

Академия наук Украины
Институт кибернетики имени В. М. Глушкова

На правах рукописи

АЛЬ-КХУРИ Талал

УДК 681.325:615.4 1

**ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ,
РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ
И СРЕДСТВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(на примере экспресс-диагностики сосудистого русла)**

05.13.16 — применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев 1994



00757012 (М)

Диссертация

Работа выполнена в области геометрии и
машинной графики Винницкого политехнического института.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
КОЖЕМЯКО Владимир Прокофьевич.

Оценочные оппоненты: доктор технических наук, профессор
ПАРАСЮК Иван Николаевич,
кандидат технических наук, доцент
ЯВОРСКИЙ Богдан Иванович.

Ведущая организация: Институт прикладных проблем меха-
ники и математики АН Украины,
г. Львов.

Защита состоится «14» июня 1994 г. в 14.00
часов на заседании специализированного ученого совета
К 016.45.05 при Институте кибернетики имени В. М. Глушко-
ва АН Украины по адресу:
252605 Киев ГСП 22, проспект Академика Глушкова, 40.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-техническом
архиве института.

Автореферат разослан «14» апреля 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Ревенко В. Л.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное развитие науки и практики связано с необходимостью эффективного сбора и своевременной переработкой больших массивов информации. Использование в медицинской практике средств вычислительной техники сдерживается по двум основным причинам — неразработанностью и слабой изученностью математических моделей функционирования организма и отсутствием развитых вычислительных методов диагностики пациентов.

Для изучения сосудистого русла пациентов используется реография — бескровный метод исследования — общего и локального кровообращения, основанный на регистрации колебаний сопротивления ткани организма переменному току высокой частоты. Существенным фактором, затрудняющим широкое применение реографии, является очень низкая степень автоматизации реографических исследований. В большинстве случаев используется ручной метод измерения, когда врач по записанной на бумажный носитель реографической кривой, используя, в основном, линейку, определяет нужные для диагностики параметры. Существующие автоматизированные системы обработки реограмм работают, в основном, в диалоговом режиме (так называемый режим "меню"), являясь полуавтоматическими. Кроме того, требуется высокая квалификация врачей для правильной интерпретации получаемых результатов. Только в случае нормальной формы реосигналов (т.е. при незначительных отклонениях в реограмме от идеальной) может быть реализован автоматический режим обработки.

Микроциркуляторная система играет роль связующего звена между сосудистой системой и тканями организма. Микрососудистое русло является местом, где в конечном счете реализуется транспортная функция сердечно-сосудистой системы и обеспечивается транскапиллярный обмен, создавая необходимый для жизни тканевой гомеостаз.

В работе предлагается анализ реограмм на уровне отдельных сосудов и оценку микроциркуляции на уровне сосудистого русла (артерии и вены) производить с позиций единой методики. Работа выполнялась в соответствии с Координационным планом МинВУЗа УССР "Роботи и робототехнічні системи на 1980-1990г.г.", утвержденный приказом N 1190 от 28.04.81 г., Государственной научно-технической программой "Высоконадежные способы преобразования автоматизации производства и научного эксперимента" на 1992-1996г.г. и Государственной программой "Здоровья людини" на 1992-1996 г.г.

Цель работы заключается в разработке и исследовании автоматических методов и средств анализа реографических и микроциркуляторных данных и создании аппаратно-программных средств экспресс-диагностики для оценки функционального состояния пациента (ФСП), обеспечивающ-

щих высокую точность и достоверность диагностики. Указанная цель обуславливает следующие задачи исследования :

1. Формализация процесса автоматического определения специфических точек на стандартной и дифференциальной реограммах.
2. Разработка алгоритма предварительной обработки реограмм.
3. Исследование возможности применения пирамидально - иерархического преобразования для создания универсальной методики анализа биомедицинских показателей на примере обработки реограмм для диагностики заболеваний сосудов (эндоартериита).
4. На основе частных методик оценки состояния бульбарной микроциркуляции глаза разработать обобщенную методику и создать программно-аппаратные средства экспресс-диагностики для реализации оперативной диспансеризации населения.
5. Разработка программно-аппаратных средств оценки ФСП.
6. Исследование особенности клинического применения разработанной аппаратуры и определение ее эффективности.

