

Methods of implementation. Comparison display cluster structure of distilled water to the effects and after effects of ultrasound specified time intervals and assessment of the impact for each time interval the structure of water, helping to fulfill the purpose of the study.

Research results. Obtain the relative volume clusters within the studied size to determine the degree of influence of ultrasound for each of the selected time intervals.

Conclusions. Intervals determined by the degree of influence of therapeutic ultrasound intensities to cluster structure of distilled water. What pursuant gives an idea of the degree of influence of ultrasound on biological tissue during the procedure ultrasound therapy, depending on the duration of the procedure. Defined intervals certain degree of influence can be used to develop methods in physiotherapy ultrasound treatment.

Key words: ultrasound, optical heterogeneity, cluster structure, distilled water.

*Надійшла до редакції
11 січня 2016 року*

*Рецензовано
22 лютого 2016 року*

© Терещенко М. Ф., Кравченко А. Ю., Чухраєв М. В., Курлянцева А. Ю., 2016

УДК 612.171.1+004.852

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМЫ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ИХ РАСПОЗНАВАНИИ

Шачиков А. Д., Шуляк А. П.

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина

E-mail: light.ash1@gmail.com, shulyak.alex@mail.ru

Отбор информативных признаков в составе портретов медико-биологических сигналов направлен на повышение вероятности правильных решений диагностической системы.

Цель работы – раскрытие особенностей использования характеристик формы сигналов при совершенствовании инструментария анализа априорных данных.

Рассматривается зависимость состава информативных признаков в портретах сигналов от альтернативных образов, различимость образов в конкретных парах, локализация информативных отсчётов, комплексирование разнородных портретов.

Представленный вариант анализа указанных особенностей представлен впервые. Дальнейшие разработки целесообразно направить на оценку эффективности комплексирования разнородных признаков в распознаваемых образах.

Ключевые слова: *медико-биологические сигналы, анализ структуры, распознавание, обучение с учителем.*

Введение

Развитие специализированных технических средств обследования пациентов, а также информационных технологий автоматизированной обработки данных привело к значительному возрастанию веса процедур анализа формы медико-биологических сигналов в реализуемых процессах медицинской диагностики [1, 2, 3].

Особую актуальность и значительные усилия в совершенствовании указанных процедур приобрели [1, 3, 4, 5] поиск наиболее информативных описаний формы сигналов, разработка эффективных процедур принятия решений при распознавании образов, медицинская интерпретация особен-

ностей, наблюдаемых при диагностике в процессах и характеристиках, накопление опыта решения указанных вопросов, отбор и систематизация необходимых априорных данных.

При богатом разнообразии описаний для сигналов, применяемых в медицинской практике [1, 3, 4, 5], одним из главных вопросов, остающихся до сих пор открытым, является общая математическая систематизация описаний наблюдаемых процессов, а вместе с этим, – систематизация используемых базисов для их разложения, параметров и характеристик формы, критериев их сравнительной оценки и т. п.

В связи с этим значительные резервы в повышении достоверности диагнозов пациентам могут содержаться в целесообразном выборе описательных категорий для формы сигналов, получаемых средствами диагностики, который может быть сделан на этапе обучения распознающих систем. Дополнительные возможности повышения чувствительности и специфичности распознающих процедур могут быть созданы благодаря определению рационального состава анализируемых портретов сигналов [7].

Данная работа выполнена в общем направлении совершенствования информационных технологий повышения информативности формируемых образов (портретов) медико-биологических сигналов и характеристик на основе общих схем анализа априорных данных в диагностических системах, обучающихся с учителем [1, 3, 4, 5]. Для построения портретов сигналов используются специальные характеристики их формы [7]. Целью нашей работы является раскрытие особенностей использования подобных характеристик при разработке, совершенствовании и использовании инструментария анализа априорных данных о медико-биологических сигналах в целях обучения распознающих систем.

Для демонстрации этих особенностей, а также возможностей повышения вероятности правильного распознавания образов за счёт отбора информативных признаков в состав рассматриваемых портретов была использована тестовая задача распознавания типов QRS-комплексов в электрокардиограмме конкретного пациента. С учётом комментариев к типам комплексов в анализируемой записи, в исследованиях она играла роль обучающей выборки. Рассматриваемые особенности отмечены в тексте соответствующими заголовками.

Состав информативных признаков в портретах сигналов и результативность их отбора в зависимости от альтернативных образов при их совместном распознавании

Использование характеристики формы сигналов при формировании их портретов, а также отбор наиболее информативных её отсчётов часто приводит к повышению качества распознавания образов [7]. В то же время, при реализации такого подхода требует учёта существенной особенности, состоящей в том, что осуществляемый выбор рационального состава признаков в портрете для сигналов конкретного типа не имеет абсолютного характера. Такой выбор должен и будет зависеть (при использовании предлагаемого инструментария анализа априорных данных) от типа противопоставляемых сигналов при их совместном рассмотрении в распознающей системе. В той же зависимости будет находиться и выигрыш в качестве решения задачи распознавания образов.

