

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

APPLICATION OF NEW ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN INDUSTRIAL ECOLOGY

**G. Gazya
A. Kukhareva
N. Gazya
A. Kozhderov**

Summary. The authors considered the possibility of using new modes of artificial neural networks when studying the parameters of heart rate variability in male gas processing plant workers working in harmful working conditions and in the process of adapting to factors of the production environment and labor process. Preliminary (in chaos and reverberation mode) tuning of artificial neural networks, taking into account the available set and type of data, made it possible to identify a significant diagnostic sign in men exposed to chronic exposure to harmful production factors using the software product. It was a generalized parameter of the parasympathetic neurovegetative system.

Keywords: new artificial neural networks, heart rate parameters, diagnostic features, industrial ecology.

Газя Геннадий Владимирович

к.биол.н., Индустриальный институт —
филиал Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Югорский государственный университет»,
г. Нефтеюганск
86wsr@rambler.ru

Кухарева Алеся Юрьевна

Аспирант, Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа — Югры
«Сургутский государственный университет»
alja.87@mail.ru

Газя Наталья Федоровна

Аспирант, Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа — Югры
«Сургутский государственный университет»
nata_stratan@mail.ru

Кожедеров Александр Игоревич

старший преподаватель, Индустриальный
институт — филиал Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Югорский государственный
университет», г. Нефтеюганск
A_Kojedero@ugrasu.ru

Аннотация. Авторами рассмотрена возможность применения новых режимов искусственных нейронных сетей при исследовании параметров вариабельности сердечного ритма у работников газоперерабатывающего завода мужского пола, работающих во вредных условиях труда и находящихся в процессе адаптации к факторам производственной среды и трудового процесса. Предварительная (в режиме хаоса и реверберации) настройка искусственных нейросетей, с учетом имеющегося набора и типа данных, позволили при помощи программного продукта выявить у мужчин, подверженных хроническому воздействию вредных производственных факторов, значимый диагностический признак. Это был обобщенный параметр парасимпатической нейровегетативной системы.

Ключевые слова: новые искусственные нейронные сети, параметры сердечного ритма, диагностические признаки, промышленная экология.

Введение

Работа на газоперерабатывающих предприятиях Севера РФ (у нас на примере ХМАО-Югры) сопряжена с целым рядом неблагоприятных факторов производства. К этим факторам внешней среды обитания относятся в первую очередь особые экологические условия проживания, которые сейчас нами и изучаются.

Это и резкие перепады температуры и влажности воздуха, особенно в зимний период. При этом очень ча-

сто такая работа сопровождается работой в ночные смены, что приводит к десинхронозу, нарушениям суточного ритма основных функций организма работающих. При этом в первую очередь страдает сердечно-сосудистая система (ССС) этих работников, которая характеризуется ранней патологией для жителей Севера РФ.

Весьма неблагоприятным фактором является влияние промышленных электромагнитных полей (ПЭМП) низкой интенсивности. Эти ПЭМП активно действуют на организм работников газоперерабатывающего за-

вода и других нефтегазовых комплексов ХМАО-Югры. Именно эта проблема изучалась нами в настоящем исследовании. Обследованию подвергались четыре группы работников (мужчины), две возрастные группы при воздействии ПЭМП и две группы без воздействия.

Следует отметить, что проблема влияния ПЭМП на организм человека является весьма малоизученной проблемой (не только в РФ, но и во всей Мировой науке) [1–5]. В целом, действие ЭМП на организм человека еще не изучено в достаточной мере именно с позиции промышленной экологии. В первую очередь речь идет об эффектах со стороны CCC. Именно заболевания CCC на Севере РФ весьма распространены и требуют особого изучения, а влияние ПЭМП усиливает эффекты ранней патологии CCC [6–9].

Наше сообщение посвящено изучению влияния ПЭМП низкой интенсивности на работу сердца. Изучались шесть основных параметров CCC в аспекте возраста и влияния ПЭМП [1–6].

1. Проблемы статистики

Прежде чем представить результаты исследований следует отметить, что сердечно-сосудистая система (ССС) человека на Севере РФ является наиболее уязвимой системой, которая обеспечивает жизнедеятельность организма. Патология CCC у жителей Севера РФ начинает проявляться в более ранние возрастные периоды. Поэтому возрастные аспекты мы изучаем в первую очередь на примере двух групп без воздействия ПЭМП и 2-х групп с воздействием ПЭМП.