Методы исследований . Проведенные в работе исследования базируются на теории информации , математического анализа, теории множеств, теории алгоритмов, теории корреляционного анализа и дискретной математики, программирования и теории математического моделирования, теории электрических цепей.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основе пирамидально-иерархического преобразования разработана математическая модель и методика оценки состояния реограммы сосудов системы по результатам анализа всех точек реографической кривой, что обеспечивает раннюю и качественную автоматическую расшифровку биомедицинских показателей, в частности для диагностики эндоартериита, в более широком динамическом диапазоне.
2. Разработаны способ и обобщенная методика оценки состояния гемодинамики сердечно-сосудистой системы по результатам анализа бульбарной микроциркуляции конъюнктивы глаза и на ее основе разработаны вычислительные средства для оценки состояния здоровья человека.
3. Разработаны новые алгоритмы предварительной и пирамидально-иерархической обработки реограмм.
4. Проведен анализ перспективных областей клинического применения разработанных методик и на их основе программно-аппаратных средств, в частности для реализации многофункционального реографа.

Практическая ценность работы состоит в следующем:

1. Разработаны автоматизированные методики анализа реографических данных, обеспечивающих расшифровку реограмм с минимальным участи-

ем врача .

2. Разработана общая концепция анализа биомедицинских показателей и методика достоверной расшифровки реографической информации.
3. Разработано программное обеспечение, реализующее указанные методики расшифровки реограмм.
4. Разработано устройство для оценки реографических и микроциркуляторных данных, обеспечивающее оперативную и достоверную работу систем экспрес-диагностики.

Реализация результатов работы . Результаты, полученные в работе, использованы при выполнении ряда хозяйственных работ в Винницком политехническом институте. Разработанные методы и технические средства использованы в рамках тем 67Г74 " Разработка биомедицинского малогабаритного комплекса неинвазивной глазпроцессорной диагностики" по государственной программе " Здоровье человека " и хозяйственной теме 6735 "Разработка безманжетного преобразователя индикатора артериального давления". Экономический эффект от внедрения результатов работы в ПО " Термопластавтомат" на заводе "Электронмаш" г.Хмельницкого составил 300 тыс. руб.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы обсуждались на:

научно-технической конференции "Приборостроение-92" , г.Керчь, 1992 г. и на ряде областных научно-технических конференций, проводимых в г.Виннице с 1989 г. по 1993 г.

Кроме того, основные положения работы прошли медицинскую апробацию в Винницком медицинском институте им. Н.И.Пирогова в 1993 г. на международной медико-технической конференции и в виде рационализаторского предложения на способ автоматической расшифровки биомедицинских показателей.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 12 научных работ, в том числе одно изобретение, защищенное авторским свидетельством.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (93 наим.) и двух приложений. Объем основной части – 173 страниц текста, набранного на компьютере, сопровождаемых 37 иллюстрациями и 8 таблицами.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность тематики исследований, сформулированы цель и задачи исследований, определены методы исследований, научная новизна и практическая ценность, отражены вопросы ре-

ализации и внедрения полученных результатов.

В первой главе проведен анализ методов и средств обработки реографической информации и экспериментальных данных бульбарной микроциркуляции глаза.

Разработана функциональная классификация реографических и микроциркулярных исследований по задачам, целям и реализации.

На основе данного классификационного анализа сделан вывод о том, что для обработки биомедицинских показателей в большинстве случаев используется ручной и полуавтоматический методы.

Кроме того, сама методика расшифровки реограмм основывается на анализе ограниченного числа показателей физиологических процессов и параметров реографической кривой, что не всегда обеспечивает требуемую чувствительность и высокую достоверность, особенно при ранней диагностике заболеваний сосудов, например эндартериита. Эта же проблема характерна и для оценки микроциркуляции сосудистого русла, которая основана на анализе частных критериев.

На основании проведенных исследований в работе показывается, что современные методики исследований микроциркуляции не обеспечивают объективную количественную оценку структуры микрососудов, внутрисосудистых изменений и внесосудистых нарушений.

