

УДК 616-085:681.5

О. А. ДУДОВ, В. С. ФЕТИСОВ

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА

Предложена новая схема организации электропунктурных измерений с целью диагностирования состояния пациента. Надежность диагностирования определенной патологии повышается за счет достаточно длительного периода статистических наблюдений, в котором накапливается избыточный набор значений различных электрических параметров в 24 репрезентативных точках. Затем с помощью совместно используемых элементов искусственного интеллекта — искусственной нейросети и генетического алгоритма — производится отбор наиболее информативных точек и параметров. Оптимизированные таким образом измерения позволяют с помощью обученной нейросети быстро получать диагностический результат. *Электропунктура; диагностика; искусственные нейронные сети; генетические алгоритмы*

ВВЕДЕНИЕ

Современные системы диагностики состояния пациента, основанные на измерениях различных электрических параметров в так называемых точках акупунктуры, или биологически активных точках (БАТ) на кожном покрове, во многом базируются на представлениях традиционной китайской медицины, давно на практике доказавших свою состоятельность.

Известно, что отдельно взятая БАТ изменяет свои электрические параметры в соответствии с текущим состоянием связанного с ней органа, подсистемы организма или организма в целом, что и позволяет использовать электропунктурные измерения для диагностики. Однако характер корреляции электрических параметров БАТ с органами и подсистемами, а также с другими БАТ довольно сложен и до конца не изучен. Электропунктурные приборы, используемые в медицине, как правило, основаны на измерениях простых электрических параметров, таких как электросопротивление или отклик БАТ на воздействие импульсом тока фиксированной амплитуды. Такие приборы не учитывают приспособительной реакции биоткани и возможных изменений электрических параметров БАТ в процессе самих измерений. Кроме того, измерения электрических параметров в отдельных БАТ часто имеют плохие

показатели стабильности и воспроизводимости по причине того, что организм достаточно быстро изменяет электрические параметры в ответ на внешние воздействия физическими, химическими и психическими факторами. Именно поэтому диагностика на основе электропунктурных измерений должна проводиться с учетом индивидуальных особенностей пациента. Необходимо учитывать также еще и биоритмологический аспект, т. е. зависимость параметров БАТ от сезонных, суточных и других биологических циклов.

Все это, однако, не перечеркивает те преимущества, которые имеет электропунктурная диагностика по сравнению с другими видами диагностики: ее оперативность, универсальность, весьма низкую стоимость оборудования и его эксплуатации, безопасность и простоту применения, и заставляет исследователей искать новые пути повышения достоверности диагностики на основе электропунктурных измерений.

В статье описывается разработанная авторами многорежимная автоматизированная система электропунктурной диагностики (МАСЭД) и экспериментальные исследования с ее применением.