В наших исследованиях были две референтные (без ПЭМП) возрастные группы: мужчины до 35 лет и старшая возрастная группа (после 35 лет). Этот возраст (35 лет) нами был определен как возраст, в котором в Югре (ХМАО) уже выявляется патология CCC. Подчеркнем, что для всех параметров CCC нами был выявлен эффект Еськова-Зинченко (ЭЗ) [7–11].

Этот ЭЗ проявляется в отсутствии статистической устойчивости любых параметров функций организма человека. В нашем случае речь идет о шести параметрах CCC, к которым в первую очередь относятся кардиоинтервалы (КИ) и стандарт отклонения КИ (SDNN). Сюда же мы относим и число ударов в минуту (SSS) вместе с индексом Баевского (IBN). Эта группа параметров составила группу временных параметров, где время t — аргумент.

Отдельный блок наших исследований составили обобщенный параметр состояния симпатической нервной вегетативной системы (НВС) — SIM и парасимпатической НВС — PAR. Оба этих параметра характеризуют

регуляцию CCC со стороны НВС. Отметим, что на Севере РФ (в Югре) почти у всех жителей преобладает параметр PAR. Его величины в 80–90 % имеют большие значения в сравнении с SIM.

Отдельно мы изучали выборки по SIM, PAR, SSS, SDNN и IBN для каждой группы испытуемых. Производился расчет по параметрической и непараметрической статистике для всех 4-х возрастных групп: 1 — мужчины до 35 лет под воздействием ПЭМП; 2 — мужчины старше 35 лет под воздействием ПЭМП; 3 — мужчины до 35 лет без воздействия ПЭМП; 4 — мужчины старше 35 лет без воздействия ПЭМП.

В целом, мы изучали возрастную динамику этих 5-ти параметров CCC и сравнивали выборки этих параметров между всеми четырьмя группами. По каждому параметру мы составляли таблицы парных сравнений выборок этих параметров CCC по критерию Манна-Уитни p_{ij} . Если $p_{ij} \geq 0,05$, то такая пара может иметь общую генеральную совокупность.

Отметим, что многие параметры (для всех четырех возрастных групп) имеют непараметрическое распределение. Однако, в ряде случаев мы имели и нормальное распределение. Подчеркнем, что проверка на нормальность производилась для всех 20-ти выборок, т.е. для всех 4-х групп.

Оказалось, что из этих 20-ти выборок (по 30 человек в каждой) для четырех групп по 5-ти параметрам, только 10 выборок имеют критерий Шапиро-Уилка $p < 0,05$. Это означает, что нет нормального распределения (обычно это полимодальные распределения).

Характерно, что такой результат встречается у всех параметров кроме SSS. Отсутствие нормального распределения ярко выражено у параметров SIM и IBN. У этих параметров для 3-х групп мы имеем ненормальные распределения. Для SSS преобладает параметрическое распределение, что представлено в табл. 1.

С позиций статистики мы должны все параметры рассматривать в рамках непараметрической статистики если уже часть выборок имеет непараметрическое распределение. У нас, фактически, половина параметров показывают непараметрическое распределение (50 %).

2. Результаты статистического сравнения групп по 5-ти параметрам CCC

Сразу отметим, что мы сравнивали разные возрастные группы мужчин и группы с воздействием ПЭМП и без воздействия. В целом, мы имеем общую картину сравнения всех четырех групп. Оказалось, что только параметр SSS задает разнообразие, т.к. все остальные пары сравнения показали $p_{ij} \geq 0,05$ (см. табл. 2 как пример).

Таблица 1.

Результаты проверки на нормальность распределения параметров ССС и НВС работников газоперерабатывающего завода (мужчин) по критерию Шапиро-Уилка ($p < 0,05$)

Исследуемая группа	SIM	PAR	SSS	SDNN	IBN
Группа 1	0,030	0,056	0,889	0,000	0,383
Группа 2	0,003	0,210	0,397	0,094	0,007
Группа 3	0,013	0,000	0,060	0,000	0,004
Группа 4	0,191	0,201	0,901	0,000	0,003

Примечание: группа 1 — мужчины до 35 лет под воздействием источников ЭМП, группа 2 — мужчины после 35 лет под воздействием источников ЭМП, группа 3 — мужчины до 35 лет без воздействия источников ЭМП, группа 4 — мужчины после 35 лет без воздействия источников ЭМП.

