

УДК 681.32

В.І. ГРИЦЕНКО, Л.С. ФАЙНЗІЛЬБЕРГ

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
просп. Академіка Глушкова, 40, Київ, 03680, Україна

ПЕРСОНІФІКОВАНІ ЗАСОБИ ЦИФРОВОЇ МЕДИЦИНИ – КРОК ДО ЗДОРОВ'Я

У статті розглянуто особливості сучасних інтелектуальних інформаційних технологій, які становлять функціональну основу персоніфикованих засобів цифрової медицини для домашнього вжитку. Показано, що реалізація таких технологій потребує нових підходів до отримання діагностичної інформації та специфічних методів надання інформації користувачу, який не має спеціальної медичної освіти. Наведено результати апробації, що підтвердили ефективність запропонованої технології.

Ключові слова: цифрова медицина, інформаційна технологія, діагностична інформація.

ВСТУП

Світ вступив у складну епоху свого розвитку. В комплексі проблем, що виникають при цьому, центральне місце посідають зростання числа захворювань, передчасна смерть працездатного населення, дорожня лікування і, як наслідок, додаткові демографічні проблеми. Стає очевидним, що вирішення цих проблем потребує не лише вдосконалення традиційних форм охорони здоров'я. Характер тяжких захворювань передбачає розподілену систему надання медичних послуг, коли домашнє спостереження і лікування набуває великого значення. Досягти цього можна завдяки створенню новітніх персоніфикованих засобів цифрової медицини, світова практика розвитку яких підтверджує їх перспективність.

Проте темпи впровадження таких засобів стримуються обмеженими можливостями інформаційних технологій (ІТ). Річ у тім, що наближення медичних засобів безпосередньо до пацієнта не можна здійснювати

лише незначними доробками та спрощенням приладів клінічного використання. Навпаки, розроблення простих і надійних персоніфикованих приладів потребує досить складних наукомістких ІТ, що реалізують нові підходи до оброблення інформації і специфічні методи надання наочної інформації користувачу, який не має спеціальної медичної освіти.

Важливу роль у цьому напрямі відіграє новий клас інформаційних технологій — інтелектуальні ІТ з елементами мислення, побудова яких є одним із пріоритетних напрямів науково-технічного прогресу та інноваційного розвитку. Концепцію щодо створення таких технологій в Україні було розроблено ще в дев'яностих роках минулого століття [1]. Розроблення інтелектуальних ІТ потребувало величезних зусиль та складних досліджень фундаментального і прикладного характеру.

Створені й використовувані в Україні інтелектуальні ІТ підтверджують свою ефективність. Вони є функціональною основою розробок високоінтелектуальних технологічних засобів і виробів, що якісно видозмі-

нують усталені, часто неефективні форми діяльності в різних сферах.

У статті розглянуто особливості розроблення таких технологій на прикладі персоналізованого приладу цифрової медицини ФАЗАГРАФ® для діагностики серцево-судинної системи, який створено Міжнародним науково-навчальним центром інформаційних технологій та систем (МННЦ ІТіС) і передано до серійного виробництва ПАТ НВК «Київський завод автоматики ім. Г.І. Петровського».

Сьогодні основну небезпеку для здоров'я населення становлять не інфекційні захворювання, як це було раніше, а хвороби серцево-судинної системи, причому останнім часом спостерігається тенденція до значного їх «омолодження». Захворювання серцево-судинної системи — одна з головних причин інвалідності та смертності працездатного населення в індустріально розвинутих країнах.

Так, у Європі від серцево-судинних захворювань щороку помирає майже 3 млн осіб, у США — 1 млн, що становить половину всіх смертей і в 2,5 рази більше, ніж від усіх злоякісних новоутворень разом узятих. При цьому 25% померлих від серцево-судинних захворювань — люди віком до 65 років.

Ще більш невтішна картина спостерігається в Україні. Всього за десять років подвоїлася захворюваність на ішемічну хворобу серця (ІХС) [2]. Показник смертності від серцево-судинних захворювань в Україні є одним із найвищих у світі (66,6%). При цьому, за статистичними даними, у 50% випадків перший контакт хворого з лікарем-кардіологом відбувається вже у відділенні кардіореанімації з приводу гострого інфаркту міокарда [3].