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ МАСЭД

МАСЭД — аппаратно-программный комплекс, предназначенный для проведения ис-

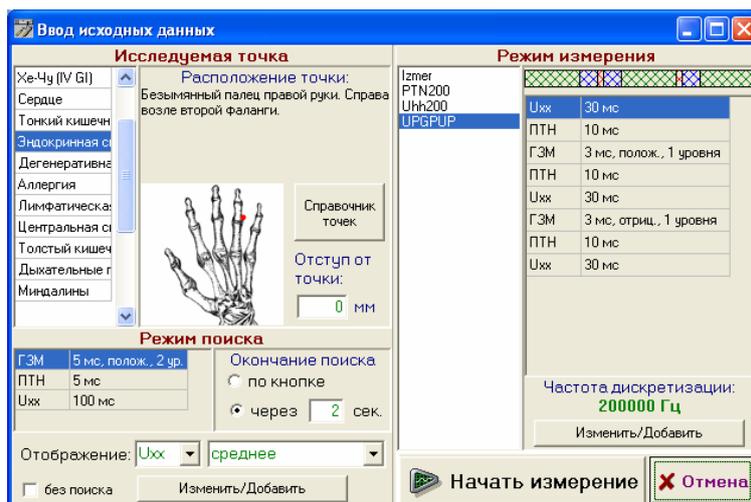


Рис. 1. Окно ввода исходных данных МАСЭД

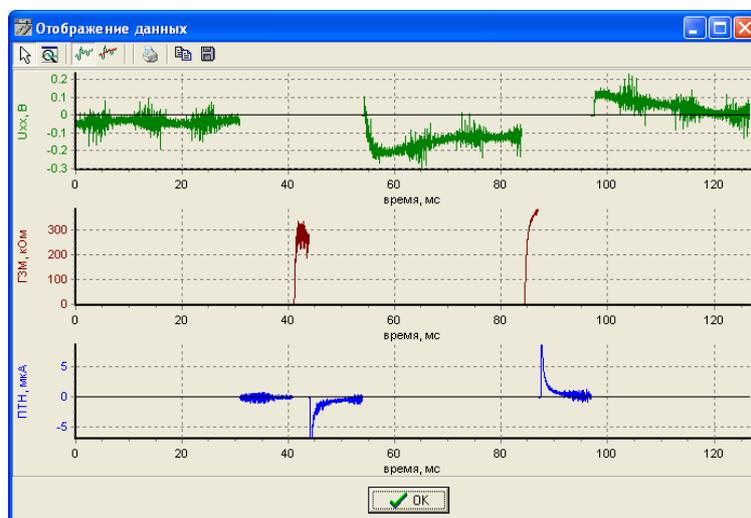


Рис. 2. Пример отображения сигналов в цикле измерения

следований электрических свойств биологических тканей и оперативной оценки психофизиологического состояния по значениям электрических параметров. Электрические параметры определяются в БАТ, используемых в известных методиках (Фолля, Нечушкина, Накатани и др). Информация вводится в ПЭВМ при установке измерительного электрода на каждую из точек. Она запоминается и обрабатывается в соответствии с одним из алгоритмов, заданных программным путем. Программным путем может быть задан режим автоматизированного исследования признаков и выданы рекомендации для принятия прогностического решения. На рис. 1 показано для примера окно ввода исходных данных, где задаются расположение точек и состав цикла измерений.

Оригинальным в системе является способ получения первичной информации об

электрических свойствах исследуемой БАТ. Информационные сигналы получают путем последовательного изменения электрических режимов, в которых выполняют измерительные операции. Получают следующие сигналы: напряжение холостого хода в точке; ток короткого замыкания электродов, установленных на ней; сопротивление в точке при воздействии на биоткань прямоугольным импульсом заданной электрической мощности ($u \cdot i = \text{const}$) положительной полярности; ток короткого замыкания электродов после воздействия электрической мощностью; сопротивление при воздействии импульсом электрической мощности отрицательной полярности; ток короткого замыкания электродов после воздействия. Длительность каждой из вышеназванных измерительных операций, а также последовательность их проведения задаются программным путем. На рис. 2 пока-

зан пример отображения сигналов в цикле измерения.

Существенными отличиями МАСЭД от известных средств электропунктурных измерений являются: возможность определения усредненной электрической мощности, которая имеется у конкретной БАТ в невозбужденном состоянии; определение электросопротивления биоткани при воздействии на нее фиксированным неизменным значением электрической мощности, что делает измерения объективными и воспроизводимыми; возможность записи и анализа переходных процессов, возникающих в БАТ при переходе с одного измерительного режима на другой. Аппаратная часть позволяет получать большой объем измерительной информации об электрических свойствах каждой из БАТ, что создает предпосылки для неинвазивной оперативной диагностики психофизиологического состояния биологического организма [1].

ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ МАСЭД

На основании опыта предыдущих исследований и анализа поведения БАТ при различных состояниях организма сформированы следующие общие принципы организации измерительно-диагностического процесса с использованием системы МАСЭД:

1. Набор измеряемых параметров должен быть избыточен, так как различные параметры и их комбинации проявляют себя по-разному в различных условиях.

2. Также избыточен должен быть набор исследуемых точек, так как отдельные точки или их комбинации «ответственны» за состояние определенных органов [2]. Однако разумно ограничить количество точек таким набором, который бы позволял делать заключения о состоянии практически всех органов, систем и тканей, но, в то же время, содержал бы не очень много коррелирующих друг с другом БАТ. С такой точки зрения весьма удобным является набор из 24 точек — представителей 12 парных меридианов, рекомендуемых для измерений по методу Накатани (Риодораку) [3]. Рис. 3 и табл. 1 иллюстрируют расположение репрезентативных точек и их связь с основными меридианами.