Подтверждающее такой факт исследование проводилось на тестовом примере распознавания типов QRS-комплексов электрокардиограммы, которые были представлены в обучающей выборке разновидностями N, A и V. Полученные результаты отражены на рис. 1 и действительно указывают на то, что при общей тенденции роста оцениваемой вероятности правильных решений для всех трёх пар типов распознаваемых комплексов (по мере исключения наименее информативных отсчётов) между ними отмечаются отличия в таких показателях – в оценках исходных вероятностей правильных решений для полного состава отсчётов, в характере их изменения по мере удаления менее информативных компонент, в целесообразном количестве отсчётов в образах, максимизирующем качество решения задачи, в достигаемом уровне этого качества.

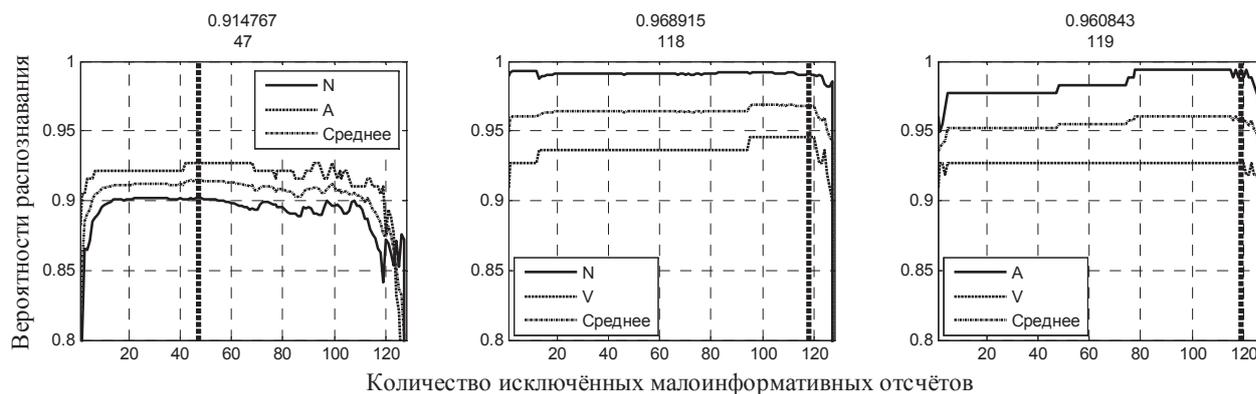


Рис. 1. Вероятности распознавания комплексов в зависимости от числа исключённых малоинформативных отсчётов характеристики их формы

Так, для N и A типов средняя исходная вероятность правильных решений составляет примерно 82%, для N и V типов – 95%, для A и V типов – около 94%. Разнятся целесообразные количества отброшенных отсчётов в портретах сигналов –

соответственно, 47, 118 и 119. Неодинаковы максимально достигаемые уровни средней вероятности правильных решений – 92%, 97% и 96% и возникающие за счет оптимизации состава портретов приращения таких вероятностей – 10%, 2% и 2%.

Последние показатели характеризуют вероятности и их изменения в среднем. Вместе с тем, при обучении распознающей системы нельзя не учитывать, что качество решения задачи распознавания образов в каждой конкретной паре типов комплексов для каждого из этих типов – разное. Действительно, в паре типов N и A начальные уровни вероятностей составляют <80% и 88%, максимальные уровни – 90% и 93%, соответственно, приращения - >10% и 5%. В то же время, рассмотренный тип N на фоне V типа характеризуется другими значениями тех же показателей – примерно 99% и 99%, с разницей в доли процента.

Тем не менее, в целом, предлагаемый инструментальный анализ априорных данных, представленных обучающей выборкой сигналов, позволяет конкретизировать все эти отличия и учесть их в дальнейшем при распознавании сигналов, поступающих после обучения.

Отдельный интерес представляют отличия в вероятностях правильного распознавания для разных типов сигналов, отмечаемые в каждой их рассмотренной паре. Такие отличия связаны с разной размытостью образов в каждом типе комплексов – на ансамбле их реализаций. Чем сильнее размыт образ, тем ниже указанная вероятность. Прослеживается этот факт с использованием соответствующих гистограммам распределения по вероятности различных значений сигналов для отсчётов характеристики их формы в каждом временном сечении в пределах окна их анализа.

Приведённые графики позволяют, кроме того, отметить, что уравнивать вероятности правильного распознавания сигналов разных типов, если это потребуется, удаётся при сравнительно низком уровне качества решения задачи. При этом различным будет количество элементов в портретах сигналов разных типов.

Представленные исследования выполнялись по общей схеме [7] с такой последовательностью операций. Вначале – оценка информативности признаков, рассматриваемых в портретах на данном шаге, затем – их ранжирования по этому признаку в порядке его убывания и, наконец, исключения наименее информативного отсчёта из состава портретов сигналов. Процедура применялась

последовательно, начиная с полного состава отсчётов в портретах и заканчивая одним отсчётом сигналов в нем. Оценивалось также качество распознавания образов на каждом таком шаге сокращения состава портретов [7].