Зрозуміло, що кардинально змінити цю ситуацію може лише профілактична медицина [4]. Для цього потрібні зручні, доступні й разом з тим надійні засоби цифрової медицини, які можуть виявляти початкові ознаки відхилень у роботі серця під дією фізичних та емоційних перевантажень не лише в медичних установах, а й на виробництві і

навіть у домашніх умовах. Створення таких приладів ґрунтується на фундаментальних дослідженнях оброблення сигналів складної форми, що породжуються біологічними об'єктами [5].

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФАЗАГРАФ®

Електрокардіографія вже понад сто років залишається найпоширенішим методом функціональної діагностики в кардіології. Бурхливий розвиток засобів цифрової обчислювальної техніки зумовив появу нової галузі — комп'ютерної електрокардіографії.

Клінічне застосування цифрових електрокардіографів пройшло кілька стадій свого розвитку. Перші вироби мали лише одну, але дуже важливу функцію реєстрації та збереження ЕКГ у цифровій формі. Сучасні цифрові електрокардіографи мають вбудовані алгоритми, які забезпечують автоматичне вимірювання діагностичних ознак, зосереджених на інформативних фрагментах, та інтерпретацію результатів оброблення ЕКГ.

Разом з тим, за оцінкою фахівців, комп'ютерний аналіз ЕКГ у часовій області не завжди забезпечує належну достовірність результатів діагностики. Згідно з [6], ЕКГ спокою, які оцінювали за традиційними ознаками, залишались нормальними майже в половини хворих із хронічною формою ішемічної хвороби серця навіть під час епізодів дискомфорту в грудній клітині.

До того ж у реальних умовах крім корисного сигналу, що відображає електричну активність серця, реєструються різного роду завади від зовнішніх і внутрішніх джерел, які спотворюють діагностичну інформацію. Такі завади далеко не завжди можуть бути зведені лише до адитивної перешкоди. Проте навіть приглушення адитивної мережевої завади за допомогою традиційних режекторних фільтрів часто призводить до істотних спотворень корисного сигналу [7] і, в кінцевому підсумку, до помилкової діагностики.

Не менші проблеми виникають і в разі використання іншого відомого підходу до підвищення співвідношення сигнал — шум, який заснований на усередненні послідовності циклів ЕКГ [8]. Справа в тому, що навіть у здорових людей частота серцевих скорочень не є сталою величиною [9]. Більш того, на окремих циклах ЕКГ відбуваються нерівномірні зміни тривалостей інформативних фрагментів, на яких зосереджені діагностичні ознаки [10]. Тому при використанні тривіальних алгоритмів усереднення серцевих циклів у часовій області відбувається «розмивання» інформативних фрагментів [7], унаслідок чого виникають помилки у вимірюванні значень діагностичних ознак. Можна навести цілу низку інших проблем, що виникають під час побудови комп'ютерних алгоритмів аналізу та інтерпретації ЕКГ у часовій області.

Слід зауважити, що помилки комп'ютерних алгоритмів, якщо вони виникають при клінічному використанні цифрових електрокардіографів, можуть бути виправлені кваліфікованим лікарем на основі додаткового візуального оцінювання ЕКГ.

Зовсім інша ситуація виникає в разі наближення цифрового електрокардіографа безпосередньо до пацієнта. При персональному використанні навіть реєстрація ЕКГ у 12 традиційних відведеннях стає проблематичною, оскільки потребує певної кваліфі-

кації для правильного розміщення електродів. До того ж пацієнт, який не має спеціальної медичної освіти, не може корегувати помилкові рішення комп'ютерного алгоритму на основі візуальної оцінки ЕКГ.

Отже, основний «інтелект» персональних засобів оброблення ЕКГ має бути передусім спрямований на реалізацію нових ефективних алгоритмів, що забезпечать надійне вилучення діагностичної інформації з істотно спотворених сигналів.

Зважаючи на ці аргументи, в основу розробки ІТ ФАЗАГРАФ® було покладено такі вимоги:

- *зручність* — процедура реєстрації ЕКГ має бути необтяжливою, проводиться без зняття одягу і не вимагати інших підготовчих заходів;
- *надійність* — користувачу має бути надана лише інтегральна, але достовірна інформація про його поточний функціональний стан, яку можна отримати при спрощеній реєстрації сигналу і яка не потребує додаткового візуального аналізу ЕКГ;
- *інформативність* — можливість виявлення прихованих ознак порушень у роботі серця під впливом фізичних і емоційних навантажень, які недооцінюють під час традиційної ЕКГ-діагностики;
- *оперативність* — результат має бути отриманий не більше ніж за 1–2 хв.;
- *наочність* — форма подання результатів має бути зрозумілою людині без спеціальної медичної підготовки.