3. Поскольку проявления активности БАТ для различных пациентов в общем случае индивидуальны, и, кроме того, параметры

БАТ в определенной степени изменяются в соответствии с хронобиологическими циклами [4], диагностике должен предшествовать период накопления статистической информации по каждому пациенту. В течение этого периода должны быть собраны массивы электрических параметров, соответствующие как нормальному состоянию органа или подсистемы, так и ненормальному (диагностируемому патологическому состоянию).

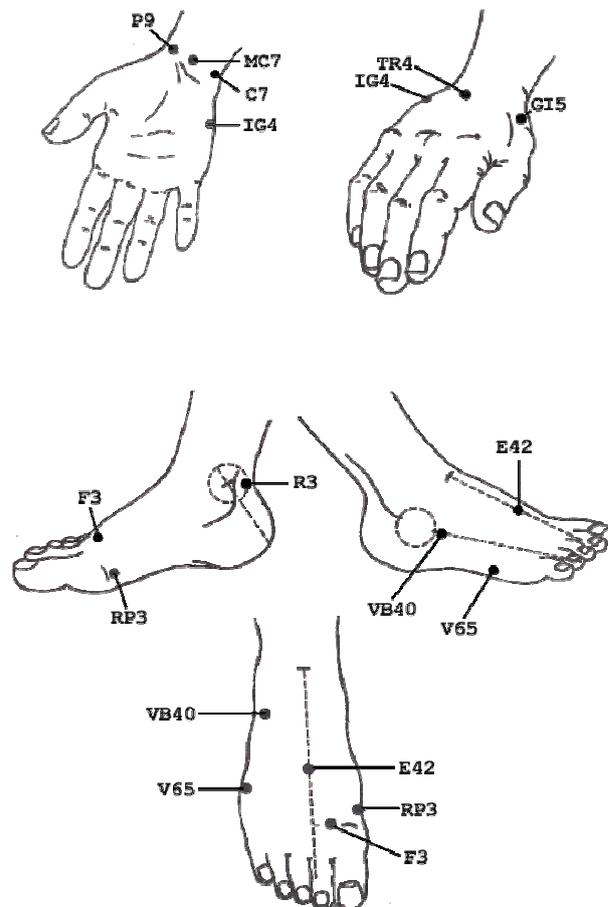


Рис. 3. Расположение репрезентативных точек, предложенных Накатани

4. Таким образом, в работе системы необходимо организовать 2 фазы:

1) исследовательская (фаза накопления статистического материала, фаза калибровки системы, фаза обучения);

2) собственно диагностическая фаза.

Для второй, диагностической фазы работы, для того чтобы сделать ее более короткой и эффективной, необходимо выделить из накопленных в первой фазе работы данных наиболее полезную информацию в виде усеченных наборов входных переменных (изменяемых параметров в точках), дающих наиболее верный диагноз или числовое представление оцениваемого состояния.