Сформулированы требования, предъявляемые к методам и средствам реографической и микроциркуляторной обработки информации.

К основным и приоритетным из них относятся:

-вычислительные процедуры автоматической диагностики должны комплексно включать все физиологические показатели исследуемых биомедицинских сигналов;

-методики оценки (расшифровки) исследуемых заболеваний (реографических и микроциркулярных данных) должны обеспечивать, с одной стороны, достоверный анализ биомедицинских показателей (БП), а с другой - возможность ранней диагностики заболеваний.

Выполнению указанных требований соответствует разработанный универсальный способ автоматической расшифровки БП на основе пирамидально-иерархического преобразования (ПИП).

В работе предложена и реализована на примере обработки реограмм новая концепция расшифровки БП, заключающаяся в преобразовании всех отсчетов биомедицинской кривой, их информационном сжатии и последующем анализе. Показано, что процедура информационного сжатия реализуется на основе пирамидально-иерархического преобразования (ПИП), общий вид которого следующий:

$$\Phi_{\ell-2}^K [T (F (\sqrt[S]{M_S}))] = \sqrt[\ell-2]{\alpha_{\ell}^{\ell}} \quad (1)$$

- где M_n - исходные множества БП ($n = 1, 2, 3, \dots$) ;
 F - произвольный функциональный оператор преобразования, конкретное применение которого зависит характера медицинских исследований ;
 T - оператор транспонирования матриц БП ;
 a_{ij}^t - элементы конечного разложения исходных множеств БП,

$$\Phi(M) = T [S (F (M))], \quad (2)$$

- где S - оператор сдвига строки матрицы БП ;
 t - текущий номер уровня ПИП .

В работе сформулирован способ расшифровки БП на основе ПИП, заключающийся в последовательном применении к исходным множествам БП по одному разу функционального оператора преобразования F и транспонирования T , а затем $(k-1)$ раз функционала Φ и вычисления, используя выражение (3), искомого сетевого географического индекса. В общем случае для расшифровки произвольного типа БП вид функционального оператора преобразования F в выражении для СРИ определяется самим типом БП. В качестве оператора F могут быть использованы преобразования : пирамидальные, Тейлора, ортогональные и др. .

Проведенный сравнительный анализ предложенного способа расшифровки БП на основе ПИП и известных в медицинской практике показывает устойчивую корреляционную связь в более широком динамическом диапазоне введенного сетевого географического индекса (СРИ) и традиционно используемого в медицинской практике географического индекса на уровне 0,7-0,8 :

$$СРИ = \frac{1}{a \left(\sum_{k=1}^n a / k \right) + b} \quad (3)$$

где a, b - коэффициенты, учитывающие способ формирования.

На основе способа разработано программное обеспечение и реализован многофункциональный биомедицинский прибор, защищенный авторской заявкой на изобретение. Программа моделирования пирамидально-иерархического анализа БП реализует расчет массива конечных элементов и СРИ по исходным числовым массивам БП с построением сети промежуточных результатов, что улучшает качество и повышает чувствительность медицинской диагностики.

Во второй главе содержится анализ и исследование математических моделей предварительной обработки биомедицинской информации.

Для обработки БП в работе используется математический аппарат

пирамидально - иерархического преобразования, предложенный канд. техн. наук Л.И.Тимченко.

Анализ математических моделей пирамидальной и пирамидально-иерархической обработки (ПИО) информации показал, что для реализации данной обработки не требуется применение сложных, трудно и медленно реализуемых операций. Данный подход предполагает использование только простых (линейных) операций типа сложения (вычитания) и сдвига.

Математическая модель вида (1) предполагает использование идеи естественного параллельного действия БП и иерархии их обработки.

Анализ данной модели показывает, что ПИО выгодно отличается от других видов преобразований.

В дальнейшем проведенный сравнительный анализ трудоемкости алгоритмов ПИО подтвердил, что для ее реализации не требуется применение сложных вычислительных операций.

Данные преимущества включают возможность динамического "перемешивания" в соответствии с архитектурой сети ПИО отсчетов БП на различных уровнях иерархии, что позволяет производить одновременный анализ всех отсчетов БП, улучшает точность и расширяет динамический диапазон результатов измерений.