Для забезпечення цих, на перший погляд, суперечливих вимог в ІТ ФАЗАГРАФ® реалізовано спрощену процедуру реєстрації ЕКГ за допомогою спеціального сенсора з пальцевими електродами з подальшим обробленням сигналу на персональному комп'ютері за оригінальним методом. Для реєстрації ЕКГ достатньо доторкнутися пальцями правої й лівої рук до мініатюрних електродів, розміщених на передній панелі сенсора (рис. 1).

Електроживлення сенсора й передавання даних до комп'ютера здійснюється через USB-порт комп'ютера. У сенсорі забезпечу-



Рис. 1. Мікропроцесорний сенсор ІТ ФАЗАГРАФ®



Рис. 2. Результати моделювання: реальна (1) і штучна (2) ЕКГ з інверсними зубцями T (а) та з екстрасистолами (б)

ється гальванічна розв'язка електричних ланцюгів відповідно до міжнародних стандартів з безпеки медичних виробів.

В основу розробки ІТ ФАЗАГРАФ® покладено оригінальну стохастичну модель породження біологічного сигналу $z(t)$ в умовах внутрішніх і зовнішніх збурень [11]. Модельні експерименти підтвердили адекватність запропонованої моделі. Для порівняння на рис. 2 наведено результати штучних ЕКГ, генерованих за моделлю, та записів № 100 і № 119 реальних ЕКГ зі спеціалізованої бази MIT-BIH Arrhythmia Database [12].

Запропонована модель дала змогу деконструвати загальну проблему створення ефективних інформаційних технологій добування діагностичної інформації з фізіологічних сигналів складної форми, звівши її до послідовності окремих стадій інтелектуаль-

ного оброблення сигналів [5]. Функціональною основою цієї технології є оригінальний метод оброблення сигналу в фазовому просторі (на площині $z(t) - \dot{z}(t)$), який дає можливість істотно підвищити достовірність результатів діагностики.

Комп'ютерне оброблення сигналу складається з таких стадій:

- фільтрація зовнішніх спотворень, зокрема, видалення дрейфу ізоелектричної лінії, приглушення мережкових завад на основі оригінального вузькосмугового режекторного фільтра і випадкових шумів на базі вдосконаленого алгоритму адаптивного згладжування;
- оцінювання першої похідної $\dot{z}(t)$ сигналу на основі інтерполяційного полінома Лагранжа з відповідною процедурою регуляризації;

• побудова фазового портрета ЕКГ у просторі $z(t) - \dot{z}(t)$ й оцінювання усередненої фазової траєкторії з використанням гаусдорфових відстаней [11]

$$R_H(Q_k, Q_m) = \max \left\{ \begin{array}{l} \max_{q_k \in Q_k} \min_{q_m \in Q_m} \rho(q_k, q_m), \\ \max_{q_m \in Q_m} \min_{q_k \in Q_k} \rho(q_k, q_m) \end{array} \right\}$$

між парами фазових траєкторій Q_k та Q_m окремих циклів, де $\rho(q_k, q_m) = \|q_k - q_m\|$ — евклідова відстань між точками (нормованими векторами) $q_k = (z_k, \dot{z}_k) \in Q_k$ та $q_m = (z_m, \dot{z}_m) \in Q_m$ на фазовій площині;

• відновлення корисного сигналу та аналіз традиційних ЕКГ-ознак у часовій області;

• аналіз статистичних і спектральних показників варіабельності серцевого ритму та оцінювання на їх основі збалансованості симпатичного й парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи;

• розпізнавання інформативного фрагмента усередненої фазової траєкторії, що відповідає періоду реполяризації шлуночків;

• оцінювання додаткового діагностичного показника β_T , що характеризує симетричність форми цього фрагмента, та реалізація діагностичного правила, заснованого на порівнянні β_T з пороговим значенням.

Показник β_T визначають як відношення максимальної швидкості на висхідному та низхідному колінах фрагмента реполяризації усередненої фазової траєкторії. Досі такий показник вивчали лише в наукових дослідженнях, але не реалізовували в комп'ютерному аналізі, швидше за все, через складність його обчислення за реальними ЕКГ.

Оригінальні комп'ютерні алгоритми оброблення ЕКГ у фазовому просторі, в тому числі процедури, спрямовані на автоматичне визначення показника β_T за реальними сигналами, описано в роботі [13].

ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Зрозуміло, що пацієнт не зобов'язаний знати і розуміти математичну складність наведе-

них вище процедур. Користувач лише отримує кінцевий результат — інформацію про поточний стан його серцево-судинної системи та збалансованості вегетативної нервової системи. Така інформація надається за допомогою текстових і голосових повідомлень, а також наочних графічних образів.

Результати тестування зберігаються в базі даних і відображуються на спеціальному індикаторі у вигляді градусника (рис. 3 а) відносно шкали, розділеної на три зони — зелену («норма»), жовту («задовільно») та червону («увага»). Така інтерпретація результатів не потребує жодних медичних навичок.

У програмі реалізовано також важливу функцію автоматичного уточнення усереднених значень показників функціонального стану конкретного користувача під час кожного тестування. Це дає змогу порівняти поточний результат тестування з «персональною» нормою і надати додаткову інформацію на персональному індикаторі (рис. 3 б) у вигляді п'яти характерних графічних образів, які сигналізують про стабільність функціонального стану, його певне погіршення чи покращення порівняно з усередненою нормою.

ФАЗАГРАФ® забезпечує оцінювання й відображення розподілу частот «нормального» стану користувача і відхилень від персональної норми у вигляді гістограми відповідних графічних образів (рис. 4 а), а також графіків, що відтворюють динаміку кожного з показників упродовж певного періоду спостережень (рис. 4 б).

ФАЗАГРАФ® дає також можливість оцінювати функціональний стан користувача під навантаженням. Для цього реалізовано модуль керування фізичним навантаженням (рис. 5 а) у вигляді проби Руф'є — задана кількість присідань за певний інтервал часу — та модуль керування емоційним навантаженням (рис. 5 б) — комп'ютерні стрес-тести, які користувач має виконати в умовах дефіциту часу, коли на екрані монітора з'являються випадкові збуджувальні чи гальмівні графічні стимули різного типу.



Рис. 3. Індикатори функціонального стану користувача

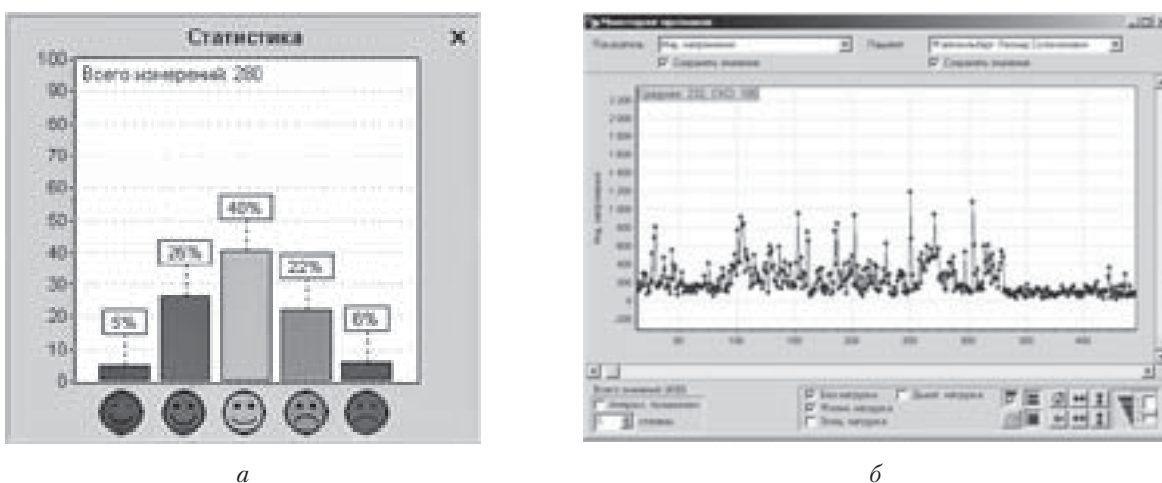


Рис. 4. Відображення статистики та динаміки результатів тестування

ВИПРОБУВАННЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ

Для організації серійного виробництва прилад ФАЗАГРАФ® пройшов усі передбачені законодавством України технічні та медичні випробування й отримав Свідоцтво про державну реєстрацію виробу медичного призначення № 8398/2008, а також державний Сертифікат затвердження засобу вимірювальної техніки № UA-MI/1-2558-2009. Технічні випробування підтвердили відповідність виробу чинним стандартам і нормативним документам, зокрема ДСТУ 3798-98 (ІЕС 60601-1:1988) з безпеки медичних приладів.