На графиках представлены результаты, при получении которых поиск худшего по информативности отсчёта среди оставшихся осуществлялся по изменению вероятности правильных решений при исключении этого отсчёта из рассмотрения, для чего велся непосредственный подсчёт правильных и ошибочных решений на обучающей выборке до и после исключения каждого такого отсчёта.

Аналогичные исследования были проведены с использованием формальных критериев Кульбака [1] и α_z [7] при поиске наименее информативных признаков. Полученные результаты были близки по своему смыслу к предыдущим.

Таким образом, для любого из типов комплексов при их распознавании в паре с некоторым другим типом сигналов состав наиболее информативных отсчётов сигнала и выигрыш в повышении качества решения задачи за счёт исключения наименее информативных отсчётов находятся в зависимости от альтернативного типа комплексов. Для разных пар указанных типов различны оптимальный состав отсчётов сигнала и достигаемое качество распознавания их образов. Информативность отсчётов одного и того же типа сигналов меняется со сменой конкурирующего типа, в паре с которым происходит их распознавание.

Различимость распознаваемых образов для рассматриваемых пар типов сигналов

Представленный инструментальный анализ сигналов позволяет по статистическим данным установить де-факто уровень различимости альтернативных образов в рассматриваемых парах типов сигналов. Меньшая различимость образов в паре проявляет себя в меньших значениях вероятностей правильных решений. Таким образом, сопоставляя полученные представленным выше способом графики можно использовать для визуальной качественной оценки различимости образов (рис. 2).

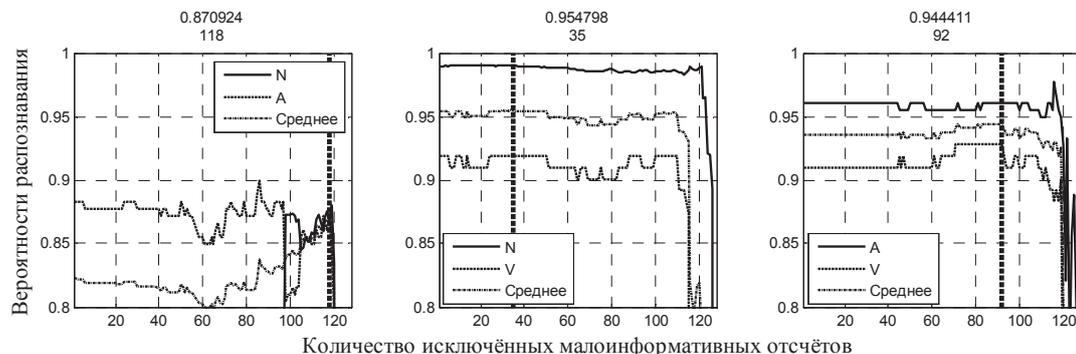


Рис. 2. Вероятности распознавания портретов комплексов как исходные данные для визуальной качественной оценки различимости образов

Оптимизация состава портретов в данном примере выполнялась с использованием критерия Кульбака.

Из графиков следует, что наименьшей различимостью характеризуются комплексы N и A типов. Более различимы в обучающих выборках A и V комплексы. Наибольшая различимость – для N и V типов сигналов. Полученные таким образом заключения не противоречат различимости статистически средних образов в указанных классах распознаваемых сигналов. Вместе с тем, в подобных оценках проявляет себя также и рассеяние сигналов относительно образцовых портретов на рассматриваемых выборках реализаций анализируемых процессов.

Таким образом, уместным может быть следующий критерий различимости типов портретов в распознаваемых парах сигналов, построенный на основе использования гистограмм распределения по вероятности для значений корреляционных интегралов, рассчитываемых при принятии решений по ходу обучения распознающей системы на обучающих выборках.

Таким критерием может быть формальный показатель различимости указанных гистограмм и в его качестве может выступать, например, все тот же критерий Кульбака или критерий α_z . Соответствующая программная процедура была введена в состав инструментария анализа сигналов. Показательность такого критерия отражена на рис. 3.

Приведённая иллюстрация отражает в количественном виде прежний результат, полученный качественно – наименьшей различимостью характеризуются комплексы N и A типов, более различимы типы в паре A и V, наибольшая различимость – у N и V типов сигналов. Это видно по приведённым на рисунке значениям критерия Кульбака (они отмечены снаружи над сторонами треугольника) и по значениям критерия α_z (вписаны внутрь треугольника).

Соотношения значений разных критериев в данном случае не противоречат друг другу. Длины сторон треугольника здесь выбраны условно, для обеспечения наглядности в выражении смысла предложенного критерия.

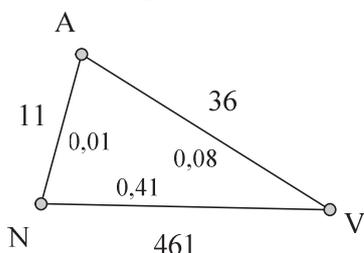


Рис. 3. Критерий различимости образов для пары типов распознаваемых сигналов

Для данной иллюстрации критерий был применён при полном составе признаков в портретах. Однако он может использоваться на каждом шаге

оптимизации их состава в соответствии с рассмотренным способом.