Расположение репрезентативных точек и их связь с основными меридианами

Нумерация по Накатани	Традиционное обозначение	Название	Локализация	Меридианы	Органы
H1	P9	тай-юань	на ладонной стороне руки между 1-й и 2-й запястными складками сразу за сухожилием разгибателя большого пальца (1-й фаланги)	I	Легкие
H2	MC7	да-лин	на ладонной стороне руки между запястными складками точно в середине	IX	Кровеносные сосуды, перикард
H3	C7	шэнь-мэнь	на ладонной стороне между запястными складками на линии ребра ладони у основания бугорка сразу за крайним сухожилием	V	Сердце
H4	IG4	вань-гу	на тыльной стороне руки на 2,5 см от вершины шиповидного отростка локтевой кости в сторону мизинца под сухожилием	VI	Тонкая кишка
H5	TR4	ян-чи	рядом с IG на 2,5 см ближе к середине запястья и на 5 мм дальше от пальцев сразу за сухожилием общего разгибателя пальцев со стороны точки IG	X	Лимфатические сосуды
H6	GI5	ян-си	на линии ногтя отставленного в сторону большого пальца в ямке, между сухожилиями разгибателя большого пальца, хорошо заметной при растопыривании пальцев	II	Толстый кишечник
F1	RP3	тай-бай	на продолжении боковой наружной линии большого пальца ноги во впадине за головкой 1-й плюсневой кости	IV	Селезенка
F2	F3	тай-чун	на линии промежутка между 1-м и 2-м пальцами, на 2,5 см к пальцам от возвышения в середине подъема, в ямке между 1-й и 2-й плюсневыми костями	XII	Печень (репродуктивные органы)
F3	R3	тай-си	на линии между вершиной внутренней лодыжки и пяткой, у основания выпуклости лодыжки со стороны пятки	VIII	Почки, надпочечники
F4	V65	шу-гу	на продолжении боковой наружной линии мизинца сразу за головкой 5-й плюсневой кости на границе подушечки во впадине	VII	Мочевой пузырь
F5	VB40	цю-суй	у основания возвышения наружной лодыжки со стороны 4-го пальца на линии между вершиной наружной лодыжки и промежутком между 4-м и 5-м пальцами	XI	Желчный пузырь
F6	E42	чун-ян	пульсирующая точка, расположенная в выемке связки разгибающей мышцы на линии, идущей от промежутка между 2-м и 3-м пальцами ноги вверх по подъему, вблизи середины подъема	III	Желудок

5. Критерием информативности выделяемых комбинаций входных переменных может являться среднестатистическая ошибка диагноза (числовой оценки) состояния организма. Если возможные состояния описываются совокупностью классов, то такой ошибкой является средняя ошибка определения вероятности принадлежности входной комбинации переменных определенному классу (ошибка классификации).

Если же состояние организма может оцениваться непрерывной числовой переменной,

то ошибкой является средняя ошибка аппроксимации неизвестной функции входных переменных. Чем меньше ошибка, тем выше информативность комбинации.

6. Наиболее удобным механизмом реализации классификации (или аппроксимации функций многих переменных) являются обучаемые искусственные нейросети (ИНС) [5]. Другим альтернативным решением может быть, например, представление оцениваемого состояния в виде какой-либо специальной функции от входных переменных с перена-