Разнообразие означает, что имеются пары выборок для SSS с критерием Манна-Уитни $p_{ij} \geq 0,05$ и с критерием $p_{ij} < 0,05$. В первом случае эти две выборки (i -я и j -я) могут иметь общую генеральную совокупность. При $p_{ij} < 0,05$ такая общая генеральная совокупность отсутствует.

В качестве примера мы представляем табл. 2 для SIM, где число пар выборок k по критерию Манна-Уитни $p_{ij} < 0,05$ будет $k=6$. Все 6 пар имеют критерий $p_{ij} \geq 0,05$. Это означает, что такие пары могут статистически совпадать (имеют общую генеральную совокупность) и это нами обозначается в новой теории хаоса-самоорганизации (ТХС) как неопределенность 1-го типа. Статистика здесь не работает.

Таблица 2.

Результаты попарного сравнения средних значений рангов допустимого уровня значимости параметра SIM обследованных 1–4 групп с помощью непараметрического U критерия Манна — Уитни

Исследуемая группа	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Группа 1	—	0,292	0,288	0,844
Группа 2	0,292	—	0,465	0,935
Группа 3	0,288	0,465	—	0,770
Группа 4	0,844	0,935	0,770	—

Примечание: p — достигнутый уровень значимости (при критическом уровне $p < 0,05$); * — группы p статистически принадлежат к разным генеральным совокупностям.

Отметим, что все четыре таблицы сравнения для SIM, PAR, SDNN, IBN не имеют $p_{ij} < 0,05$. Более того, таблицы для SDNN и для IBN содержат элемент $p_{ij}=1$. Это говорит

о полном статистическом совпадении сравниваемых пар выборок. Для примера мы представляем табл. 2, как характерную таблицу, где все сравниваемые пары (группы) имеют $p_{ij} \geq 0,05$, т.е. они имеют общую генеральную совокупность.

В таблице для SIM мы получили все критерии Манна-Уитни $p_{ij}=1$. Это говорит о полном статистическом совпадении сравниваемых пар выборок IBN, нет статистических различий. В новой теории хаоса-самоорганизации мы говорим в этом случае о неопределенности 1-го типа, т.е. статистика не показывает различий между группами. Раскрытие этой неопределенности требует применения новых искусственных нейросетей (ИНС), на новых принципах работы [10–16].

В этом случае мы привлекаем искусственные нейронные сети (ИНС) в режиме бинарного сравнения. Для этого мы вводим все выборки по пяти изученным параметрам в ИНС и сравниваем разные группы испытуемых (попарно) для всех этих 5-ти параметров. При этом мы задаем начальные веса w_{ij} диагностических признаков хаотически.

Такое попарное сравнение (в пятимерном фазовом пространстве состояний) позволяет не только разделить сравниваемые группы, но и найти главные диагностические признаки. Эта процедура называется нахождением параметром порядка (ПП). Это выполняется после 100-а (и более) итераций — настройки ИНС. Подчеркнем, что находить ПП современная наука сейчас уже не может из-за реальности ЭЭЗ [10–16].

При каждой такой итерации мы получаем свой набор $x_i(t)$ и далее мы можем статистически обрабатывать уже выборки их 100-а значений весов признаков. В итоге, мы полученные средние значения этих весов $\langle w_i \rangle$ можем ранжировать, т.е. выбрать x_i^* , которые имеют наибольшее значение $\langle w_i \rangle$ (из всех 5-ти).

Именно такая процедура позволяет нам не только избавляться от неопределенности 1-го типа (когда выборки статистически совпадают), но и найти главные диагностические признаки, т.е. параметры порядка (ПП). Обычно эти ПП имеют $\langle w_i \rangle \geq 0,05$ [10–16].

Именно такие действия мы и выполнили с помощью ИНС. Оказалось, что все пары сравнения (1–2, 1–3, 1–4, 2–3, 2–4, 3–4) ИНС разделяет. Более того, для каждой такой пары сравнения ИНС находит главные диагностические признаки (т.е. ПП). Для каждой пары мы имеем свои ПП.

