, что при 15 повторениях повторных регистраций любых параметров организма человека повторить выборку $x_i(t)$ нельзя [4, 15, 16].

Любая выборка любого параметра $x_i(t)$ функций организма статистически неповторима. Если выборка уникальна, то распадается причинно-следственная связь во всех науках о живых системах. В итоге мы приходим к выводу о бесполезности использования методов стохастики в изучении биосистем. Детерминистская и стохастическая науки не могут описывать системы 3-го типа [4, 9–12].

Различные функциональные системы организма человека не могут работать в рамках стохастики (и тем более в рамках теории хаоса-самоорганизации). Любая выборка любого параметра организма человека является уникальной. Она не может дать прогноз на будущее состояние биосистемы. Появляются глобальные *Uncertainty* и *Complexity* для всех наук [9]. Если процесс неповторим (даже статистически) и он не может быть прогнозируемым, то такие системы, представляющие этот процесс, не могут быть объектом современной науки (детерминистская и стохастическая наука). Weaver предлагал создать третью новую (после детерминистской и стохастической науки) науку о биосистемах, сейчас мы сами такую науку создаем в рамках теории хаоса-самоорганизации [4].

Мы можем доказать особые свойства систем 3-го типа, создать новые понятия, новые модели и новую теорию. Все это мы сейчас создаем. Оказалось, что в рамках теории хаоса-самоорганизации возможно и моделирование эвристической работы мозга человека. При этом традиционная наука (детерминистская и стохастическая наука) этого выполнить не может из-за эффекта Еськова–Зинченко (уникальность выборов) [9–12, 14–19].

Многочисленные исследования (было проанализировано более 20000 человек и более одного миллиона выборов) показали, что источником такой *Uncertainty* и *Complexity* биосистем, т. е. эффекта Еськова–Зинченко, является сам мозг человека. Оказалось, что нейросети мозга работают в режиме статистической неустойчивости [16, 17]. Это общее свойство всех биосистем.

Если у одного и того же человека 15 раз подряд (с одной точки отведения) зарегистрировать 15 отрезков электроэнцефалограмм и затем их статистически сравнить, то из 105 разных пар сравнения выборки электроэнцефалограмм только 30–35% пар будут статистически совпадать. Остальные 65–

70% статистически не совпадают. Мозг непрерывно генерирует изменения выборок, а периферия – электроэнцефалограммы – усиливает этот эффект. Для примера мы представляем типичную матрицу парных сравнений выборок электроэнцефалограмм одного и того же человека. В таблице 1 внесены критерии Вилкоксона p_{ij} для i -й и j -й пар сравнения выборок электроэнцефалограмм. Если $p_{ij} \geq 0,05$, то эти две выборки электроэнцефалограмм могут иметь одну общую генеральную совокупность. Из таблицы 1 следует, что число таких пар невелико, $k_1 = 33$. Напомним, что в статистике требуют 95% (и более) совпадений.

Во всех наших матрицах парных сравнений это число k пар, для которых $p_{ij} \geq 0,05$, было невелико, $k_1 \leq 35\%$ от всех 105 пар (разных) сравнений электроэнцефалограмм. Это доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок электроэнцефалограмм (в виде эффекта Еськова–Зинченко). Работать с такими статистически неустойчивыми (уникальными) выборками дальше невозможно (в рамках детерминистской и стохастической науки).

Таблица 1

Матрица парных сравнений параметров электроэнцефалограмм одного и того же здорового человека (15 выборок электроэнцефалограмм подряд) без воздействий (канал Т6 – Ref, число совпадений $k_1 = 33$) [21]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.32	0.05	0.10	0.64	0.01	0.55	0.00	0.28	0.31	0.00	0.90	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
3	0.32	0.00		0.75	0.00	0.03	0.67	0.19	0.00	0.01	0.30	0.02	0.10	0.00	0.00
4	0.05	0.00	0.75		0.00	0.07	0.83	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.04	0.00	0.00
5	0.10	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.41	0.38	0.66	0.03	0.00	0.21	0.00	0.00
6	0.64	0.00	0.03	0.07	0.00		0.21	0.86	0.00	0.21	0.52	0.00	0.66	0.00	0.00
7	0.01	0.00	0.67	0.83	0.00	0.21		0.02	0.00	0.00	0.01	0.19	0.00	0.00	0.00
8	0.55	0.00	0.19	0.00	0.41	0.86	0.02		0.08	0.93	0.15	0.00	0.97	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.08		0.06	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01
10	0.28	0.00	0.01	0.00	0.66	0.21	0.00	0.93	0.06		0.00	0.00	0.36	0.00	0.00
11	0.31	0.00	0.30	0.06	0.03	0.52	0.01	0.15	0.00	0.00		0.00	0.05	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
13	0.90	0.00	0.10	0.04	0.21	0.66	0.00	0.97	0.07	0.36	0.05	0.00		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
15	0.00	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	