Для інформаційної підтримки серійного виробництва в МННЦ ІТiС було створено і впроваджено на ПАТ НВК «Київський за-

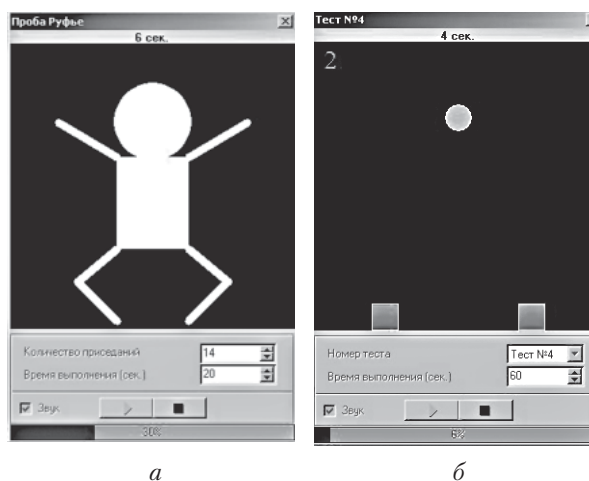


Рис. 5. Вікна програмних модулів керування навантаженням

вод автоматики ім. Г.І. Петровського» додаткове обладнання — програмно-технічний комплекс для відтворення штучних ЕКГ із заданими амплітудно-часовими параметрами. За допомогою цього комплексу здійснюють перевірку метрологічних характеристик та оцінювання споживчих якостей приладів ФАЗАГРАФ®. Мікроелектронний імітатор сигналів складної форми, на основі якого побудовано цей комплекс, пройшов метрологічні випробування в ДП «Укртестметр-стандарт» і отримав Свідоцтво про державну метрологічну атестацію № 26-02-0808 від 16 вересня 2011 р.

Ефективність оригінального методу комп'ютерного оброблення ЕКГ у фазовому просторі, який є функціональною основою ІТ ФАЗАГРАФ®, підтверджена масштабними клінічними випробуваннями, узагальнені результати яких подано в [14]. Наведемо лише декілька з цих результатів.

Для експериментального підтвердження діагностичної цінності показника β_T проводили статистичне оброблення клінічних даних, отриманих у відділенні ішемічних хвороб серця Національного наукового центру «Інститут кардіології ім. академіка М.Д. Стражеска» НАМН України (Київ) та в чотирьох клініках Німеччини: Essen University Hospital, Essen Katholical Hospital «Phillpustift», Heart and Diabetes Center of North Rhine-Westphalia in Bad-Oeynhausen, Berlin German Heart Center.

Клінічний матеріал охоплював 441 запис ЕКГ хворих на ІХС з підтвердженим діагнозом (коронароангіографія) і 387 записів ЕКГ здорових волонтерів, які склали контрольну групу.

Статистична обробка показала, що середні значення показника β_T істотно відрізнялися в групах і становили $0,956 \pm 0,43$ для хворих на ІХС і $0,665 \pm 0,12$ для здорових волонтерів. Перевірка отриманого результату за критерієм Стьюдента підтвердила, що з імовірністю $P > 0,999$ гіпотезу про випадковість цих відмінностей можна відкинути.

Встановлено, що прийняття рішень за пороговим правилом

УВАГА, якщо $\beta_T \geq \beta_0$
НОРМА, якщо $\beta_T < \beta_0$,

де $\beta_0 \sim 0,72$, забезпечує розпізнавання представників зазначених груп з чутливістю $S_E = 81\%$ і специфічністю $S_P = 78\%$.

Слід підкреслити, що до групи *верифікованих хворих* було включено лише пацієнтів, у яких традиційний ЕКГ-аналіз у 12 відведеннях *не виявив жодних відхилень від норми*. Інакше кажучи, з погляду традиційної ЕКГ-діагностики всіх обстежених, у тому числі хворих на ІХС, було б віднесено до групи здорових.

Тому діагностичне правило, що підтвердило відносно високі показники чутливості та специфічності на такому «складному» клінічному матеріалі, можна вважати цілком прийнятними для профілактичного тестування в домашніх умовах.

В Інституті фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України проводили також апробацію ІТ ФАЗАГРАФ® в активних експериментах з тваринами (безпородними собаками). Основна мета експерименту — спостереження за зміною показника β_T в умовах штучної ішемії та реперфузії.