ПИО также обеспечивает выполнение всех требований, предъявляемых к методам обработки БП, и самое главное из них - это параллельный и иерархический анализ отсчетов БП, что улучшает, как показывают экспериментальные исследования, качество диагностики.

Исследование автоматизированных процедур определения характеристик реосигналов связано с решением двух групп вопросов. Первая - это построение алгоритмов выделения из входной совокупности искомого сигнала, а вторая группа - определение в найденном сигнале требуемых параметров. Во второй группе требуется найти алгоритмы, по которым производится поиск требуемых параметров. Если невозможно найти единый универсальный алгоритм обработки, то применяют либо индивидуальные алгоритмы для каждой группы вычисляемых параметров, либо создают набор эталонов, используя которые, вычисляют требуемые параметры. Из входной информации производится выделение периода одного сигнала, а затем их нормализация интерполяцией, с целью приведения этого сигнала к стандартной форме. Далее производится поиск в банке эталонов наиболее соответствующего эталона текущей реограммы. Необходимые параметры получают из текущей реограммы вызовом соответствующей подпрограммы обработки, которая определяется найденным эталоном.

Исследована математическая модель предварительной обработки реограммы (РГ).

Цель предобработки - получение набора характеристик РГ-сигнала в виде, пригодном для последующей экспертизы. Исследование возможно-

стей автоматизированной обработки РГ показало, что только небольшая их часть из общей совокупности поддается автоматизации. Основной проблемой автоматизированной предварительной обработки является отсутствие формализованной процедуры нахождения значений характерных точек реосигнала. Оказалось, что автоматизированной обработке поддаются только те реограммы, которые визуально соответствуют типовой реограмме.

Автором предложен обобщенный алгоритм автоматизированной предварительной обработки РГ. При обработке биологических сигналов для выделения циклов используется большое разнообразие методов. Все эти методы хорошо работают в пределах классической формы РГ. Появление различных артефактов на РГ делает неэффективным применение этих методов в автоматизированных системах обработки РГ. Проведенные статистические исследования показывают, что только 60-70 % дифференциальных реограмм в пределах одного сердечного цикла имеют максимальную величину на участке систолической волны РГ. Вероятная причина отклонения в реальных ДРГ связана скорее всего с шумами, наложением волн третьего порядка и воздействием дыхательных волн.

Нахождение периода РГ возможно провести с учетом того, что начало каждого периода определяется по следующей последовательности: $A(\min \text{ РГ})$, $A(\max \text{ DRG})$, $A(\max \text{ РГ})$.

Следующим этапом после разбиения на периоды входной совокупности отсчетов РГ является определение наиболее представительного из циклов. Для выбора наиболее характерного цикла воспользуемся нормированными взаимно-корреляционными функциями (ВКФ) входной реализации $y(t)$ и текущего цикла $x(t)$:

$$K_i = \frac{\sum_{\varepsilon=0}^{N_i-1} \sum_{s=0}^{\ell-1} (y^*(\varepsilon-s+1) - M)(x_i(N_i-s) - M)}{N_i(N_i-1)}, \quad (4)$$

причем

$$y^*(t) = \begin{cases} y(t), & \text{если } t < 1, \\ M, & \text{если } t > 1, \end{cases} \quad M = \frac{1}{\ell} \sum_{t=1}^{\ell} y(t), \quad (5)$$

$$y^*(\varepsilon) = \begin{cases} \varepsilon, & \text{если } \varepsilon < N_i, \\ N_i - 1, & \text{если } \varepsilon \geq N_i, \end{cases} \quad M_i = \frac{1}{N_i} \sum_{t=1}^{N_i} x(t),$$

где N_i - число отсчетов в i -м цикле, $i=(1, \dots, l)$; l - число отсчетов в ре-

ализации $y(t)$; M и M_i - математические ожидания, соответственно, входной реализации $y(t)$ и текущего цикла $x_i(t)$.

