

УДК 004.415.2

О.І. ДОРОШ, ст.викл., НУ "Києво-Могилянська академія", Київ

МЕДИЧНИЙ МОБІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ НА БАЗІ ОС ANDROID

В роботі розглянуто створення медичного пристрою для систем мобільної медицини (m-health) з врахуванням особливостей ОС ANDROID та способу реєстрації фізіологічних показників. Запропоновано структуру та алгоритм роботи комплексної багаторівневої мобільної персоналізованої системи тривалого спостереження, аналізу та контролю фізіологічних показників здоров'я людини з подвійним доступом для пацієнтів та лікарів. Представлено результати тестових та експериментальних досліджень з використанням розробленого пристрою. Лл.: 2. Бібліограф.: 10 назв.

Ключові слова: система мобільної медицини, ОС ANDROID, медичний пристрій, мобільна персоналізована система тривалого спостереження.

Постановка проблеми та аналіз літератури. Сучасні медичні інформаційні системи (МІС) в основному поділяються на професійні МІС для обслуговування великих медичних закладів та медичні калькулятори-програми для обчислення окремих медичних показників [1, 2]. Професійні МІС з 3-рівневою архітектурою забезпечують інтеграцію електронної медичної картки з діагностичним обладнанням та дозволяють отримати дані з лабораторних аналізаторів для подальшої обробки. Концепція побудови таких систем орієнтована лише на спеціалістів-професіоналів і надає обмежений доступ до довідкової інформації або консультацій користувачам-пацієнтам. Медичні калькулятори можуть використовувати пересічні користувачі, але вони мають дуже обмежені функціональні можливості. При застосуванні мобільних технологій лікарі, як правило, отримують первинні дані про стан здоров'я пацієнтів у вигляді параметрів, графіків, анкет або фото-відео-матеріалів через смартфони, аналізують їх за допомогою традиційних методів без використання мобільних додатків та надають on-line консультації [3].

Актуальною задачею персонально-орієнтованої медицини є створення комбінованих інформаційно-комп'ютерних систем, що надають можливість пацієнтам самостійно контролювати життєво-важливі показники власного здоров'я, а лікарям – контролювати стан здоров'я своїх пацієнтів у режимі віддаленого доступу та проводити професійний аналіз результатів спостереження за допомогою спеціальних мобільних програм-додатків з метою своєчасного та ефективного корегування лікувальних та профілактичних заходів [2]. Одним з перспективних напрямків розвитку інформаційно-комп'ютерних та телекомунікаційних технологій є розробка систем з медичними

© О.І. Дорош, 2015

гаджетами – мобільними пристроями з вбудованими засобами для реєстрації ряду фізіологічних параметрів, контролю фізичної активності, якості сну та ін. [3 – 7]. Серед них можна виділити групу гаджетів (фітнес-браслети, ЕКГ-монітори, спортивні годинники, навушники та ін.), що дозволяють з високою точністю вимірювати та контролювати показники, що характеризують стан серцево-судинної системи (пульс, артеріальний тиск, ЕКГ та ін.), та відображати результати на екрані мобільних пристроїв [5 – 9]. Програмне забезпечення (ПЗ) для таких пристроїв, як правило, розробляється і безкоштовно поставляється у якості додатка фірмами-виробниками і тому є вузькоспеціалізованим. Є розробки ПЗ медичного призначення і у фірм-виробників смартфонів. Наприклад, додаток S Health для смартфонів Galaxy [8]. Програма дозволяє за допомогою датчиків та приладів, таких як глюкометри, пульсометри, монітори АТ та ін. вимірювати важливі медичні показники та через Bluetooth або USB-порт передавати їх на смартфон, де вони представляються у вигляді таблиць або графіків. Також є можливість контролювати вагу тіла, підраховувати калорії, нагадувати про необхідність прийняття ліків і т.п. Пропонується також мобільний додаток для гіпертоніків "Парацельс" [6], який призначений для контролю АТ. При встановленні цього додатку можна вести особистий "Щоденник гіпертоніка"; розраховувати основні показники (пульсовий тиск, дельти значень САТ, ДАТ, ЧСС, індекс маси тіла (ІМТ), індекс ожиріння тіла (ІОТ), індекс відношення об'єму талії до об'єму стегон (індекс ОТ/ОС) за допомогою вбудованих медичних калькуляторів; будувати графіки динаміки змін параметрів, вести зручний щоденник прийому ліків. Концепція побудови програмного додатку "Парацельс" орієнтована на користувача-пацієнта і полягає у створенні однорівневої структури для реєстрації, контролю та графічного відображення параметрів АТ, ЧСС, антропометричних показників (первинна інформація), розрахунку деяких індексів та формування щоденників та звітів. Додаток також дозволяє звертатися до лікарів за консультацією, але не надає програмних інструментів спеціалістам для проведення професійного аналізу первинних даних (тобто у додатку відсутній рівень комплексного професійного аналізу).