Експерименти ще раз підтвердили гіпотезу про важливість показника β_T для виявлення початкових ознак ішемії міокарда: щойно тварині проводили маніпуляцію, яка спричинювала штучну ішемію, значення показника β_T збільшувались, поступово наближаючись до порога «небезпечних» значень.

Крім спеціалізованих медичних закладів і науково-дослідних інститутів апробацію ІТ ФАЗАГРАФ® проводили у спортивних організаціях, зокрема, у збірних України з футболу, академічного веслування та стрільби з лука, діагностичних центрах, підприємствах із підвищеним техногенним ризиком, санаторіях, реабілітаційних центрах, навчальних закладах та серед інших потенційних споживачів (більш ніж у 30 організаціях). В отриманих відгуках за результатами апробації було підкреслено зручність і надійність приладу, відзначено інші позитивні споживчі якості ІТ ФАЗАГРАФ®.

Зокрема, в кількох відгуках зазначено, що під час тестування за допомогою приладу ФАЗАГРАФ® виявлено ряд пацієнтів з певними відхиленнями показників від норми, хоча досі вони вважали себе здоровими. Після додаткової перевірки в медичних закладах цей попередній «діагноз» було підтверджено.

ВИСНОВКИ

ФАЗАГРАФ® — перший вітчизняний прилад цифрової медицини для домашнього вжитку, в якому реалізовано перспективні науково-технічні рішення світового рівня та сучасні ідеї інтелектуальних ІТ.

Слід зауважити, що за результатами аналітичних досліджень [15] останнім часом ринок медичних виробів істотно змінив свій напрям від сегменту складних систем клінічного використання, на якому спостерігається певна стагнація, до портативних приладів цифрової медицини, які пацієнти можуть самостійно використовувати в домашніх умовах за звичайного способу життя.

Зрозуміло, спрощений метод реєстрації інформації тільки від одного відведення, який реалізує ІТ ФАЗАГРАФ®, не може слугувати основою стандартного ЕКГ-висновку. Разом з тим результати апробації технології в клінічних умовах підтвердили, що навіть така обмежена інформація при обробленні ЕКГ у фазовому просторі дає змогу *інтегрально* оцінювати функціональний стан серцевої діяльності та виявляти (з певним ступенем достовірності) початкові ознаки порушень.

Простота використання сенсора з пальцевими електродами для реєстрації ЕКГ (рис. 2) і наочність інформації про результати тестування, поданої в доступній формі у вигляді спеціальних індикаторів (рис. 3), дає можливість користувачеві, який не має медичної освіти, використовувати ІТ ФАЗАГРАФ® у домашніх умовах як приставку до побутового комп'ютера для самооцінювання функціонального стану, оптимізації способу життя та прийому медичних препаратів, розумного розподілу навантажень і

відпочинку й накопичення даних для консультацій з лікарем.

Такий підхід до «розподіленої» діагностики, коли пацієнт сам накопичує інформацію за досить великий проміжок часу, а потім лікар її інтерпретує, дає можливість останньому зробити набагато обґрунтованіші висновки про стан серцево-судинної системи, ніж епізодичний «контакт» з пацієнтом з використанням традиційних клінічних засобів. До того ж накопичення вихідних даних з використанням персоналізованих засобів цифрової медицини істотно зменшує тривалість необхідних обстежень пацієнта в стаціонарних умовах, що має позитивні економічні наслідки як для пацієнта, так і для державної системи охорони здоров'я.

На аналогічних принципах у МННЦ ІТiС створено інші персоналізовані прилади цифрової медицини. Зокрема, розроблено автономний пристрій ІКАР з внутрішнім джерелом живлення і рідкокристалічним дисплеєм, який реалізує елементи ІТ ФАЗАГРАФ® і може працювати без комп'ютера в будь-яких умовах. Створено також оригінальну технологію відновлення рухів після інсультів та інших патологій, яку реалізовано в приладах ТРЕНАР-1 і ТРЕНАР-2. Розроблено інтелектуальну ІТ ДІАБЕТ ПЛЮС, яка виконує функції електронного помічника хворим на цукровий діабет і рекомендує збалансовані дієти.

