

*Розглянуто проблеми, пов'язані зі збором та обробкою медико-біологічних параметрів пацієнтів, з точки зору вирішення задачі клінічного моніторингу. Застосовано технології HealthGrid інфраструктури, що дозволяє розподілено обробляти дані пацієнтів різних лікарів із різних медичних закладів. Запропоновано поєднати можливості сучасних портативних та вбудованих медичних приладів, математичного забезпечення систем медичного діагностування та переваги колаборативних рекомендаційних систем у межах HealthGrid архітектури*

*Ключові слова: клінічний моніторинг, діагностичний прилад, HealthGrid, архітектура e-Health, ідентифікація, медико-біологічні параметри*

*Рассмотрены проблемы, связанные со сбором и обработкой медико-биологических параметров пациентов, с точки зрения решения задачи клинического мониторинга. Применены технологии HealthGrid инфраструктуры, что позволяет распределенно обрабатывать данные пациентов разных врачей из разных медицинских учреждений. Предложено объединить возможности современных портативных и встроенных медицинских приборов, математического обеспечения систем медицинского диагностирования и преимущества коллаборативных рекомендательных систем в рамках HealthGrid архитектуры*

*Ключевые слова: клинический мониторинг, диагностический прибор, HealthGrid, архитектура e-Health, идентификация, медико-биологические параметры*

# ІДЕНТИФІКАЦІЯ СИСТЕМИ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КЛІНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ СІМЕЙНОЇ МЕДИЦИНИ

**О. А. Сітнікова**

Старший викладач

Кафедра «Обчислювальної техніки та програмування»

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

E-mail: oasitnikova@mail.ua

**М. В. Почебут**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра програмної інженерії

Харківський національний

університет радіоелектроніки

пр. Леніна, 14, м. Харків, Україна, 61000

E-mail: pochebut.maksim@mail.ru

## 1. Вступ

Сучасною законодавчою базою визначено, що первинна медична допомога надається в амбулаторних умовах або за місцем проживання пацієнта лікарем загальної практики – сімейним лікарем і передбачає надання консультації, проведення діагностики та лікування найбільш поширених хвороб, здійснення профілактичних заходів; надання невідкладної медичної допомоги або направлення пацієнта для надання спеціалізованої медичної допомоги.

Охорона здоров'я є найважливішою сферою життєдіяльності суспільства і складною соціальною системою. Інформатизація медицини та охорони здоров'я повинна сприяти збереженню здоров'я населення України і підвищенню рівня та ефективності надання медичної допомоги. Однією з важливіших умов ефективної роботи лікаря первинної ланки медичної допомоги є створення системи потужного інформаційного забезпечення, за допомогою якого можна не тільки забезпечити підтримку прийняття діагностичних та медичних рішень сімейним лікарем, а також детально проаналізувати стан організації медичної допомоги населенню.

Можливості сучасних технологій та медично-діагностичного обладнання відкривають нові горизонти для підвищення ефективності та якості первинної медичної допомоги. Таким чином, актуальною проблемою стає розробка комплексу клінічного моніторингу у системах сімейної медицини шляхом розробки апаратно-програмних рішень ідентифікації медико-біологічних параметрів.

## 2. Літературний огляд та постановка проблеми

Відповідно до сучасних досліджень в області електронної медицини, найбільш перспективною є концепція HealthGrid [1, 2], яка являє собою Grid-інфраструктуру, орієнтовану на вирішення медичних завдань. HealthGrid можна використовувати в двох аспектах: для індивідуальних потреб пацієнта і для епідеміологічного аналізу. Перший підхід забезпечує доступ до клінічних даних пацієнта для вирішення поточних проблем. Другий підхід дозволяє використовувати медичну інформацію для пошуку залежностей між антропологічними даними, факторами ризику, симптомами, захворюваннями.

Архітектура HealthGrid системи складається з декількох рівнів (рис. 1). Рівень сховища являє собою ресурсний рівень, що включає в себе різноманітну медичну інформацію. Рівень розподілених баз даних являє собою сукупність географічно розподілених серверів різних медичних установ. Рівень додатків об'єднує множини додатків користувачів для вирішення різних медичних завдань. За виконання протоколів безпеки, аутентифікації, адміністрування та налаштування компонентів мережі HealthGrid відповідає рівень, на якому розташована система управління.