Однако при этом мы сразу получаем два особых свойства нейросетей мозга, которые никто и никогда не использовал в работе ИНС. Мы сейчас говорим о хаосе (см. табл. 1) и о непрерывных (и хаотичных) реверберациях в активности нейросетей мозга. Эти два свойства пока не используются в искусственных нейронных сетях.

Модели эвристики на ИНС

В предыдущем параграфе мы говорили о хаосе в работе любых функций организма и, в частности, о хаосе в работе нейросетей мозга. При этом биопотенциалы мозга в виде электроэнцефалограмм демонстрируют непрерывную активность. Невозможно получить $dx/dt = 0$ и $x(t) = const$. В этом случае мозг уже будет мертвым (нет электроэнцефалограммы – нет и живого мозга). Непрерывный хаос и непрерывные реверберации – это два основных свойства нейросетей мозга, которые до настоящего времени не использовались никем в работе ИНС.

Оказалось, что если эти два новых свойства (принципа работы нейросетей мозга) ввести в работу ИНС, то мы получим новое качество и новые методы для изучения самих биосистем. Действительно, выше мы говорили о неопределенности 2-го типа, когда любая выборка $x_i(t)$ уникальна для систем 3-го типа. Детерминистская и стохастическая наука не может предложить решение этой проблемы [9].

Однако для биосистемы в теории хаоса-самоорганизации возникают и неопределенности 1-го типа. Никакая система искусственного интеллекта в рамках программ ЭВМ здесь уже не работает. Возникает серьезная проблема диагностики различий в состоянии систем 3-го типа, если имеется неопределенность 1-го типа.

Эту проблему можно решать только методами реальной эвристики, когда наука не работает, а мозг различает. В этом случае мы предлагаем использовать новые методы работы ИНС. Подчеркнем еще раз, что мы говорим о новой науке и новых методах эвристики, в том случае, когда традиционная детерминистская и стохастическая наука не работает и методы статистики совершенно бесполезны [3, 4]. Рассмотрим конкретный пример из промышленной экологии, который типичен для всей биомедицины [22].

При изучении эффектов действия слабых промышленных электромагнитных полей на организм человека мы регистрировали глобальную неопределенность 1-го типа. Изучались группы мужчин (до 35 лет и старше 35 лет без действия слабых промышленных электромагнитных полей) и две группы женщин (с аналогичными данными). Следующие четыре группы (две мужские и две женские) были в условиях действия слабых промышленных электромагнитных полей. Регистрировали 6 параметров (выборок) сердечно-сосудистой системы [20].

В итоге была рассчитана табл. 2, в которой представлены результаты статистического сравнения выборок этих шести параметров сердечно-сосудистой системы. Эти сравнения производились попарно между мужчинами (М) и женщинами (Ж) для одинаковых возрастов. В итоге эта табл. 2 показала почти полное совпадение выборок всех 6 параметров сердечно-сосудистой системы. Из 24 разных пар сравнения только две пары показали различия. Остальные 22 пары выборок статистически совпадали. Это значит, что только 8% пар различаются статистически.

В 92% пары статистически совпадали и это доказывает реальность неопределенности 1-го типа (табл. 2).

Однако применение ИНС в двух особых режимах (хаос начальных весов w_{i0} всех диагностических признаков $x_i(t)$ и многократные реверберации ИНС — новые настройки с новыми w_{i1}) показало существенные различия для всех 4 пар по всем 6 признакам сердечно-сосудистой системы. Подчеркнем, что различия в весах w_i признаков $x_i(t)$ позволяет нам находить параметры порядка — главные диагностические признаки x_i^* .