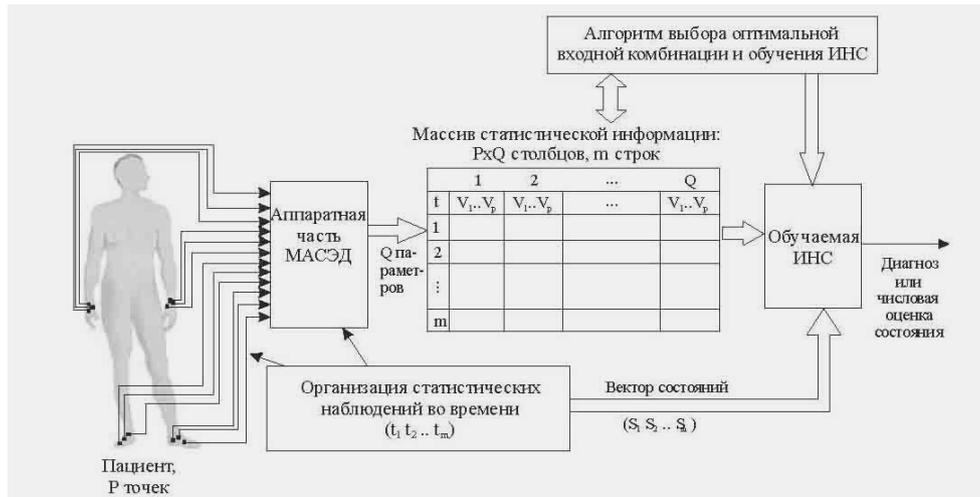


Рис. 4. Схема организации исследовательской фазы работы МАСЭД

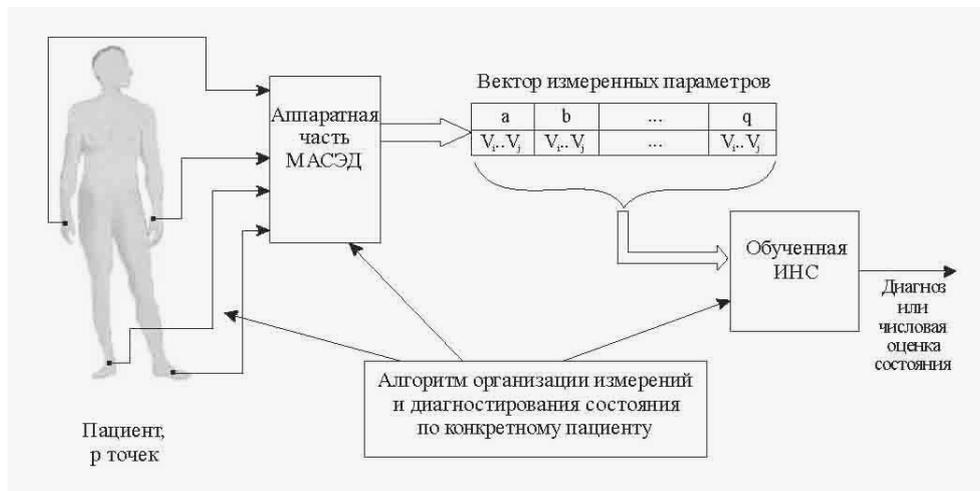


Рис. 5. Схема организации диагностической фазы работы МАСЭД

страиваемыми коэффициентами. Подбор коэффициентов может осуществляться, например, методом наименьших квадратов. Последнее решение явно проигрывает варианту с ИНС в смысле его гибкости, универсальности и эффективности.

7. Для решения комбинаторной задачи определения наиболее информативной совокупности входных переменных при обучении ИНС наиболее эффективным является использование генетических алгоритмов (ГА) [6]. ГА имеют серьезные преимущества по сравнению с другими альтернативными вариантами поиска оптимальной комбинации входных переменных.

На рис. 4, 5 схематично представлена организация обеих фаз работы системы МАСЭД. Остановимся на ней более подробно.

ПРЕДЛАГАЕМАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ДИАГНОСТИКИ

На основании сформулированных выше положений была предложена следующая схема организации электропунктурных измерений и диагностики с применением системы МАСЭД.

1. *Исследовательская фаза. Сбор статистической информации.*

Пациент в течение достаточно длительного периода (обычно от 1 месяца и более — длительность зависит от целей диагностики) подвергается регулярным и систематическим измерениям избыточного набора электрических параметров (напряжение холостого хода в точке; ток короткого замыкания; сопротивления БАТ при постоянной вводимой мощности воздействия различной полярности; параметры отклика точки после воздействия заданной мощностью положительной и отрица-

тельной полярности: сюда включены, в частности, амплитуда выброса тока отклика и постоянная времени переходного процесса). Этот набор параметров измеряется для каждой из упомянутых 24 точек. Благодаря автоматизации процесса сбора этой информации процедура измерения не является очень длительной — обычно от 2 до 5 минут. Весьма желательно повторять эту процедуру несколько раз в течение дня для того, чтобы потом можно было учесть влияние суточных биологических циклов.

В процессе каждого измерения фиксируется и оцениваемое состояние организма или органа. Это делается с помощью объективных средств контроля — тестов, анализов, ЭКГ, томографии и др. Также в качестве вспомогательной информации записываются субъективные ощущения пациента.

Конечно, накапливаемая таким образом статистическая выборка должна содержать не только информацию о нормальных состояниях, но и достаточное количество наблюдений об отклонениях от нормы. Такие отклонения могут создаваться как естественным, так и искусственным путем. Например, для накопления выборки с целью диагностики мышечной усталости у спортсменов могут использоваться усталостные состояния как естественно возникающие, например, в процессе соревнований, так и искусственно задаваемые в безопасных пределах на тренировках. Как показала практика, удовлетворительные результаты диагностики получаются, если статистическая выборка содержит не менее 120 наблюдений, из них порядка 30% должны относиться к состояниям, соответствующим отклонениям от нормы (патологическим состояниям).

2. Выбор наиболее информативной совокупности измеряемых величин.

Это наиболее критичный процесс в алгоритмической организации системы. На этом этапе весьма полезно применение элементов искусственного интеллекта — искусственных нейронных сетей и генетических алгоритмов.