Локализация отсчётов характеристики формы сигналов в окне их наблюдения по результатам оптимизации состава распознаваемых портретов

Целесообразная локализация отсчётов характеристики формы сигналов в их портретах является одним из результатов обучения распознающей системы в плане оптимизации их состава для достижения наиболее высокого качества решения задачи. Последовательное отбрасывание наименее информативных отсчётов и остановка этого процесса по результатам контроля выбранного критерия качества приводит к получению дислокации оставленных для рассмотрения точек, которые в совокупности образуют рационально построенные портреты.

Далее будем рассматривать случай, в котором удаление малоинформативных отсчётов из конкурирующих образцов (эталонов) выполняется синхронно. Из портрета распознаваемого сигнала удаляются те же самые элементы, и решение принимается по большему значению корреляционного интеграла. Тогда для каждой пары распознаваемых образов будет иметь место своя, уникальная желаемая расстановка отсчётов в портретах. Это один из аспектов проявления особенности, отмеченной выше.

Для тестового примера распознавания типов QRS-комплексов электрокардиограммы подтверждающий результат представлен на рис. 4.

Отображённая здесь целесообразная локализация отсчётов в портретах сигналов, полученная при обработке априорных данных, имеет двоякую ценность. Во-первых, техническую, для фиксации конкретного желательного состава рассматриваемых портретов, с которыми будет оперировать распознающая система при принятии решений. Во-вторых, ценность информационную, медико-биологического содержания.

Полученная автоматически, формальным путём дислокация точек будет указывать на фрагменты сигналов, имеющие существенные отличия, характерные распознаваемым типам сигналов.

Совершенно закономерными в медицинском плане выглядят отметки, поставленные для N и A типов комплексов на P-зубцах, что соответствует определениям таких типов комплексов (второй случай соответствует сбою в работе сердца, положение P-зубца опережает требуемое) – [6]. Для V типа (экстрасистола), в отличие от типов N и A, характерно практически отсутствие R-зубца. На это также указывают отметки, сделанные разработанным инструментарием на полных образцовых портретах данных типов. Именно в этой области при просмотре фаз кардицикла сосредоточены значительные расхождения в портретах, конкурирующих при принятии решений.

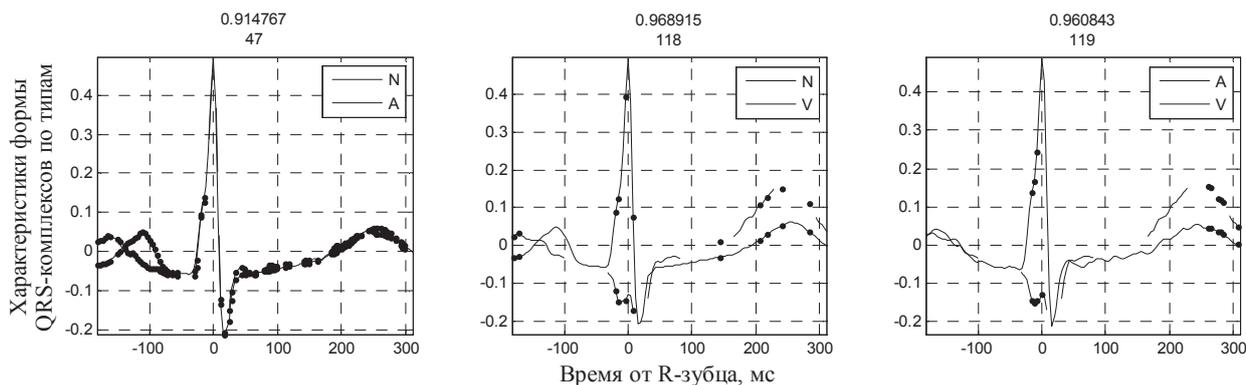


Рис. 4. Целесообразная локализация отсчётов характеристики формы сигналов для пар распознаваемых образцов

И не только – опыт, приобретённый системой при обучении, показал, что в парах N-V и A-V информационную ценность имеют также финальные части комплексов, правда, при использовании значительно меньшего количества отсчётов, чем в первом случае. По всей видимости, это связано с тем, что для первого варианта исходная различимость образов хуже, поэтому и точек в портретах требуется больше.

Рассмотренная особенность, в случае приближения вопроса распознавания образов непосредственно к постановке диагнозов, приобретает несколько иной, но не менее важный смысл. Если по образам, сформированным подобным способом, делается выбор одного из двух возможных диагнозов о заболеваниях, то указанная локализация будет отмечать в сопоставляемых сигналах дислокацию диагностически ценных признаков. Будут меняться конкурирующие версии решений – будет автоматически выстраиваться по формальным процедурам соответствующая система признаков.

Особенности приведения элементов в различных типах портретов сигналов к их выражению в терминах характеристики формы

Преимущества использования характеристики формы сигналов связаны с исключением отрицательного влияния на их портреты факторов сдвига и масштаба и с повышением, в связи с этим, вероятности правильных решений при распознавании образов. Порядок перехода от отсчётов сигналов к отсчётам характеристики их формы определён в [7].