Так как вся входная реализация $y(t)$ может быть представлена совокупностью составляющих ее циклов, то

$$y(t) = P_1(t) + P_2(t) + \dots + P_\omega(t), \quad (6)$$

где

$$P_i(t) = \begin{cases} 0 & \text{, если } t_i > t > t_i + N_i, \\ x_i(t) & \text{, если } t_i < t < t_i + N_i. \end{cases} \quad (7)$$

Поэтому (4) можно представить следующим образом:

$$K_i = \frac{\sum_{t=1}^{N_i+L-1} \sum_{s=0}^{N_i(t)} (P_1(t-s) + \dots + P_\omega(t-s) - M)(P_i(t_i + M_i - s - 1) - M_i)}{N_i(N_i+L-1)}. \quad (8)$$

Выполнив несложные преобразования числителя (8), с учетом

$$M = q_1 * M_1 + q_2 * M_2 + \dots + q_\omega * M_\omega \quad (\text{где } q = N / 1)$$

и пренебрегая знаменателем, с погрешностью около 2% находим коэффициент корреляции k (m -го цикла со всеми циклами) как

$$K = k_m + k_{m1} + \dots + k_{m\omega}, \quad (9)$$

где

$$k_{ji} = \sum_{t=1}^{N_i+L-1} \sum_{s=0}^{N_i(t)} (P_j(t-s) - M_j) * (P_i(t_i + N_i - s - 1) - M_i).$$

Полученные для каждого цикла значения коэффициента корреляции K_m сравниваются друг с другом, и выбирается цикл с наибольшей величиной этого коэффициента.

В третьей главе предложены вычислительные методы анализа биомедицинской информации на примере обработки реограмм.

Анализ методов идентификации биомедицинских данных показывает, что большинство их ориентировано на использование в лучшем случае не-

скольких характеристических параметров. Совокупность таких характеристических параметров, различных по физиологической природе, биомедицинских данных образует своего рода информационный слепок функционирования того или иного человеческого органа.

Предлагается стратегия реализации реографической обработки данных, производимая по следующей схеме (рис.1):

1. Аналоговый сигнал. 2. АЦП. 3. Цифровой сигнал. 4. Предварительная обработка. 5. Накопление в памяти необходимого количества исследуемых сигналов. 6. Определение репрезентативного периода РГ. 7. Нормализация. 8. Интерполяция. 9. Преобразование ПИПИ. 10. Нахождение зависимости коэффициентов, полученных в результате ПИПИ, и параметров, полученных традиционными методами. 11. Нахождение зависимости между коэффициентами, полученными при быстром преобразовании Фурье и традиционными методами. 12. Сравнение результатов, полученных с помощью различных методов.

Предлагаемый подход заключается в разбиении реограммы, формировании совокупностей множеств исходных отсчетов и пирамидально-иерархической обработке данных отсчетов.

Алгоритм ПИО включает следующий ряд основных этапов:

- формирование отсчетов РД,
- разбиение РД на ряд участков,
- выбор критерия общей части, например минимального, максимального или среднего и т.п., по величине отсчета РД,
- пирамидально-иерархическая обработка участков РД,
- формирование хвостовых элементов пирамидально-иерархического разложения РД,
- определение сетевого реографического индекса (СРИ),
- корреляционный анализ СРИ и РИ.

Результаты моделирования по предложенной методике ПИО приводятся в табл. 1 и позволяют сделать более глубокую дифференциацию групп больных по тяжести заболевания. На рис.2. отражена корреляционная связь СРИ и реографического индекса для пяти вариантов разбиения реограммы. Результаты моделирования показали, что предложенный метод анализа реограмм на основе ПИО в среднем на 23% является более достоверным, чем на основе известных методов, например БПФ.