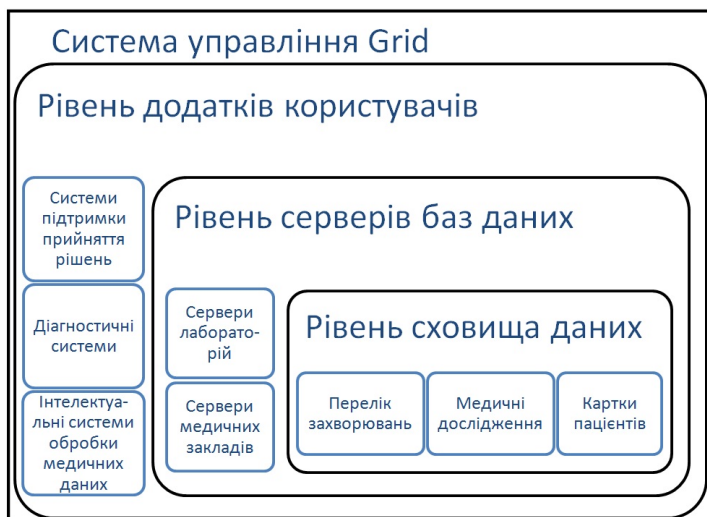


Рис. 1. Архітектура HealthGrid системи

Для забезпечення повноцінної роботи необхідна інтеграція діагностичних приладів, апаратного та програмного забезпечення медичних та інформаційних систем. Збір медичної інформації потребує також залучення статистичної, наукової, дослідницької інформації, яка розподілена у віртуальному колаборативному просторі.

Як свідчить світовий досвід, інститут сімейного лікаря є найбільш ефективним варіантом організації первинної медичної допомоги з точки зору як медичних, так і економічних критеріїв. Насамперед кожного сімейного лікаря необхідно забезпечити відповідним апаратним та програмним забезпеченням для клінічного моніторингу та надання багатопрофільної допомоги. Однак відкритим питанням є процес збору первинних медичних даних, їхня систематизація та автоматизація діагностичних процедур задля цілей підвищення ефективності та якості роботи сімейного лікаря.

В Україні існує успішний досвід впровадження інформаційних технологій в роботу лікаря сімейної медицини [3–7]. Приладно-комп'ютерні та лабораторні дослідження супроводжують процес діагностичного пошуку сімейного лікаря під час безпосереднього вирішення клінічного завдання. Однак загальномедичною є проблема стандартизації та уніфікації методів діагностики і показників, які найчастіше використовуються у практиці сімейних лікарів з урахуванням тривалого динамічного спостереження за пацієнтом.

Формально задачу медичної діагностики можна представити як задачу класифікації, яка полягає в

тому, щоб поставити у відповідність сукупності входних параметрів конкретний діагноз захворювання [1]. Основні підходи, які застосовуються для вирішення завдання медичної діагностики можна згрупувати наступним чином:

- 1) логічний підхід [8];
- 2) статистичний підхід [9,10];
- 3) біонічний підхід [11].

На сьогоднішній день розроблено багато підходів до вирішення задачі медичного діагностування, але кожен з них має свої недоліки і обмеження, тому актуальність розробки ефективних моделей і методів медичної діагностики все ще існує.

Аналізуючи джерела інформації, можна зробити висновок, що головним джерелом даних для типового медичного закладу є пацієнт з його характеристиками [1]. Однак істотною актуальною проблемою є процес збору первинних медичних даних пацієнта, який традиційно реалізується шляхом огляду, обстеження та лабораторного діагностування. Дані, пов'язані з пацієнтом, характеризуються високим ступенем невизначеності, різноманітністю інформації, складністю людського організму і процесів, які у ньому протікають, неповнотою інформації, крім того досліджувані фактори мають різну природу.

Для збору та вимірювання медичних даних використовують низку різноманітних приладів та обладнання. Ринок портативних медичних приладів, що можуть використовуватись вдома та в лікарні, – один з найбільш швидко зростаючих сегментів цілого ринку медичного устаткування. Наприклад, портативні монітори частоти серцебиття, вимірювачі кров'яного тиску, цифрові термометри, електронні вимірювачі рівня глюкози у крові, цифрові ваги, що вимірюють кількість жиру у тілі, та багато іншого [12–15].

Перед лікарями часто постає завдання комплексного моніторингу стану пацієнта для правильного визначення діагнозу та призначення вірного курсу терапії [3, 8, 11]. В цьому випадку необхідно одночасно слідкувати за усіма показниками стану організму. Система, яка б могла виконувати таке завдання, повинна мати у центрі потужний мікроконтролер та відповідне програмне, апаратне та інформаційне забезпечення.