Недоліком також є те, що для вимірювання низки параметрів потрібно підключати зовнішні медичні прилади, або вводити параметри вручну. Також для вимірювань потрібно прикладати палець до скануючої поверхні один або декілька разів, тобто вимірювання відбуваються у нерівномірному дискретному режимі. Їх неможливо проводити під час сну, коли контролювати зміни ЧСС та коливання АТ буває життєво

необхідно. У структурі не передбачена можливість проведення скринінгових досліджень на базі анкетування.

На основі проведеного аналітичного огляду встановлено, що існуючі професійні МІС не орієнтовані на задачі персоналізованої медицини. Медичні калькулятори, гаджети та відповідне програмне забезпечення не є комплексними, в основному орієнтовано на спостереження за показниками під час фітнесу та спорту для контролю та оптимізації режиму тренувань та раціонального харчування, а також для контролю рівня фізичного навантаження у побутових умовах та не вирішують багатьох проблем персоналізованої мобільної медицини. У таких системах відсутні програмні засоби для проведення комплексного професійного аналізу первинних даних та анкетування.

Тому актуальною задачею є розробка спеціалізованого програмного забезпечення для мобільних медичних систем з врахуванням особливостей мобільних операційних систем (ОС) та способу реєстрації показників (вбудовані сенсори, медичні вимірювальні прилади, ручне введення даних з клавіатури та ін.), а також програм-додатків, що дозволять проводити комплексний аналіз отриманих показників на більш високому професійному рівні з участю медичних працівників.

Таким чином, можна забезпечити багаторівневу структуру з подвійним доступом: на першому рівні користувачі можуть самостійно контролювати стан свого здоров'я та рівень фізичної активності та проводити нескладні розрахунки за допомогою медичних калькуляторів, а на другому рівні, коли потрібен комплексний аналіз отриманих даних, доступ до професійного програмного забезпечення надається лікарям-спеціалістам з метою більш детального дослідження результатів вимірювання та експрес-аналізу даних і формування відповідних рекомендацій.

Такий підхід також є доцільним при виборі лікарських препаратів, їх дозуванні та оптимізації часу прийому (наприклад, на основі тривалого моніторингу ЧСС під час прийому призначених ліків). Контроль ЧСС або АТ можливий також під час сну. На мобільні пристрої можна безпосередньо встановлювати розширені програмні додатки для лікарів або їх бібліотеку з організацією доступу до серверної частини мобільного комплексу.

Важливою задачею також є розробка мобільних програм-додатків для проведення скринінгових досліджень [9] за допомогою анкетування (наприклад, для оцінювання стресостійкості). Це надасть можливість порівнювати суб'єктивні оцінки стану здоров'я (по результатах опитування) з об'єктивними результатами вимірювання фізіологічних

параметрів за допомогою медичних датчиків або приладів та оптимізувати процес лікування або підтримки здоров'я.

Мета роботи – розробка структури та алгоритму роботи багаторівневої комплексної мобільної персоналізованої системи для тривалого спостереження, аналізу та контролю фізіологічних показників здоров'я людини; створення програмного забезпечення для таких систем на основі ОС Android з використанням інтегрованого середовища розробки Android studio [10]; проведення тестових та експериментальних досліджень з використанням розроблених програм та сучасних медичних гаджетів (типу смарт-браслетів MioFuse [7]).