Таблица 2

Матрица парных сравнений параметров variability сердечного ритма гендерных групп (сравниваемых мужских – М и женских – F групп), одинаковых по возрасту и влиянию производственных факторов [21]

Группы \ Параметры	CI	SIM	PAR	SSS	SDNN	INB
М ₁ Ж ₁	0,712	0,019*	0,244	0,954	0,168	0,076
М ₂ Ж ₂	0,337	0,148	0,541	0,204	0,024*	0,561
М ₃ Ж ₃	0,655	0,377	0,854	0,393	0,362	0,479
М ₄ Ж ₄	0,204	0,244	0,065	0,118	0,734	0,101

Примечания: М₁ — мужчины до 35 лет без воздействия источников электромагнитных полей, М₂ — мужчины после 35 лет без воздействия источников электромагнитных полей; М₃ — мужчины до 35 лет под воздействием источников электромагнитных полей, М₄ — мужчины после 35 лет под воздействием источников электромагнитных полей; Ж₁ — женщины до 35 лет без воздействия источников электромагнитных полей, Ж₂ — женщины после 35 лет без воздействия источников электромагнитных полей; Ж₃ — женщины до 35 лет под воздействием источников электромагнитных полей, Ж₄ — женщины после 35 лет под воздействием источников электромагнитных полей; p — достигнутый уровень значимости (при критическом уровне $p < 0,05$); * — группы p статистически принадлежат к разным генеральным совокупностям.

Здесь: CI — кардиоинтервал; показатель симпатической вегетативной нервной системы — SIM; показатель парасимпатической вегетативной нервной системы — PAR; частота сердечных сокращений — SSS; стандарт отклонения для кардиоинтервалов — SDNN; индекс Баевского — INB.

В таблице 3 мы представляем итоговый статистический расчет для всех четырех пар по всем 6 параметрам $x_i(t)$. Очевидно, что для первой пары М₁–Ж₁ параметрами порядка являются признаки: SIM с $w_2 \geq 0,718 \pm 0,279$ и INB с $w_6 \geq 0,706 \pm 0,238$. Остальные 4 признака малозначимые. Для остальных пар мы имеем другие параметры (главные). Например, для пары М₄–Ж₄ параметр PAR с $w_3 \geq 0,734 \pm 0,263$.

В целом ИНС не только разрешает неопределенность 1-го типа, но она выделяет главные диагностические признаки. Этого детерминистская и стохастическая наука (вся стохастика) сделать не может, т. к. статистика показывает почти полное совпадение пар выборок. Фактически мы говорим сейчас о невозможности алгоритмизировать (в рамках детерминистской и стохастической науки) задачу

Таблица 3

Результаты статистической обработки значений весов ω_i после 50 итераций, выборки $x_i(t)$ для групп сравнения мужчин и женщин 1–4 [21]

Группы сравнения	ω_i	CI	SIM	PAR	SSS	SDNN	INB
M ₁ F ₁	$M \pm \sigma$	0,457 ± 0,223	0,718 ± 0,279	0,465 ± 0,270	0,427 ± 0,222	0,642 ± 0,283	0,706 ± 0,238
M ₂ F ₂	$M \pm \sigma$	0,551 ± 0,253	0,637 ± 0,248	0,527 ± 0,257	0,655 ± 0,241	0,685 ± 0,268	0,568 ± 0,241
M ₃ F ₃	$M \pm \sigma$	0,641 ± 0,263	0,655 ± 0,266	0,507 ± 0,219	0,508 ± 0,254	0,729 ± 0,249	0,662 ± 0,278
M ₄ F ₄	$M \pm \sigma$	0,548 ± 0,259	0,613 ± 0,263	0,734 ± 0,263	0,582 ± 0,235	0,504 ± 0,208	0,656 ± 0,254

разрешения неопределенности 1-го типа.

Новые режимы работы ИНС позволяют нам формализовать задачи системного синтеза. Применение ИНС позволило не только разделить выборки, но и найти параметры порядка, т. е. главные диагностические признаки. На сегодня эта задача системного синтеза не формализована и не решена во всей математике. Главная причина в этом – отсутствие статистических различий $x_i(t)$.

Обсуждение

Последние 100–150 лет вся биомедицина, психология, экология, и другие науки о живых системах активно использовали методы статистики. Однако в 1948 г. W. Weaver предложил вывести все биосистемы (системы 3-го типа) за пределы детерминистской и стохастической науки. Только спустя 50 лет (как и прогнозировал W. Weaver) была доказана его гипотеза в виде эффекта Еськова–Зинченко [4, 8, 9, 15].

Двадцать лет назад начала формироваться новая наука — теория хаоса-самоорганизации. В ней вводятся новые понятия и новые законы. Появляются неопределенности 2-го типа (они глобальны для всех систем 3-го типа), которые выносят все биосистемы за пределы детерминистской и стохастической науки. В этом случае требуются новые теории и новые модели для систем 3-го типа [12, 15–19].