Для выбора наиболее информативной совокупности измеряемых параметров и наиболее информативных точек (в смысле диагностики интересующего патологического состояния) используется механизм, заложенный в прикладном пакете *Statistica Neural Networks* фирмы *StatSoft*, в котором используется генетический алгоритм отбора входных данных с испытанием комбинаций входных перемен-

ных на специальных быстрообучаемых нейросетях [7]. Он заключается в следующем.

Для каждого измеряемого параметра формируется таблица его наблюдений по 24 точкам. Наличие или отсутствие измерений в точке обозначается соответственно 0 или 1. Таким образом, комбинации входных переменных описываются так называемыми хромосомами (рис. 6).

Индексы L и R в обозначениях точек H1-H6, F1-F6 (перечисленных в табл. 1) обозначают «левая», «правая», а H и F («Hand», «Foot») — расположение на руке или ноге соответственно. Генетический алгоритм работает с популяциями таких хромосом, находя в итоге хромосому с наиболее выгодной комбинацией используемых переменных (с наибольшим значением функции пригодности). В качестве функции пригодности используется величина, обратная средней ошибке обучения ИНС на всех наблюдениях, причем в качестве «учителя» при обучении используются значения объективно оцененного диагностируемого состояния.

Поскольку скорость обучения ИНС на этом этапе работы является весьма критичным параметром, то для оценки комбинаций используются быстрообучаемые ИНС типа GRNN или PNN [7]. Первый тип используется в случае, если оцениваемое состояние можно описать с помощью числовой функции, второй — если оцениваемое состояние может быть отнесено к одному из нескольких предопределенных классов.

В алгоритм отбора наиболее информативной комбинации входных переменных авторы внесли усовершенствования, связанные, в частности, с ограничением количества используемых точек и учетом их априорных информационных весовых коэффициентов. Например, при одинаковом значении функции пригодности двух хромосом предпочтение будет отдано той, где задействовано меньше точек с индексом F («ножных»), по тем простым соображениям, что более доступны те точки, которые расположены на руках.

В итоге по каждому параметру (их может быть 6–12) получаются комбинации, в которые входят обычно от 1 до 5 точек. Они, в свою очередь, сравниваются между собой. Выбираются 1–3 параметра по тому же критерию наименьшей ошибки обучения.

Определенный таким образом усеченный набор входных переменных запоминается и используется в дальнейшем для текущих измерений.

H1L	H2L	H3L	H4L	H5L	H6L	H1R	H2R	H3R	H4R	H5R	H6R	F1L	F2L	F3L	F4L	F5L	F6L	F1R	F2R	F3R	F4R	F5R	F6R
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0

Рис. 6. Хромосома — комбинация входных переменных

3. Выбор парадигмы и структуры ИНС.

Определенное на предыдущем этапе количество входных переменных фактически задает количество входных элементов ИНС. Количество выходных нейронов определяется исходя из задачи диагностики: если диагностируемый параметр описывается числовой функцией, то достаточно одного выходного нейрона. Если диагностируемый параметр описывается совокупностью классов, то, если число классов равно 2, количество выходных нейронов выбирается равным одному, а если число классов больше двух, то количество выходных нейронов обычно выбирается равным этому числу классов.

Выбор парадигмы осуществляется между двумя вариантами: многослойный перцептрон (MLP) или сеть на основе радиальных базисных функций (RBF). Для каждой из них выбирается оптимальная структура из разных вариантов, отличающихся количеством нейронов в скрытых слоях. Для этих целей удобно использовать так называемый автоматический конструктор сети [7] — подпрограмму, подбирающую ИНС по критерию минимальной ошибки обучения и из лучших вариантов выбирающую более простую по структуре сеть.

Окончательно выбранный вариант сети обучается на исходном наборе наблюдений с усеченным на 2-м этапе количеством точек и измеряемых параметров. При обучении на этом этапе (как и на всех предыдущих) используется разбиение исходной выборки на две: собственно обучающую и контрольную. Контрольная выборка (30–50% от исходной) нужна для периодического контроля результатов и предотвращения явления переобучения сети, т.е. для сохранения обобщающих свойств сети.