Вместе с тем, при распознавании образов широко практикуется использование самых разнообразных типов портретов иной природы, нежели просто последовательности отсчётов сигналов на шкале времени. Это – разложения сигналов по разнообразным системам базисных функций, корреляционные матрицы, корреляционные функции, разнородные симптомокомплексы и т. п. [1, 2, 4]. Такие портреты, представляющие собой различные семейства признаков, также могут быть приведены с указанной целью к соответствующим характеристикам формы.

В работе исследовалось решение данного вопроса применительно к портретам в виде корреляционных матриц сигналов, а также в виде последовательностей отсчётов их корреляционных функций – с иллюстрацией для тестового примера распознавания типов QRS-комплексов электрокардиограммы. Указанные портреты при выражении элементов в терминах характеристики формы имеют некоторые особенности, смысл которых состоит в следующем.

Преобразование матричных портретов удобно осуществлять согласованно с получением из них корреляционных функций [5]. Действительно, пусть имеется матричный портрет эталонного образа для класса сигналов (рис. 5), построенный из характеристики формы этого эталона. Тогда суммированием элементов главной диагонали этой матрицы и по параллельным ей линиям (на них верхние индексы элементов матрицы имеют одинаковые значения) можно собрать [5] отсчёты корреляционной функции $\rho(k), k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, (N-1)$.

В ином виде:

$$r(0) = \rho(0), \quad r(\ell) = \frac{1}{2} \cdot [\rho(-\ell) + \rho(+\ell)],$$

$$\ell = 0, 1, 2, \dots, (N-1).$$

$y_{\mu\nu} = S_{\mu} \cdot S_{\nu}$		ЭТАЛОН			
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Э Т А Л О Н	S ₁	$y_{11}^{(0)}$	$y_{12}^{(+1)}$	$y_{13}^{(+2)}$	$y_{14}^{(+3)}$
	S ₂	$y_{21}^{(-1)}$	$y_{22}^{(0)}$	$y_{23}^{(+1)}$	$y_{24}^{(+2)}$
	S ₃	$y_{31}^{(-2)}$	$y_{32}^{(-1)}$	$y_{33}^{(0)}$	$y_{34}^{(+1)}$
	S ₄	$y_{41}^{(-3)}$	$y_{42}^{(-2)}$	$y_{43}^{(-1)}$	$y_{44}^{(0)}$

Рис. 5. Формирование матричного портрета из последовательности отсчётов характеристики формы сигнала

Таким образом, построение матрицы можно рассматривать как этап в получении корреляционной функции сигнала. Отсюда следует, что переход к характеристике формы в матрице имеет смысл делать согласованно с переходом к характе-

ристикі форми для послідовності отсчетов кореляційної функції.

Последний выполняется обычным путём как для послідовності отсчетов сигнала на оси времени. И, если $\rho_n(k) = \rho(k) / (\sum \rho^2(k))^{1/2}$ – элементы характеристики формы кореляционной функции, то вначале элементы матрицы приводятся соответствующим образом к нулевой составляющей, а затем производится их масштабирование по формуле $y_n(k)_{**} = y(k)_{**} \cdot (\rho_n(k) / \rho(k))$, где значения индексов соответствуют на матрице

её главной диагонали и параллельным ей линиям. В этом случае сумма квадратов элементов получаемой матрицы в целом равна единице, что и требуется от используемой характеристики формы. Ниже представлены в использованном выше формате (рис. 6) результаты тестовых расчётов для матричных портретов размера 64x64 по парам типов комплексов, а также результаты (рис. 7) локализации существенных элементов в матрицах.

Данные тестов при использовании корреляционных функций сигналов в качестве их портретов показаны на рис. 8, 9.



Рис. 6. Вероятности распознавания комплексов в зависимости от числа исключённых малоинформативных отсчетов при использовании матричных портретов сигналов

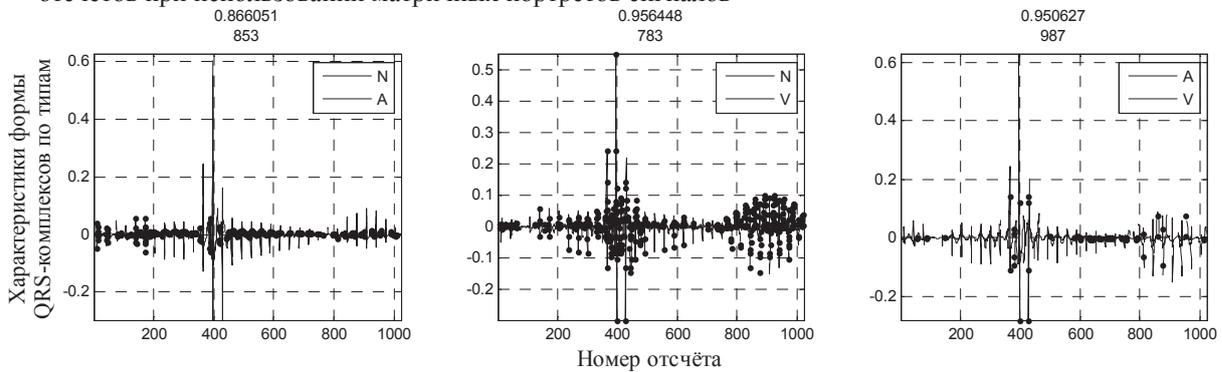


Рис. 7. Локализация информативных элементов в матричных портретах сигналов для пар распознаваемых образов