Однако еще в начале XX века появились (и активно внедряются) ИНС, которые формализовали первую (не алгоритмизируемую) задачу по распознаванию образов. Очевидно, что детерминистские и стохастические науки и программы ЭВМ (на их основе) такие задачи выполнить не могут, но мозг человека легко различает портреты (и голоса) разных людей. Мозг, его нейросеть легко решают эти задачи.

Созданные человеком ИНС тоже решают такие задачи распознавания образов, и поэтому они тоже являются имитаторами работы мозга человека. Однако новая теория хаоса-самоорганизации вводит особые понятия неопределенностей 1-го и 2-го типов. Разрешать эти неопределенности в рамках традиционной детерминистской и стохастической науки уже невозможно. Эти задачи диагностики статистика не формализует [9, 15–19].

В этом случае нужна другая (новая) наука и новые методы и модели. Для разрешения неопределенностей 2-го типа разработаны методы расчета матриц парных сравнений выборок и методы расчета параметров псевдоаттракторов. Они раскрывают неопределенность 2-го типа и даже находят параметры порядка (на основе расчета межаттракторных расстояний) [3, 4].

Неопределенность 1-го типа раскрывается с помощью ИНС в двух особых режимах. Эти режимы мы установили при изучении особенностей поведения выборок электроэнцефалограмм. Оказалось, что выборки электроэнцефалограмм (как и треморограмм, теппинграмм, электромиограмм, кардиоинтервалов и т.д.) являются уникальными. Их очень сложно статистически повторить. Следовательно, мозг работает в хаотичном режиме. Мы ввели в работу ИНС хаос в виде задания (хаотического) начальных весов ω_{i0} для признаков $x_i(t)$ из интервала $\omega_{i0} \in (0, 1)$. Одновременно мы заставили ИНС реверберировать, т. е. многократно повторять настройки [4, 9, 15–19].

В итоге хаос и многократные реверберации позволили решать задачи разделения выборок диагностических признаков $x_i(t)$. В этом случае мы можем устанавливать различия в состояниях биосистем — систем 3-го типа (у нас на примере сердечно-сосудистой системы) в тех случаях, когда статистика не работает. В таблице 2 мы показали почти полное совпадение выборок $x_i(t)$, но в таблице 3 ИНС полностью разделила их.

Подчеркнем, что такая задача (при неопределенности 1-го типа) не формализована в детерминистской и стохастической науке, а ИНС ее решает. При этом находятся параметры порядка — главные диагностические признаки. Это уже модель работы мозга в эвристическом режиме. Алгоритмы не работают, но ИНС (и мозг) решает задачу разделения состояний биосистемы (у нас параметры сердечно-сосудистой системы). Мы формализовали задачу системного синтеза и находим параметры порядка, что во всей современной математике пока не формализовано (нет решений).

Выводы

Более 70 лет назад W. Weaver предложил вывести все биосистемы за пределы современной науки (детерминистских и стохастических наук). Двадцать лет назад мы доказали, почему это надо выполнить, и начали создавать новую теорию хаоса–самоорганизации. В рамках этой новой теории возникла неопределенность 2-го типа (эффект Еськова–Зинченко) и неопределенность 1-го типа.

Последняя неопределенность не может быть решена в рамках статистики, т. к. статистика показывает совпадения выборок, а реально они должны различаться. В конце XX века начали активно внедрять ИНС в науку и повседневную жизнь. При этом была решена первая не алгоритмизируемая проблема (распознавания образов). С доказательством эффекта Еськова–Зинченко и возникновением неопределенности 1-го типа возникла 2-я глобальная проблема.

Раскрытие неопределенности 1-го типа в рамках детерминистской и стохастической науки невозможно, и мы применили хаос (в виде эффекта Еськова–Зинченко для электроэнцефалограмм) и многократные реверберации в работе ИНС. В итоге мы не только решили задачу разделения состояний биосистем, но и решили задачу системного синтеза. ИНС в новом режиме может находить параметры порядка, что до настоящего времени не решается во всей биомедицине, экологии, психологии и других науках о живых системах.