На нашу думку, широке впровадження цих та аналогічних вітчизняних засобів цифрової медицини — вагомий внесок у вирішення пріоритетної проблеми оздоровлення населення України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Грищенко В.І. Інтелектуалізація інформаційних технологій // Наука і технології. — К.: Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 1992. — С. 4–9.
2. Корнацький В.М. Проблеми здоров'я суспільства та продовження життя. — К.: Інститут кардіології ім. М.Д. Стражеска, 2006. — 46 с.
3. Thaulow E., Erikssen J., Sandvik L. et al. Initial clinical presentation of cardiac disease in asymptomatic men with silent myocardial ischemia and angiographically documented coronary artery disease (the Oslo Ischemia Study) // Am. J. Cardiology. — 1993. — V. 72. — P. 629–663.

4. Гоженко А., Кульбіда М., Кочет О. Профілактична стратегія медичної науки — шлях до підвищення ефективності охорони здоров'я // Вісник НАН України. — 2011. — № 12. — С. 64–69.
5. Файнзильберг Л.С. Информационные технологии обработки сигналов сложной формы. Теория и практика. — К.: Наук. думка, 2008. — 333 с.
6. Connolly D.C., Elveback L.R., Oxman H.A. Coronary heart disease in residents of Rochester, Minnesota. IV. Prognostic value of the resting electrocardiogram at the time of initial diagnosis of angina pectoris // Mayo. Clin. Proc. — 1984. — V. 59(4). — P. 247–250.
7. Беркутов А.М., Гуржин С.Г., Дунаев А.А., Прошин Е.М. Повышение эффективности регистрации формы электрокардиосигнала корреляционной обработкой в цифровой осциллографии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2002. — № 7. — С. 4–13.
8. Zywiec S., Borovsky D., Götsch G., Joseph G. Methodology of ECG Interpretation in the Hannover Program // Meth. Inf. Med. — 1990. — V. 29, N 4. — P. 375.
9. Goldberger A.L. Fractal mechanisms in the electrophysiology of the heart // IEEE Eng. Med. Biol. — 1992. — V 11. — P. 47–52.
10. Генкин А.А. Новая информационная технология анализа медицинских данных. — Спб: Политехника, 1999. — 192 с.
11. Fainzilberg L.S. ECG Averaging Based on Hausdorff Metric // Int. J. Bioelectromagnetism. — 2003. — V. 5, N 1. — P. 236–237.
12. Moody G.B., Mark R.G. The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database // IEEE Eng. Med. Biol. — 2001. — V. 20(3). — P. 45–50.
13. Файнзильберг Л.С. Компьютерный анализ и интерпретация электрокардиограмм в фазовом пространстве // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2004. — № 1. — С. 32–46.
14. Файнзильберг Л.С. ФАЗАГРАФ® — эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца // Клиническая информатика и телемедицина. — 2010. — Т. 6, № 7. — С. 22–30.
15. Vujnoch Z. Ambulatory cardiac monitoring: Avoiding maturity through technological advancement // Healthcare & Life Sciences. Vital Signs. Strategic Insights for Healthcare Executives. — 2007. — 10 September.

В.И. Гриценко, Л.С. Файнзильберг

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем Национальной академии наук Украины и Министерства науки и образования, молодежи и спорта Украины
пр. Академика Глушкова, 40, Киев, 03680, Украина

ПЕРСОНІФІЦІРОВАНІ СРЕДСТВА ЦИФРОВОЇ МЕДИЦИНИ — ШАГ К ЗДОРОВ'Ю

В статье рассмотрены особенности современных интеллектуальных информационных технологий, составляющих функциональную основу персонализированных средств цифровой медицины для домашнего применения. Показано, что реализация таких технологий требует новых подходов к извлечению диагностической информации и специфических методов предоставления информации пользователю, который не имеет специального медицинского образования. Приведены результаты апробации, которые подтвердили эффективность предложенной технологии.

Ключевые слова: цифровая медицина, информационная технология, диагностическая информация.

V.I. Gritsenko, L.S. Fainzilberg

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine
40 Acad. Glushkova Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

PERSONIFIED DIGITAL MEDICINE TOOLS — STEP TO HEALTH

The article describes the features of modern intelligent information technologies that make up the functional basis of personified digital medicine tools for home consumption. We show that the implementation of these technologies requires new approaches to the extraction of diagnostic information and specific methods of information delivery to the user who has no special medical education. Results of testing which confirmed the efficiency of the proposed technology are given.

Keywords: digital medicine, information technology, diagnostic information.

Стаття надійшла 14.06.2012 р.