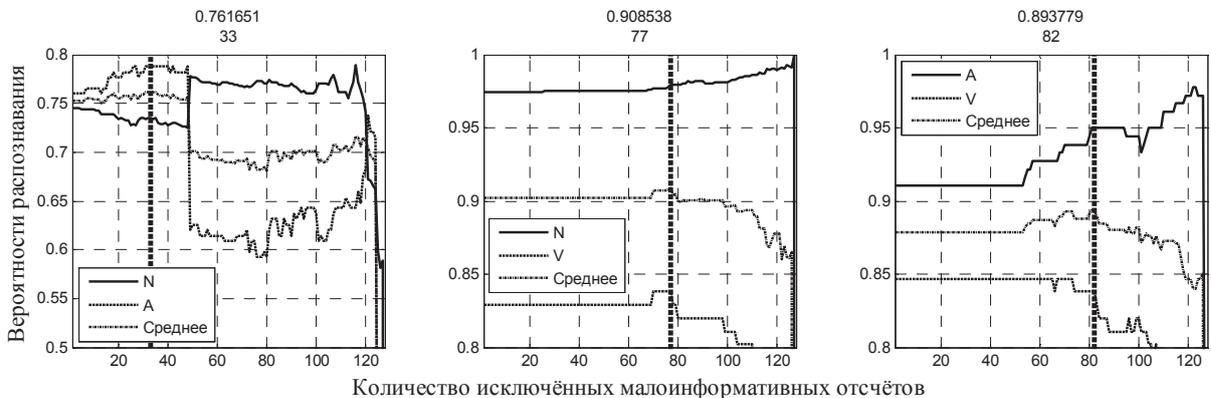


Рис. 8. Вероятности распознавания комплексов в зависимости от числа исключённых отсчетов для портретов в виде корреляционных функций сигналов

При отборе элементов портретов рассмотренных типов по информативности в том и другом случаях использовался критерий Кульбака разности гистограм распределения значений элементов портретов, полученных на обучающей выборке. В целом, указанные портреты могут иметь

высокую информативность, допускают селекцию наиболее информативных признаков в соответствии с рассмотренным выше подходом и могут обеспечивать, таким образом, повышение качества распознавания сигналов.

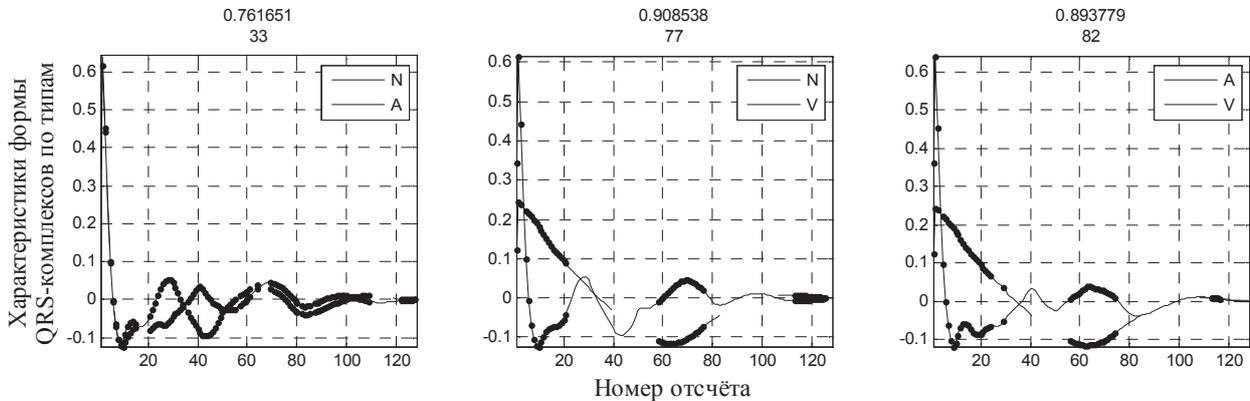


Рис. 9. Локализация информативных элементов в портретах в виде корреляционных функций сигналов

Вариант комплексирования разнородных портретов сигналов в единые образы

В условиях разнообразия разнородных портретов очевидной является актуальность их комплексирования с целью достижения более высокого качества распознавания образов. Вариант решения этого вопроса для тестовой задачи отражён на рис. 10, 11.

Для иллюстрации был взят пример комплексирования сокращённого матричного портрета и портрета в виде корреляционной функции. Раздельная работа с этими же самыми портретами представлена выше. Отражённые на рисунках результаты подтверждают возможность повышения качества распознавания образов сигналов.