Разработка автоматизированных систем обработки реографической информации потребовала рассмотрения вопросов, связанных с построением эталонов предварительной обработки РГ. Основные трудности здесь связаны с отсутствием формализованных описаний реограмм и как следствие, невозможностью построения автоматизированных процедур обработки. Необходимо найти минимальное число эталонов, которые бы описывали большинство реальных реограмм, и для каждого эталона разработать авто-

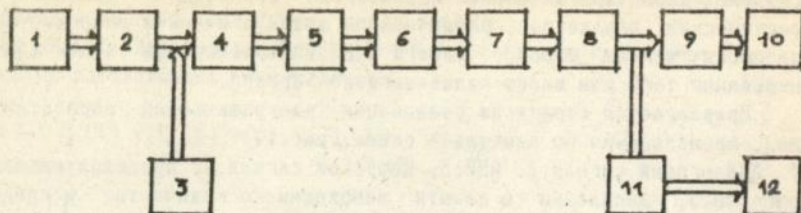


Рис. 1. Структурная схема предварительной обработки БД

Таблица I

Классификационный анализ результатов реографической обработки тяжести заболеваний

	A4/A2	Подъем аякроги	Вершина	Скорость кровенаполнения	Уровень этажа	PH	СРВ
1) Р-здорового человека	< 0.5	Крутой	Закруглена		№2 №4	1.2	76- 110
2) Кратковременная связь артерий	> 0.6	Более пологий	Закруглена при слабом наполнении	Скорость кровенаполнения умеренно сниж.	№6 №9	0.7 - 1	111 - 120
3) РГ при диабетическом	0.8	Пологий	Уголочка		№5	1	121- 130
4) РГ при слабых и нарушенных венозных стоках	1.0	Пологий	Уголочка		№7	0.9	131 - 138
5) Склеротическая реография	0.7	Снижение A2 (унич. PH)	Ваская		№1	2.5	139- 150
6) Окклюзионная реография	1.0	A2 резко снижена (резко PH)	Ваская		№3 №8	0.7 - 1.2	151 - 172
7) Полная окклюзия	—	—	—	Резкое снижение артериального притока	№10	—	—

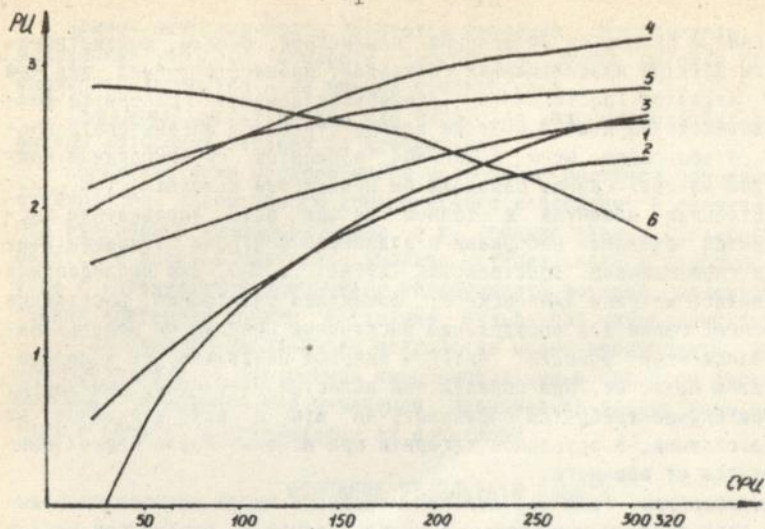


Рис. 2 Результаты сравнительного анализа обработки программ

Таблица 2

Результаты моделирования по определению устойчивости классификации методом *ISODATA*

Число исходных центров	Расстояния						Корреляция
	Минковского			Евклидово		Махала - новиса	
	$\Gamma=3$	$\Gamma=4$	$\Gamma=5$	=const	=const		
30	---	---	---	---	3	---	2
25	---	2	---	---	2	2	3
20	2	3	---	3	2	---	5
15	4	4	2	3	4	3	6
10	3	4	2	7	6	7	9
5	---	2	---	2	2	---	5

матризованную процедуру вычисления параметров. Основу рассматриваемых здесь методов классификации составляет процесс обучения, задачей которого является постепенное усовершенствование алгоритма разделения объектов на классы. Поэтому всегда стремятся организовать процесс так, чтобы среди всех возможных вариантов группирования найти тот, при котором группы обладали бы наибольшей компактностью.

Существенным моментом в данном методе есть определение расстояния между входными выборками и заданными центрами (текущими эталонами) в признаковом пространстве $X=(x_1, \dots, x_N)$. Для исследований использовались метрики Минковского, евклидово расстояние, расстояние Махаланобиса. Ранее для определения расстояния никогда не использовали корреляционную функцию. Автором впервые предложено ее использование в этом качестве. При определении областей необходимо учитывать, что в этом случае требуется определять не \min , а \max , в отличие от других расстояний. В остальном алгоритм при использовании корреляции не отличается от обычного.