Чаще всего это SIM и SDNN (для многих пар сравнения). Подчеркнем, что в статистике только SSS показал нам некоторые статистические различия, что было пред-

ставлено в табл.1. Однако ИНС нам дает другие результаты и сразу для всех 5-ти параметров работы сердца (параметры CCC). При этом SSS не является ПП.

Выводы

Изучение эффектов влияния ПЭМП на состояние CCC приводит нас к неопределенностям 1-го типа. Это означает, что разные возрастные группы и группы сравнения без ПЭМП и с действием ПЭМП могут в статистике почти не различаться. Это особенно заметно по параметрам SDNN и IBN, где критерии Манна-Уитни показывают $p_{ij}=1$ для всех 6-ти пар сравнения.

Только один параметр CCC (в виде SSS) показал статистическое различие для 50 % сравниваемых пар. Больше

всего различается группа 4 от всех остальных 3-х групп (две пары различаются из 6-ти разных пар). Однако, ИНС дает различие для всех 6-ти пар сравнения по всем 5-ти признакам.

В итоге, мы устраняем неопределенность 1-го типа (статистика не работает) и получаем различия между всеми шестью (разными) парами сравнения. Оказалось, что при этом мы можем получить и главные диагностические признаки — параметры порядка. Такие новые режимы работы ИНС (многократные реверберации и хаос начальных весов w_{ij} признаков $x_i(t)$) обеспечивает нахождение ПП. Это и есть решение задачи системного синтеза, что невозможно решить в рамках статистики.

ЛИТЕРАТУРА

- 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.
- 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>.
- 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. Vol. 1889(5). P. 052020 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052020.
- 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.
- Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // Biomedical engineering. 2021. Vol. 54(6). Pp. 388–392. DOI:10.1007/s10527-021-10046-6.
- Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1889(5). P. 052016 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016.
- Галкин В.А., Кухарева А., Мельникова Е.Г., Филатов М.А. Реально «великие» проблемы физики живых систем // Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2023. — № 2. — С. 80–88. — DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-68-77.
- 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. — С. 68–79. — DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-54-67.
- Филатов, М.А., Розенберг Г.С., Акопов Г.В. Типы регуляции (управления) в системах природы и общества // Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2023. — № 2. — С. 47–55. — DOI 10.12737/2306-174X-2023-2-38-44.
- Коннов П.Е., Топазова О.В., Трофимов В.Н., Еськов В.В., Самойленко И.С. Искусственные нейронные сети в оценке клинических параметров актинического дерматита // Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2022 — №4. — С.34–48. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-11-4-25-31.
- Коннов П.Е., Еськов В.В., Филатов М.А., Гавриленко Т.В. Применение искусственных нейросетей в дерматологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. — 2022 — №2. — С.12–20. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-17-24.
- Коннов П.Е., Топазова О.В., Трофимов В.Н., Еськов В.В., Самойленко И.С. Нейросети в идентификации главных клинических признаков при актиническом дерматите // Вестник новых медицинских технологий. — 2023. — Т. 30. — № 2. — С.115–118. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-115-118.
- Хадарцева К.А., Филатова О.Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. // Успехи кибернетики. — 2022. — 3(3). — Стр. 92–101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.
- Кухарева А.Ю., Еськов В.В., Газя Н.Ф. Гипотеза Эверетта и квантовая теория сознания // Успехи кибернетики. — 2023. — 4(1). — Стр. 65–71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09.
- Филатова О.Е., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Музиева М.И. Квантовомеханический подход в электрофизиологии // Успехи кибернетики. — 2023. — 4(2). — Стр. 68–77. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-10.
- Кухарева А.Ю., Мельникова Е.Г., Байтуев И.А., Филатов М.А. Существует ли связь между «many-worlds interpretation» и «many-minds interpretation» в биокибернетике? // Успехи кибернетики. — 2023. — Т. 4, №3. — С. 101–108. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-3-11.

© Газя Геннадий Владимирович (86wsr@rambler.ru); Кухарева Алеся Юрьевна (alja.87@mail.ru); Газя Наталья Федоровна (nata_stratan@mail.ru); Кожедеров Александр Игоревич (A_Kojedеров@ugrasu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»