Подчеркнем, что обучение ИНС относится именно к конкретному пациенту, поэтому для каждого пациента в базе данных хранятся, кроме статистической информации, и параметры обученной сети.

4. Собственно диагностическая фаза работы.

На этом этапе с помощью МАСЭД производится экспрессное измерение выбранных электрических параметров в выбранных точ-

ках. Обученная ИНС практически мгновенно выдает результат диагностики.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ДИАГНОСТИКИ ОБЩЕФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА

В качестве примера использования описанной выше схемы обучения системы и диагностики приведем результаты экспериментов, целью которых было выяснение возможности применения электропунктурных измерений для экспресс-диагностики такого интегрального показателя физического состояния организма, как максимальное потребление кислорода (МПК). МПК давно используется как один из самых объективных показателей физического здоровья человека [8]. В частности, он используется тренерами для прогнозирования результатов спортсменов и планирования физических нагрузок. Прямое измерение МПК довольно трудоемко, поэтому прибегают к косвенным оценкам МПК с помощью специальных тестов или измерению сильно коррелирующих с ним параметров. Наиболее популярен тест PWC170 [9, 10], суть которого заключается в том, что определяется мощность выполнения испытуемым тестового упражнения, при которой достигается предельная для данного испытуемого частота сердечных сокращений (ЧСС). Таким образом, чем выше показатель PWC170, тем выше физические возможности человека и его работоспособность. Конечно, здесь необходим учет индивидуальных особенностей организма и знание нормы для конкретного индивида, для чего также необходимы статистические наблюдения.

В экспериментах использовалась стандартная методика определения PWC170, когда в качестве тестового упражнения выполняются периодические подъемы на ступеньку стандартной высоты (30 см) по сигналам метронома, задающего мощность выполнения упражнения. ЧСС регистрировалась с помощью пульсомера POLAR RS200 с нагрудным датчиком пульса и наручным дисплеем. Значения ЧСС, измеренные для двух разных мощностей выполнения упражнения, наряду с антропометрическими данными использо-

	H1_L	H2_L	H3_L	H4_L	F4_R	F5_R	F6_R	PWC170	TIME
01		-145	-135	-180	-145	-205	-225	998	MORNING
02		-175	-98	-100	-89	-154	-175	1038	AFTERNOON
03		-80	-118	-156	-35	-189	-184	1040	EVENING
04		-120	-110	-186	15	-185	-251	1002	MORNING
05		-122	-117	-156	-56	-155	-175	1042	AFTERNOON
06		-112	-154	-168	-169	-167	-144	1044	EVENING
07		-180	-185	-145	-155	-156	-146	1010	MORNING
08					151	-126	175	1035	AFTERNOON
09								1041	EVENING
10									MORNING

Рис. 7. Фрагмент заполнения статистической таблицы

Таблица 2

Результаты отбора наиболее информативных параметров и точек

Испытуемый	Средний показатель PWC170 (норма)	Выбранные параметры и точки	Относительная средне-квадратичная ошибка обучения ИНС (%)
1	955	R+: (H2_L, H2_R, H3_L, H3_R, F3_L, F3_R)	3,6
2	942	R+: (H2_L, H2_R, H3_R)	4,9
3	1035	R+: (H2_L, H2_R)	2,1
4	1080	R+: (H2_L, H2_R, H3_L, H3_R)	2,9
5	886	$\tau-$: (H2_R, H3_R, H5_R, F2_L, F5_L)	8,5

вались затем для расчета показателя PWC170. Вся процедура по времени занимала порядка 10 мин.

В ходе экспериментов в течение 6 недель производились электропунктурные измерения и определение показателя PWC170 у пяти испытуемых, имеющих разный уровень физической подготовки и состояния здоровья. Всего по каждому испытуемому было накоплено по 120 наблюдений, причем замеры проводились в разное время суток, что в статистических таблицах фиксировалось в специально отведенной колонке (рис. 7). Показатель PWC170 иногда имел пониженные значения вследствие различных причин (болезни, физического переутомления, недосыпания и т. д.).