Розробка структури та алгоритму роботи мобільної персоналізованої медичної системи. Для реалізації поставленої задачі було запропоновано концепцію створення багаторівневої комплексної мобільної персоналізованої системи з клієнт-серверною архітектурою. Структурна організація клієнт-серверної частини такої системи для задач персоналізованої медицини передбачає, що на рівні клієнтської частини виконуються процедури ідентифікації користувачів; передача даних від медичних датчиків, приладів або внесення даних вимірювань з клавіатури; формування локальної бази даних, модуля локальних обчислень, опитувань, експрес-аналізу та відображення результатів. На сервері формується глобальна база даних та проводиться комплексний аналіз (наприклад, варіабельності серцевого ритму), результати якого використовуються при формуванні корегуючих рекомендацій. У блоці рекомендацій передбачено декілька модулів, що дозволяють контролювати прийом лікарських препаратів, рівень фізичної активності, раціон харчування та ін., а також проводити адаптацію до потреб конкретного користувача. На рис. 1 приведено структурну організацію такої системи.

Дані експрес-аналізу характеризують поточний стан здоров'я користувача та інформують його про небезпечні для здоров'я зміни фізіологічних показників організму. Комплексний аналіз проводиться професійними медиками з метою раннього виявлення можливих патологій. Спектральний аналіз варіабельності серцевого ритму (BCP) є важливим інструментом дослідження функціонального стану організму людини. Розробка узагальненого алгоритму швидких спектральних перетворень у різних ортогональних базисах функцій та відповідного програмного забезпечення надасть можливість вибору оптимального з точки зору інформативності та швидкості обчислень базису функцій та покращить рівень діагностичних та профілактичних заходів.

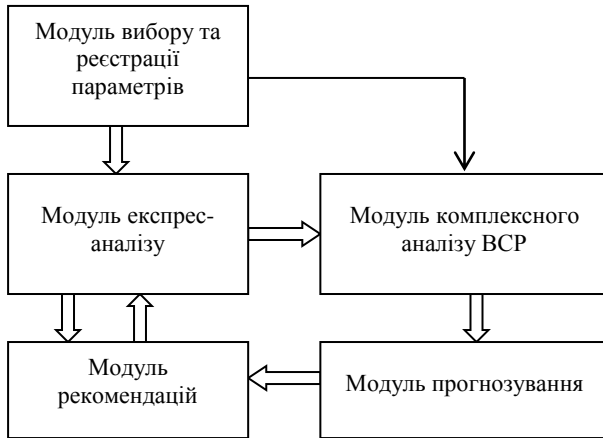


Рис. 1. Структура мобільної персоналізованої системи аналізу та контролю фізіологічних показників здоров'я людини

Алгоритм узагальненого спектрального аналізу ВСР у різних ортогональних базисах з активним використанням пауз. Один з фундаментальних методів комплексного аналізу ВСР заснований на реалізації швидких спектральних перетворень (ШСП) у різних ортогональних базисах функцій (Фур'є (ШПФ), Уолша (ШПУ), Хаара (ШПХ) та ін.). Такі алгоритми відрізняються організацією обчислень, послідовністю слідування спектральних коефіцієнтів та іншими параметрами, але в той же час структура таких ШСП має єдину основу, що дозволяє побудувати узагальнену схему їх реалізації програмними методами. При побудові алгоритму за основу було вибрано алгоритм Гуда із заміщенням. Базова операція ШСП з проріджуванням за частотою описується виразом:

$$X_i(j) = [X_{i-1}(j) + X_{i-1}(j+k)] \cdot S_{i,j},$$

$$X_i(j+k) = [X_{i-1}(j) - X_{i-1}(j+k)] \cdot S_{i,j+k},$$

де $X_i(j)$ – значення результатів проміжних обчислень на кожній i -й ітерації; $i = 1, 2, \dots, \log N$ – номер ітерації; $j = 0, 1, \dots, N-1$ – поточний номер вхідної вибірки або проміжного результату; $S_{i,j}$ – вагові коефіцієнти у базовій операції; $k = 2^{i-1}$. При використанні ШСП з проріджуванням по часу у базовій операції спочатку виконується

операція множення проміжного результату на ваговий коефіцієнт, а потім операція додавання /віднімання:

$$\begin{aligned} X_i(j) &= [X_{i-1}(j) \cdot S_{i-1,j} + X_{i-1}(j+k) \cdot S_{i-1,j+k}], \\ X_i(j+k) &= [X_{i-1}(j) \cdot S_{i-1,j} - X_{i-1}(j+k) \cdot S_{i-1,j+k}]. \end{aligned}$$