Моделирование для определения исходного числа классов проводилось для всех типов рассмотренных выше расстояний с переменным числом центров. Определялось число устойчивых классификаций от изменения исходных средних. Для каждого числа центров - 30, 25, 20, 15, 10 и 5 проводилось по 10 классификаций с изменением исходных средних и определялось, в скольких случаях результаты классификации не менялись. Результаты моделирования по определению устойчивости (т.е. достоверности) классификаций сведены в табл. 2. Число эталонов для реограмм при использовании корреляционного расстояния устойчиво лежит в районе 10, тогда как другие типы расстояний дают в этих методах отличающуюся оценку. Таким образом, наиболее достоверным является использование корреляционной функции.

В четвертой главе отражены вопросы анализа трудоемкости и разработки технических средств обработки реографической и микроциркулярной информации.

В работе использовалась для расчета трудоемкости предложенных алгоритмов известная методика, предложенная С.А.Майоровым.

По указанной методике произведен расчет трудоемкости автоматического и на основе ПИО алгоритмов анализа реограмм, средняя трудоемкость которых и время выполнения соответственно равны - 36948767 операций, 200 с. и 14726232, 60 с.

Разработаны технические средства анализа реографических и микроциркулярных данных.

Данные технические средства позволяют, с одной стороны, автоматизировать процесс работы, а с другой - обеспечить достоверную и оперативную экспресс-диагностику заболеваний сосудов.

Причем реографическая обработка позволяет обеспечивать автоматизированный процесс обработки реограмм на уровне сосудов, а микроциркулярная обработка - на уровне микрососудов.

Предложенное устройство для обработки микроциркулярных данных защищено авторской заявкой на изобретение.

Преимуществами предложенного устройства являются упрощение и объективизация оперативного динамического наблюдения и анализа состояния бульбарной микроциркуляции, т.к. оценка данных исследований проводится с помощью цветового анализа артериального и венозного кровотока с определением оценочного коэффициента, который является объективным критерием оценки состояния бульбарной микроциркуляции.

С помощью разработанного устройства можно производить динамическое наблюдение за состоянием микроциркуляции в процессе диагностики и лечения патологических изменений, производить подбор дозы медикаментозных средств и оптимальных их сочетаний.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1) Разработанный универсальный способ автоматической расшифровки биомедицинских показателей позволяет за счет преобразования всех отсчетов биомедицинской кривой, их информационного сжатия и последующего анализа произвести более глубокую дифференциацию групп больных по тяжести заболевания, что улучшает качество и повышает чувствительность медицинской диагностики.

2) Исследована возможность применения пирамидально-иерархической обработки для анализа биомедицинской информации и осуществлен анализ вычислительных процедур, показывающий, что для их реализации не требуется сложных (трудоемких) операций.

3) Сформулированы процедуры определения эталонов реограмм, на основе которых реализован автоматизированный вычислительный процесс нахождения требуемых параметров реосигналов.

4) Для нормализации реосигналов разработан обобщенный алгоритм автоматизированной обработки реограмм, сделан анализ методов их предварительной обработки, определены наиболее эффективные методы фильтрации реосигналов, позволяющие производить масочную фильтрацию их локальных экстремумов.

5) Предложен и апробирован новый подход анализа биомедицинской информации на примере расшифровки реограмм для заболевания сосудов (эндоартериита), показывающий устойчивую корреляционную связь на уровне 0.7-0.8 в более широком динамическом диапазоне введенного сетевого реографического индекса и традиционно используемого в медицинской практике реографического индекса, что повышает в среднем на

порядок чувствительность диагностики, тем самым улучшая её качества.

6) Разработаны автоматизированная процедура и алгоритм формирования моделей класса эталонов реосигналов и предложен метод достоверной оценки числа классов эталонов. В результате сформировано 10 классов эталонов, что существенно расширяет функциональные возможности реографической аппаратуры, в частности позволяет точно восстанавливать показатели текущей реограммы по выбранной из класса эталонов.