Таким чином, аналіз джерел інформації показав актуальність вирішення проблеми побудови системи комплексного моніторингу сімейного лікаря на основі інтеграції існуючих портативних медичних приладів, відкритих платформ апаратного забезпечення медичних систем та методів теорії штучного інтелекту з метою підвищення ефективності та якості методів діагностування сімейної медицини.

Дослідження стану вирішення поставленої задачі дозволяє зробити наступні висновки. По-перше, сучасні дослідження розглядають окремі аспекти медико-біологічного моніторингу в роботі сімейного лікаря [2, 4, 7, 13, 16], у той час як питання побудови комплексу не розглядаються. По-друге, приділяють увагу економічним та соціальним питанням становлення інституту сімейної медицини [2, 6, 17, 18], але задачі діагностування залишаються поза межами їхніх досліджень.

По-третє, частина дослідників розглядає питання інформатизації сфери охорони здоров'я на рівні держави або регіону, концентруючи свою увагу на проблемах збереження та обробки великих обсягів даних [1, 2, 7], при цьому питання збору первинних даних залишаються поза увагою. Крім цього, характерним можна назвати той факт, що апаратне та програмне забезпечення медичних систем зазвичай розглядаються окремо [12, 14, 19], що не дозволяє системно вирішувати поставлену задачу. Це обумовлює напрямок досліджень з питань побудови комплексної системи сімейного лікаря.

### 3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є аналіз проблем клінічного моніторингу, визначення устаткування та медико-біологічних параметрів для клінічного моніторингу у системах сімейної медицини.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- дослідження проблеми систематичного збору даних в умовах сімейної медицини;
- визначити джерела первинних даних та методичні засади збору медико-біологічних параметрів;
- розробити принципи побудови системи клінічного моніторингу сімейного лікаря.

### 4. Методичні засади побудови комплексної системи клінічного моніторингу сімейного лікаря

Результативність первинної медичної допомоги залежить від багатьох факторів: від стану здоров'я пацієнта та рівня професійної підготовки лікаря, від апаратних та технічних засобів, рівня медичної системи підтримки роботи сімейного лікаря, які використовуються. Значимість цих факторів різна, але людський фактор і моніторинг при наданні первинних медичних послуг є основними.

Моніторинг необхідно проводити з метою контролю:

- 1) стану пацієнта;
- 2) лікувальних або профілактичних дій;
- 3) стану оточуючого середовища.

Моніторинг пацієнта – це контроль функцій і процесів з метою виявлення небезпечних їх відхилень.

Моніторинг стану пацієнта за ступенем складності може включати в себе:

- 1) безперервний контроль параметрів;
- 2) безперервний контроль із інформуванням при виході контрольного параметра за встановлені межі;
- 3) безперервний контроль із інформуванням та підказка рішення;
- 4) безперервний контроль із інформуванням, рекомендаціями та проведенням заходів з нормалізації функції організму.

У загальному методичному аспекті моніторинг розглядається як системний процес безперервного збору даних щодо досліджуваного об'єкту за певними індикаторами, що забезпечує усіх зацікавлених осіб показниками досягнення цілей функціонування даного об'єкту [20]. Моніторинг завжди супроводжу-

ється оцінюванням. Оцінювання – це процес отримання оцінок результатів функціонування системи та визначення їхньої відповідності поставленим цілям [20]. Ці два процеси розглядаються як єдине ціле, оскільки вони взаємопов'язані та є складовою єдиної системи.

У процесі моніторингу та оцінювання виділяються загальні кроки, основні з яких: визначення показників та характеристик для моніторингу та оцінювання, визначення ключових індикаторів, моніторинг, оцінювання, використання результатів моніторингу та оцінювання, підтримка системи моніторингу [20]. Визначення показників передбачає узгодження короткострокових та довгострокових цілей та результатів, що є цікавими для дослідника. Ключові індикатори, за якими здійснюється моніторинг результатів, мають погоджуватись із діючими інструкціями та протоколами. Етап моніторингу передбачає визначення джерел даних та методів збору даних. На першій ітерації визначаються поточні значення показників, які у подальшому спостерігаються із плином часу. Оцінювання показників на основі зібраних даних надає пояснення та рекомендації щодо стану та результатів досліджуваного процесу. На етапі використання результатів моніторингу та оцінювання проводиться аналіз та відбувається коригування плану подальших дій. Окрім цього, певні зусилля необхідні для підтримки безперервної роботи системи моніторингу та оцінювання.

Ключовими аспектами, що потребують визначення для побудови системи моніторингу, є джерела даних та методи збору даних. Модель моніторингу представляє дані, що відображають значення показників [21]. Ці дані збираються з певних джерел. Джерела даних визначають методи їхнього збору. Дані можуть збиратися вручну або за допомогою автоматизованих засобів. Зібрані дані мають зберігатися у зручній формі. Дані у вигляді електронних документів, файлів можуть зберігатися у базах даних та знань.