Значення вагових коефіцієнтів для кожного з базисів можна обчислити наступним чином:

Для базиса Уолша: $S_{i,j}^w = 1$, для базиса Хаара:

$$\begin{aligned} S_{i,j}^H &= a^k, \quad a = \sqrt{2}, \quad i = 1, 2, \dots, \log N, \quad j = 2^{i-1} \cdot (2p + s), \\ p &= 0, 1, \dots, \left(N/2^i\right) - 1, \quad k = (\log N - i) \cdot s, \quad s = 0, 1. \end{aligned}$$

Для інших значень параметра j вагові коефіцієнти у базісі Хаара дорівнюють нулю, тому структура алгоритму є розрідженою.

Розглянутий узагальнений алгоритм швидких спектральних перетворень у різних базисах функцій дозволяє реалізувати їх у вигляді окремих підпрограм. Враховуючі, що для початку обчислень у запропонованій структурі необхідно поступлення перших двох відліків вхідного сигналу, можна сумістити процес обробки даних з їх поступленням, а час паузи активно використовувати для виконання проміжних обчислень. Алгоритм швидкого перетворення з активним використанням пауз (ШПУА-П) може бути реалізовано на базі швидкого перетворення Уолша-Адамара, який має ітераційну структуру. Перехід на кожну наступну ітерацію відбувається у тому випадку, коли пройдено два відповідних блока операцій на попередній ітерації, а якщо умова не виконується, то відбувається повернення на першу ітерацію. Таким чином, обробка даних відбувається відразу на декількох ітераціях і до моменту, коли прийде остання пара вибірок досліджуваного сигналу, більшу частину алгоритму буде вже пройдено.

Результати тестових та експериментальних досліджень. Для написання програм для мобільних пристроїв на основі ОС Android можна використовувати інтегроване середовище розробки Android studio [10]. Одним з тестових прикладів розробленого програмного забезпечення для m-health систем є програма "Your nervus" для смартфонів та планшетів з ОС Android. Вона містить 3 складових частини: файл activity_main.xml – задає вигляд екрану, файл strings.xml – формує список тестових питань, Файл MainActivity.java – призначений для обробки результатів (рахує кількість відповідей "так" або "ні" згідно

шаблону-ключу. У простому випадку кожна відповідь "так" збільшує кількість набраних балів, а при відповіді "ні" додається 0 балів). В залежності від набраної кількості балів формується відповідь-результат.

Для систем персоналізованої медицини важливою задачею також є розробка програмованих мобільних пристроїв з багатоконтурною адаптацією, які дозволять тривалий час контролювати життєво-важливі фізіологічні показники здоров'я людини (пульс, тиск, ВСР та ін.), зберігати їх у пам'яті мобільного пристрою або у базі даних для подальшого аналізу та формування індивідуальних рекомендацій щодо корекції стану здоров'я. Тестування цього програмного забезпечення дозволило убезпечитися в його працездатності.

При роботі з медичними гаджетами з вбудованими датчиками пульсу (практично було використано фітнес-браслет MioFuse) на екрані смартфона можна отримати інформацію про максимальне та середнє значення ЧСС, дистанцію, задати діапазон для кардіозон та отримати графічне зображення зміни ЧСС у часі (рис. 2).



Рис. 2. Дослідження ЧСС з фітнес-браслетом MioFuse

В експерименті контроль (рис. 2) ЧСС проводився протягом 10 годин. Пройдено дистанцію 5 км з помірною швидкістю. Максимальне значення ЧСС – 135 уд./хв. Середнє значення ЧСС–63 уд./хв. Як видно з графіка, під час експерименту спостерігались значні коливання серцевого ритму, що викликає необхідність додаткового комплексного аналізу варіабельності серцевого ритму.

Враховуючі, що під час експерименту дослідник вживав лікарські препарати, доцільно провести також додаткові аналітичні дослідження по впливу ліків на стан серцевого ритму з метою вибору оптимальної дози та часу прийому препарату. Для проведення потрібних досліджень дані передаються на сервер для комплексного аналізу на основі узагальненого алгоритму швидких спектральних перетворень з активним використанням пауз або використовується програмний додаток "Аналіз ВСР". Доступ до ресурсів надається за допомогою зручного інтерфейсу. Він дозволяє вибрати тип аналізу, задати потрібні характеристики, розмірність та отримати результати.