Фактически ИНС в двух новых режимах демонстрирует эвристическую работу мозга (находит параметры порядка, когда детерминистская и стохастическая наука этого сделать не может). Возникают новые (особые) перспективы в развитии искусственного интеллекта применительно к системам 3-го типа. Последние (биосистемы — системы 3-го типа) вообще невозможно изучать в детерминистской и стохастической науках из-за эффекта Еськова–Зинченко. Поэтому модели эвристики на базе ИНС имеют большие перспективы именно в биокибернетике и медицинской кибернетике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Haken H. *Principles of Brain Functioning: a Synergetic Approach to Brain Activity, Behavior and Cognition*. Springer Series in Synergetics. Springer; 1995. 349 p.
2. Albert S. T., Hadjiosif A. M., Jang J., Zimnik A. J., Soteropoulos D. S., Baker S. N., Churchland M. M., Krakauer J. W., Shadmehr R. Postural Control of Arm and Fingers through Integration of Movement Commands. *Elife*. 2020;9:1–35.
3. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. Measuring Order Parameters Based on Neural Network Technologies. *Measurement Techniques*. 2015;58(4):462–466. DOI: 10.1007/S11018-015-0735-X.
4. Eskov V. V., Pyatin V. F., Filatova D. Yu., Bashkatova Yu. V. *Khaos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoi sistemy cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of the human cardiovascular system]*. Samara: Publishing house of Porto-Print LLC; 2018. 312 s.
5. Menskii M. B. Concept of Consciousness in the Context of Quantum Mechanics. *Physics-Uspekhi*. 2005;48(4):389. DOI: 10.3367/UFNr.0175.200504c.0413.
6. Menskii M. B. Quantum Measurements, the Phenomenon of Life, and Time Arrow: Three Great Problems of Physics (in Ginzburg's Terminology) and Their Interrelation. *Physics-Uspekhi*. 2007;50(4):397. DOI: 10.3367/UFNr.0177.200704j.0415.
7. Penrose R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Mind and Laws of Physics*. Oxford University Press; 1989.
8. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems. *Doklady Mathematics*. 2017;95(1):92–94. DOI: 10.1134/S1064562417010240.

9. Eskov V. V., Filatova D. Y., Ilyashenko L. K., Vochmina Y. V. Classification of Uncertainties in Modeling of Complex Biological Systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2019;74(1):57–63. DOI: 10.3103/S0027134919010089.
10. Eskov V. V., Orlov E. V., Gavrilenko T. V., Manina E. A. Capabilities of Artificial Neuron Networks for System Synthesis in Medicine. *Cybernetics Perspectives in Systems. CSOC 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*. Vol. 503. Springer; 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-09073-8_16.
11. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of Statistical Instability of Electroencephalograms. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019;168(7):5–9. DOI: 10.1007/s10517-019-04633-7.
12. Zaslavsky B. G., Filatov M. A., Eskov V. V., Manina E. A. Non-Stationary States in Physics and Biophysics. *Russian Journal of Cybernetics*. 2020;1(2):61–67.
13. Hill A. V. Why Biophysics? *Science*. 1956;124(3234):1233–1237.
14. Eskov V. V. Modeling of Biosystems from the Stand Point of “Complexity” by W. Weaver and “Fuzziness” by L. A. Zadeh. *Journal of Physics Conference Series*. 2021;1889(5):052020. DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052020.
15. Гавриленко Т. В., Мельникова Е. Г., Кухарева А., Коннов П. Е. Физико-математическая аргументация для отрицания базовой гипотезы М. Б. Менского. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2023;2:68–79. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-2-54-67.
16. Filatova O. E., Bashkatova Yu. V., Shakirova L. S., Filatov M. A. Neural Network Technologies in System Synthesis. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021;1047:012099. DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099.
17. Grigorenko V. V., Bashkatova Yu. V., Shakirova L. S., Egorov A. A., Nazina N. B. New Information Technologies in the Estimation of Stationary Modes of the Third Type Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;052034. DOI:10.1088/1757-899X/862/5/052034.
18. Orlov E. V., Filatova O. E., Galkin V. A., Chempalova L. S. The Prospects of New Invariants Creating in Biocybernetics. *AIP Conference Proceedings*. 2023;2700:040056. DOI: 10.1063/5.0138430.
19. Gazya G. V., Eskov V. V., Gavrilenko T. V. Neural Network Technologies in Industrial Ecology. *AIP Conference Proceedings*. 2023;2700:050033. DOI: 10.1063/5.0125298.
20. Boltaev A. V., Gazya G. V., Khadartsev A. A., Sinenko D. V. The Electromagnetic Fields Effect on Chaotic Dynamics of Cardiovascular System Parameters of Workers of Oil and Gas Industry. *Human Ecology (Ekologiya Cheloveka)*. 2017;8:3–7.
21. Еськов В. М., Филатов М. А., Газя Г. В., Стратан Н. Ф. Возможности создания искусственного интеллекта на базе искусственных нейросетей. *Успехи кибернетики*. 2021;2(3):44–52. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-3-6.
22. Weaver W. Science and Complexity. *American Scientist*. 1948;36:536.