7) Разработан алгоритм сравнения текущих реограмм и сформированного класса эталонов реограмм, позволяющий с одной стороны упростить процесс анализа реограмм, а с другой — за счет разработанного метода корреляционного сравнения повысить степень достоверности расшифровки реограмм.

8) Показано, что предложенный метод анализа реограмм по средней трудоёмкости алгоритмов в 2.5 раз эффективнее традиционно применяемых.

9) На основе метода пирамидально-иерархической обработки предложена структура специализированного вычислительного устройства для анализа показателей реограмм, позволяющая производить качественную в расширенном динамическом диапазоне оценку реографического индекса, что приводит к возможности ранней диагностики заболеваний сосудов.

10) Предложенный метод оценки бульбарной микроциркуляции глаза позволяет упростить и объективизировать оперативное динамическое наблюдение за состоянием артериального и венозного кровотока в конъюнктиве глаза и определить коэффициент оценки бульбарной микроциркуляции.

Основные положения диссертации отображены в следующих работах:

1. Реографическая цифровая обработка информации / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Талал Аль Кхури и др. — Киев, 1991. — 14 с. — Деп. в УкрНИИТИ 23.04.91, № Гос. рег. 538 УК 81.

2. Устройство для оценки бульбарной микроциркуляции / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Талал Аль Кхури и др. — Киев, 1991. — 11 с. — Деп. в УкрНИИТИ 19.11.91, № Гос. рег. 1495 УК 91.

3. Разработка безманжетного преобразователя — индикатора артериального давления крови: / Промежуточ. отчет по НИР № 6735 / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Талал Аль Кхури и др. — Киев, 1991. — Деп. в УкрНИИТИ.

4. Тимченко Л.И., Аль Кхури Талал. Математическая модель параллельно-иерархического преобразования биомедицинской информации. — Киев, 1992. — 16 с. — Деп. в Укр. ИНТЭИ 07.05.92, № 652-УК92.

5. Заявка 5012453/14 Украина. Устройство для оценки бульбарной микроциркуляции / В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Талал Аль Кхури; Заявл. 27.05.92.

6. Устройство для оценки бульбарной микроциркуляции/ В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Талал Аль Кхури и др. // Тез. докл. науч.-техн. конф. "Приборостроение-92". - Винница - Керчь, 1992. - С. 72.

7. Тимченко В.П., Аль Кхури Талал. Оптоэлектронный датчик для регистрации пульсовой волны на основе биспин-структур // Там же. - С. 78.

8. Тимченко В.П., Аль Кхури Талал. Реографическая цифровая информация // Там же. - С. 68.

9. Методика оценки статико-динамической многофункциональности алгоритмических и аппаратных вычислительных средств. - Киев, 1993. - 16 с. - Деп. в ГНТБ Украины 13.05.93, "Гос. рег. 898-УК93.

10. Тимченко В.П., Аль Кхури Талал. Универсальный способ автоматической расшифровки биомедицинской информации на основе параллельно-иерархического преобразования // Тез. докл. XI науч. ме-дико-техн. конф. - Винница - Керчь, 1993. - С. 65.

11. Тимченко В.П., Аль Кхури Талал. Рационализаторское предложение ВМИ № 27 от 20.09.93г. "Способ автоматической расшифровки биомедицинских показателей /на основе параллельно-иерархического преобразования/".

12. Тимченко В.П., Аль Кхури Талал. Концептуальный подход анализа биомедицинской информации и его реализация на основе параллельно-иерархического преобразования. - Киев, 1993. - 33 с. - Деп. в ГНТБ Украины 25.10.93, № 2055-УК93.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

С. П. Кожемяко

Подп. в печ. 12.04.94. Формат 60x84/16. Бум. тип. № 2. Офс.печ.
Усл.печ.л. 0,93. Усл.кр.-отт. 1,05. Уч.-изд.л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ 489.

Редакционно-издательский отдел с полиграфическим участком
Института кибернетики имени В.М.Глушкова АН Украины
252650 Киев ГСП 22, проспект Академика Глушкова, 40

401517

AB 29.580

AB 29.580