Частота збору даних визначається об'єктом моніторингу, його природою та внутрішніми характеристиками. Частота збору є одним із факторів, що впливають на вартість утримання системи моніторингу. Зібрані дані повинні також відповідати вимогам критеріїв якості. До них належать надійність, валідність та своєчасність отриманих значень показників [20].

Однією із складових еталонної моделі моніторингу є модель обґрунтування показників [21]. У формуванні множини показників мають брати участь експерти та аналітики. Модель обґрунтування показників визначає спосіб перетворення даних щодо індикаторів моніторингу у значення показників. Отримані показники повинні надавати достатню, повну та актуальну інформацію щодо цілей моніторингу.

Основна ідея даного дослідження полягає у тому, щоб об'єднати можливості сучасних портативних та вбудованих медичних приладів, математичного забезпечення систем медичного діагностування та переваги колаборативних рекомендаційних систем у межах HealthGrid архітектури з метою підвищення ефективності та якості систем підтримки прийняття рішень (ППР) сімейного лікаря за рахунок автоматизації збору первинних медичних даних пацієнта, обробки даних клінічного моніторингу та надання рекоменда-

цій з урахуванням статистичної та наукової медичної інформації.

Збір первинних даних та їх розподілене зберігання і обробка можуть бути реалізовані завдяки технологіям, запропонованим у роботах [21, 22].

Для збору даних з датчиків стану пацієнта пропонується використання платформи з відкритою архітектурою e-Health [23, 24], яка надає можливості щодо побудови апаратної частини системи клінічного моніторингу. Базове рішення (рис. 2) реалізовано для збору даних з 9 різних датчиків. Ця інформація може бути використана для моніторингу в режимі реального часу стану пацієнта або для отримання даних для подальшої медичної діагностики. Біометричні дані можуть бути зібрані по бездротовому каналу за допомогою будь-якого з варіантів підключення: Wi-Fi, 3G, GPRS, Bluetooth, ZigBee або 802.15.4.

Зібрані у такий спосіб дані можуть бути транспортовані до бази даних для подальшої інтелектуальної обробки та аналізу. Зазвичай прийняття медичних рішень неможливо лише на основі інформації щодо одного конкретного пацієнта. Тому цілком доцільно збирати інформацію щодо медичних даних пацієнтів у єдину базу даних сімейного лікаря (рис. 3). До такої бази також необхідно залучити статистичні та інформаційні дані щодо симптомів, хвороб та методів лікування.

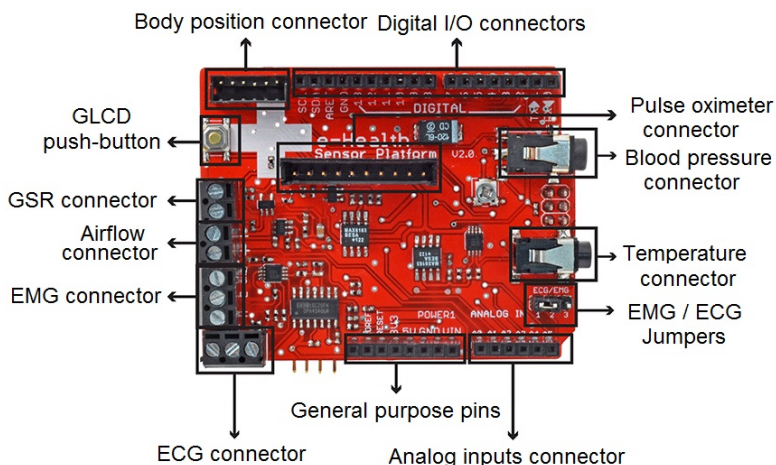


Рис. 2. e-Health Sensor Platform V2.0 для Arduino та Raspberry Pi [23]



Рис. 3. Збір медичних даних для статистичної обробки

Таким чином, процес клінічного моніторингу для сімейного лікаря можна представити у наступній послідовності етапів.

1. Визначення показників та індикаторів, за якими буде збиратися інформація, оброблятися та надаватися рекомендації.

2. Визначення системи індикаторів, значення яких можна отримати шляхом вимірювання на основі портативних та вбудованих медичних приладів в умовах медичного огляду сімейним лікарем або у домашніх умовах пацієнтом особисто.

3. Побудова апаратної архітектури для збору даних з датчиків та передачі медичних даних до рекомендаційної системи сімейного лікаря.