После отбора по описанной выше методике наиболее информативных параметров и точек были получены следующие комбинации для разных испытуемых (табл. 2). В таблице: R+ – сопротивление точки при воздействии на нее импульсом заданной мощности положительной полярности; $\tau-$ – постоянная времени переходного процесса после воздействия импульсом заданной мощности отрицательной полярности. Обозначения точек по табл. 1: L – левая, R – правая конечность.

Анализ результатов позволяет заключить, что набор наиболее информативных параметров и точек для каждого испытуемого в общем случае индивидуален, хотя есть определенные доминирующие точки, которые при-

сутствуют в результирующем наборе практически у каждого испытуемого. Однако попытки удалить из выделенного системой набора «лишние» точки, оставив лишь те, которые есть у каждого (H2_L, H2_R), и переобучить сеть с таким усеченным набором приводили к резкому (в 2 и более раз) возрастанию ошибки обучения ИНС.

В качестве окончательной парадигмы ИНС выбиралась сеть RBF с 16 нейронами в скрытом слое, которая показала лучшие результаты по сравнению с другими вариантами. Задача обучения формулировалась как регрессионная задача – т. е. ИНС моделировала непрерывную монотонную функцию – зависимость показателя PWC170 от входных переменных.

В фазе собственно диагностирования состояния тех же испытуемых система показала надежное определение состояний с пониженным МПК, при которых показатель PWC170 снижен относительно нормы на 10–15% и более. Затраты времени на измерения выбранных системой параметров и выдачу диагностического результата составляют не более 1 мин., при этом испытуемый избавлен от выполнения трудоемких тестов.

ВЫВОДЫ

Результаты экспериментов, даже при ограниченном количестве испытуемых и небольших объемах выборок, позволяют заключить, что индивидуальный подход к накоплению

статистической информации по электропунктурным измерениям и использование элементов искусственного интеллекта для выделения полезной информации вполне оправданы.

Конечно, предлагаемый подход пригоден не для всех диагностических задач. Однако он с успехом может быть применен там, где:

1) для определения отличных от нормы состояний могут быть использованы доступные средства объективного контроля;

2) контингент испытуемых постоянен и можно накопить достаточную базу данных.

Возможные сферы применения системы — экспресс-контроль состояния спортсменов, операторов технологических установок, диспетчеров, водителей и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гусев, В. Г.** Измерительные операции и цепи в многофункциональной медицинской диагностической системе / В. Г. Гусев, Т. В. Мирина, А. Ю. Демин [и др.] // Медицинская техника. 2004. № 1. С. 16–19.
2. **Лупичев, Н. Л.** Электропунктурная диагностика, гомеопатия и феномен дальновидения / Н. Л. Лупичев. М. : Альфа-Эко, 1990.
3. Все о методе Риодораку [Электронный ресурс] (http://www.ryodoraku.ru/ryo_contents/Topografy_4.html).
4. **Степанов, А. М.** Активные точки тела и биоритмы / А. М. Степанов // Наука в СССР. № 4. 1984. С. 110–122.
5. **Круглов, В. В.** Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. М. : Горячая линия-Телеком, 2001. 382 с.
6. **Осовский, С.** Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. М. : Финансы и статистика, 2004. 344 с.
7. **Нейронные сети.** STATISTICA Neural Networks. М. : Горячая линия-Телеком, 2000. 130 с.
8. **Карпман, В. Л.** Исследование физической работоспособности у спортсменов / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. Д. Гудков. М. : Физкультура и спорт. 1971. 96 с.
9. **Здоровье.ru** [Электронный ресурс] (<http://www.zdorove.ru>).
10. **ТелоСтроительство** [Электронный ресурс] (<http://www.musculatura.narod.ru>).

ОБ АВТОРАХ



Дудов Олег Александрович, ст. преп. каф. информ.-измер. техн. Дипл. магистр техн. и технол. по приборостроению (УГАТУ, 2001). Иссл. в обл. медико-биол. техн., информ.-измерит. техн. и технол.



Фетисов Владимир Станиславович, проф. каф. информ.-измерит. техн. Дипл. инж.-элект. (УАИ, 1986). Д-р техн. наук по элем. и устройствам выч. техн. и систем управления (УГАТУ, 2005). Иссл. в обл. измерит. систем.