Висновки. Запропоновано концепцію створення багаторівневої комплексної мобільної персоналізованої системи з клієнт-серверною архітектурою та подвійним доступом (для користувачів-лікарів та пацієнтів). Показано методику створення алгоритмічної бази для спектрального аналізу ВСР на базі дослідження ЧСС з використанням смарт-браслета MioFuse та розробки спеціалізованого ПЗ для реєстрації ЧСС, АТ та анкетування (для пацієнтів) з використанням інтегрованого середовища розробки Android studio. Результати проведення тестових та експериментальних досліджень з використанням розроблених програм та сучасних медичних гаджетів довели ефективність концепції та необхідність продовження розробки ПЗ – сервер для лікарів з метою проведення комплексного аналізу ВСР на базі запропонованого узагальненого алгоритму швидких спектральних перетворень у різних ортогональних базисах функцій з активним використанням пауз.

Список літератури: 1. Вуйцік В. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електрографічних сигналів / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра. – Львів: Ліга-Прес, 2009. – 308 с. 2. Дорош О.І. Методи створення індивідуальних інтерактивно-аналітичних систем для тривалого контролю та аналізу біомедичних показників / О.І. Дорош., Г.Л. Кучмії, Н.В. Дорош // Вісник НТУ "Харківський політехнічний інститут". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – № 36. – С. 71-77. 3. Heart Monitor. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://alivecor.com/>. 4. Медичні гаджети [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://gadgets-world.com/category_30.html. 5. Blood Pressure Monitor. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.withings.com/ru>. 6. Мобільний додаток "Парацельс". [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://paracelsus.dp.ua/?q=uk/node/20>. 7. MioFuse. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mioglobal.com/apps/>. 8. Додаток S Health на Galaxy S5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.samsung.com/ua/support/skp/faq/1048909>. 9. Boyko O. Porownanie nawykov zywnieniowych studentow na Ukrainie s v Polsce. Czesc I. Badania ankietowe / O. Boyko, N. Dorosh, E. Kleszczewska, M. Andyszczuk, K. Logwiniuk // HYGIEIA PUBLIC HEALTH. – 2013. – № 48 (4) – S. 526-531. 10. Інтегроване середовище розробки Android studio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>.

Bibliography (transliterated): **1.** *Vujcik V.* Reestracija, obrabka ta kontrol' biomedicnih elektrograficnih signaliv / *V. Vujcik, Z.Ju. Gotra, O.Z. Gotra.* – L'viv: Liga-Pres, 2009. – 308 s. **2.** *Dorosh O.I.* Metodi stvorenja individual'nih interaktivno-analiticnih sistem dlja trivalogo kontrolju ta analizu biomedicnih pokaznikov / *O.I. Dorosh., G.L. Kuchmij, N.V. Dorosh* // Visnik NTU "Harkivs'kij politehnicnij institut". Zbirnik naukovih prac'. Serija: Informatika ta modeljuvanja. – Harkiv: NTU "HPI", 2011. – № 36. – S. 71-77. **3.** Heart Monitor. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://alivecor.com/>. **4.** Medichni gadzheti [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: http://gadgets-world.com/category_30.html. **5.** Blood Pressure Monitor. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.withings.com/ru>. **6.** Mobil'nij dodatok "Paracel's". [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://paracelsus.dp.ua/?q=uk/node/20>. **7.** MioFuse. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.http://mioglobal.com/apps/>. **8.** Dodatok S Health na Galaxy S5. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.samsung.com/ua/support/skp/faq/1048909>. **9.** *Boyko O.* Porownanie navykov zywniowych studentow na Ukrainie s v Polsce.Czesc I. Badania ankietowe / *O. Boyko, N. Dorosh, E. Kleszczewska, M. Andyszczyk, K. Logwiniuk* // HYGIEIA PUBLIC HEALTH. – 2013. – № 48 (4). – S. 526-531. **10.** Integrovane seredovishhe rozrobki Android studio [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu: <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>.

Надійшла (received) 20.04.2015

Повторно 12.05.2015

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Леонов С.Ю.

Dorosh Oleg, senior Lecturer
National University "Kyev-Mohyla Academy"
Str. Skovorodu, 2, Kiev, Ukraine, 03680
Tel.: (096) 9104223, e-mail: nvdorosh54@mail.ru