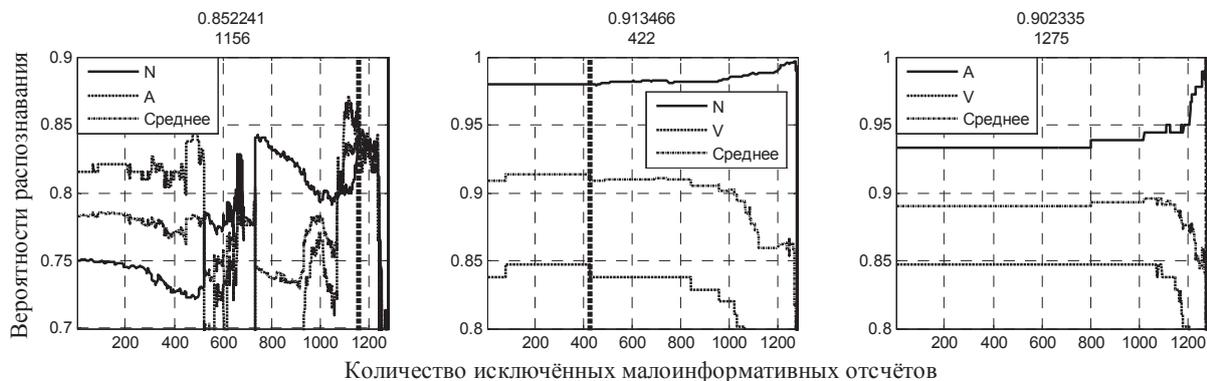


Рис. 10. Результаты комплексирования портретов сигналов по качеству распознавания образов

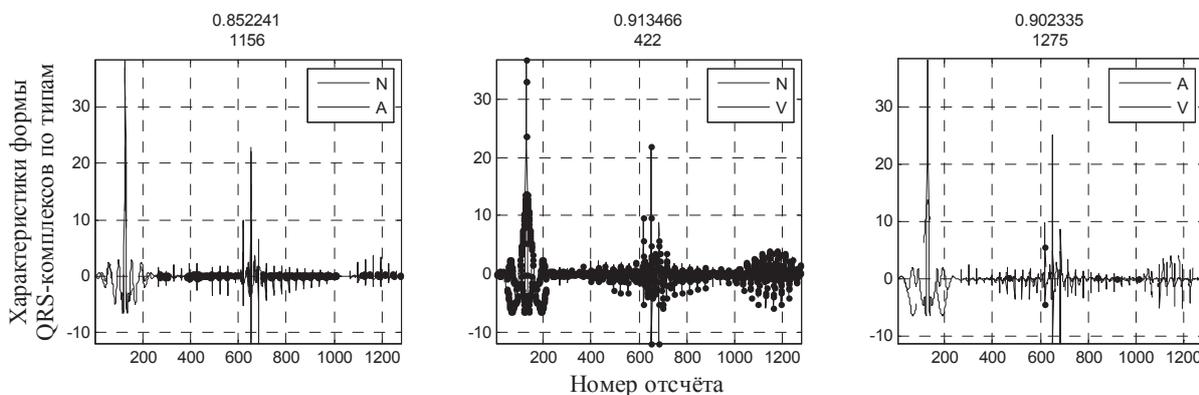


Рис. 11. Результаты комплексирования портретов сигналов с определением дислокации в них информативных элементов

Основу комплексирования признаков разнородных портретов для рассмотренного варианта анализа сигналов образует рассмотренный выше подход к отбору информативных признаков применительно к общему списку, составленному из элементов комплексируемых портретов. Особенность реализации подхода в данном случае состоит в дополнительном нормировании подгрупп комплексируемых признаков: общая энергия для полного списка элементов распределяется пропорционально их количеству в подгруппах.

Выводы

В процессе исследования особенностей использования характеристики формы медико-биологических сигналов при их распознавании в целях диагностики пациентов были получены следующие основные результаты.

1. Раскрыто содержание ключевых элементов подхода к накоплению опыта повышения эффективности анализа медико-биологических сигналов за счёт повышения информативности формируемых образов в системах диагностики пациентов по итогам работы с сигналами обучающих выборок.

2. Раскрыты особенности приведения элементов различных типов портретов распознаваемых сигналов к их выражению в терминах характеристики формы.

3. Предложен вариант комплексирования разнородных портретов сигналов в единые образы, отбора из состава комплексных портретов наиболее информативных признаков и оценки результативности повышения качества распознавания образов на этой основе.

4. Предложен числовой показатель информативности для различных типов портретов сигналов, основанный на использовании статистических данных распознавания образов на обучающих выборках.

Локализация информативных признаков в портретах сигналов, определяемая для диагностической системы, вскрывается рассмотренным в работе способом формально в процессе анализа априорных данных, отражает дислокацию характерных особенностей в наблюдаемых процессах, обеспечивая тем самым различимость образов и

фиксацию диагностически значимых медицинских изменений в сигналах адаптивно к диагностируемым заболеваниям пациента.

Дальнейшие разработки целесообразно направить на оценку эффективности комплексирования разнородных признаков в распознаваемых образах.

Литература

1. Генкин, А. А. Новая информационная технология анализа медицинских данных (программный комплекс ОМИС) / А. А. Генкин. – СПб.: Политехника, 1999. – 191 с.: ил.
2. Дюк В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях [Текст] / В. Дюк, В. Эммануэль. – СПб.: Питер, 2003. – С. 312 - 333.
3. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных [Текст] / М. Ю. Антомонов. – М.: Наука, 2005. – 558 с.
4. Васильев В. И. Распознающие системы. Справочник. / В. И. Васильев. – К.: Наукова Думка, 1983. – 421 с.: ил.
5. Мінцер О. П. Інформаційні технології в охороні здоров'я і практичній медицині: У 10 кн. Кн. 5. Оброблення клінічних і експериментальних даних у медицині: навч. посіб. / О. П. Мінцер, Ю. В. Вороненко, В. В. Власов. – К.: Вища школа, 2003. – 350 с.: ил.
6. This database was contributed by the St. Petersburg Institute of Cardiological Technics (Incart), St. Petersburg, Russia and is available through PhysioNet: Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation* 101(23):e215-e220 [Circulation Electronic Pages; <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215>]; 2000 (June 13).
7. Шуляк А. П. Отработка принципов анализа структуры циклических медико-биологических сигналов для их обнаружения, распознавания и классификации / А. П. Шуляк, А. Д. Шачиков // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2015. – № 49(1). – С. 261 – 271.

УДК 612.171.1+004.852

А. Д. Шачиков, О. П. Шуляк

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМИ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ЇХ РОЗПІЗНАВАННІ

Відбір информативних ознак в складі портретів медико-біологічних сигналів спрямований на підвищення ймовірності правильних рішень діагностичної системи.

Метою даної роботи є розкриття особливостей використання подібних характеристик при розробці, вдосконаленні та використанні інструментарію аналізу априорних даних про медико-біологічні сигнали з метою навчання систем розпізнавання.

Розглядається залежність складу та результативності відбору інформативних ознак в портретах сигналів від альтернативних образів, розрізненість образів в конкретних парах, локалізація інформативних відліків характеристики форми сигналів, комплексування різнорідних портретів медико-біологічних сигналів. Представлений варіант аналізу особливостей використання характеристики форми медико-біологічних сигналів при їх розпізнаванні раніше не розглядався. Подальші розробки доцільно направити на оцінку ефективності комплексування різнорідних ознак у образах, що розпізнаються.

Ключові слова: медико-біологічні сигнали, аналіз структури, розпізнавання, навчання з учителем.

A. D. Shachykov, A. P. Shulyak

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

FEATURES OF THE USE OF THE FORM CHARACTERISTICS OF BIOMEDICAL SIGNALS DURING THEIR RECOGNITION

Selection of informative features as part of portraits of biomedical signals is directed to increase the probability of correct decisions of diagnostic system during their recognition. The selection is based on the accounting of features' influence in the signals' portraits on the quality of task solution. The impact is estimated on the training samples. The system is trained with the teacher.

The aim of this work is to reveal the features of the use of such characteristics in the design, development and usage of tools for the analysis of a priori data of biomedical signals for recognition systems training.

We consider the dependence of performance and feature selection in signals' portraits from alternative images, fragmentation of images in specific pairs, localization of informative samples in form characteristics, combining of heterogeneous portraits of biomedical signals.

The presented version of the analysis of these features is presented for the first time. Further development is expedient to direct the evaluation of the effectiveness of combining of heterogeneous features in recognizable images.

Keywords: biomedical signals, structure analysis, recognition, supervised learning.

Надійшла до редакції 17 лютого 2016 року

Рецензовано 03 березня 2016 року

© Шачиков А. Д., Шуляк А. П., 2016

УДК 615.84

СПОСІБ АДАПТИВНОЇ МАГНІТОТЕРАПІЇ

Рудик В. Ю., Терещенко М. Ф., Рудик Т. О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: rudikval88@mail.ru

Практична реалізація адаптивного керування в магнітотерапевтичних апаратах набуває актуального значення на сучасному етапі розвитку магнітотерапії. Запропоновано структурну схему способу адаптивної імпульсної магнітотерапії та алгоритм адаптивного керування сигналом зворотного зв'язку під час процедури магнітотерапії. Зворотний зв'язок в магнітотерапевтичному комплексі реалізується внаслідок контролю магнітної індукції та аналізу фізіологічних показників (температури, пульсу, артеріального тиску, сатурації) людини. Проведено порівняльний аналіз лікувальної ефективності запропонованого способу адаптивної імпульсної магнітотерапії та промислових магнітотерапевтичних апаратів, який показує переваги використання адаптивного зворотного зв'язку.

Ключові слова: адаптивне керування, магнітотерапія, магнітотерапевтичний апарат, лікувальна ефективність.

Вступ. Постановка проблеми

При створенні сучасних магнітотерапевтичних апаратів (МТА) актуального значення набуває реалізація принципу адаптивного керування із за-

стосуванням безперервної оцінки стану пацієнта протягом лікувального сеансу та пошуком оптимальних параметрів впливу [1]. Рішення задачі адаптивного керування біотропними параметрами