4. Моніторинг стану пацієнта, тобто збір та передача медичних даних, їх первинна обробка та визначення індикаторів.

5. Збір даних у розподіленому колаборативному середовищі для формування статистичних медичних баз даних та ведення електронної амбулаторної карти шляхом розроблення апаратно-програмної системи моніторингу пацієнтів первинної ланки за місцем проживання.

6. Пошук у віртуальному просторі медичної інформації, необхідної для аналізу медико-біологічних параметрів, постановки діагнозу та надання рекомендацій лікарю загальної практики.

7. Діагностування та формування рекомендацій на основі антропологічних, медико-біологічних, статистичних даних клінічного моніторингу.

8. Надання лікарю необхідної медичної інформації та рекомендацій щодо стану пацієнта та шляхів лікування у зручному вигляді, вчасно та із відповідним рівнем надійності.

### 5. Обговорення результатів щодо побудови системи комплексного моніторингу сімейного лікаря

В результаті проведеного дослідження визначено головні принципи особливості системи комплексного моніторингу сімейного лікаря. Враховуючи загал науково-інформаційного характеру за даним напрямком, який було проаналізовано, можна стверджувати, що задача побудови комплексної системи медико-біологічного моніторингу сімейного лікаря поставлена вперше. Особливістю даної постановки є, по-перше, системний підхід щодо проблеми медико-біологічного моніторингу, що дозволяє вирішення задачі розподілити як за етапами збору даних, так і за рівнями прийняття рішень. По-друге, на відміну від традиційних поглядів щодо системи підтримки роботи сімейного лікаря, визначено різні типи джерел даних: первинні дані пацієнта, статистична інформація, яка зібрана сімейним лікарем, а також медична інформація, яка поширюється державними та науковими установами. Об'єднання таких неоднорідних та зазвичай неформалізованих та неструк-

турованих даних приводить до необхідності розбудови рекомендаційної системи колаборативного типу, що є відкритим питанням для подальших досліджень.

Визначення методології збору первинних даних щодо медико-біологічних параметрів пацієнта на основі відкритої архітектури e-Health дозволяє використовувати існуючі портативні та вбудовані медичні прилади для вимірювання параметрів, здійснювати первинну обробку та передавати ці дані до інформаційної системи сімейного лікаря. Запропонована методологія дозволяє автоматизувати збір первинних даних безпосередньо з сенсорів медичних приладів незалежно від характеру сигналу. Подальші дослідження у даному напрямку потребують вирішення проблеми ідентифікації медико-біологічних параметрів для комплексної моніторингу сімейного лікаря.

Дискусійним питанням також залишається математичне забезпечення системи збору даних у розподіленому колаборативному середовищі для формування статистичних медичних баз даних та ведення електронної амбулаторної карти. Пошук у віртуальному просторі медичної інформації, необхідної для аналізу медико-біологічних параметрів, постановки діагнозу та надання рекомендацій лікарю загальної практики є актуальною задачею, яка потребує вирішення.

Подальші дослідження авторів будуть спрямовані на розробку архітектури системи підтримки прийняття рішень сімейного лікаря та визначення математичних моделей ідентифікації медико-біологічних параметрів.

## 6. Висновки

В результаті проведеного дослідження проаналізовано основні питання та проблеми клінічного мо-

ніторингу, визначено набір устаткування та медико-біологічних параметрів для клінічного моніторингу у системах сімейної медицини, процес клінічного моніторингу для сімейного лікаря представлено певною послідовністю етапів.

Основні результати, які отримано в ході дослідження, полягають у наступному:

1. Досліджено задачу систематичного збору даних в умовах сімейної медицини на основі трьох основних типів джерел даних: первинні дані пацієнта, статистичні дані сімейного лікаря та загально-наукова медична інформація.

2. Для кожного типу джерел даних визначено методичні засади щодо побудови системи збору даних, зокрема, для збору первинних даних запропоновано використовувати апаратне забезпечення на базі відкритої архітектури e-Health, для збору статистичних даних – запропоновано розподілену інтелектуальну систему, яка обробляє дані з амбулаторних карт, для збору медичної інформації – необхідно реалізувати інтелектуальну пошукову систему з урахуванням особливостей задач сімейного лікаря;

3. Розроблено базові принципи побудови системи клінічного моніторингу сімейного лікаря. Основна ідея роботи полягає у поєднанні можливостей сучасних портативних та вбудованих медичних приладів, математичного забезпечення систем медичного діагностування та переваги колаборативних рекомендаційних систем у межах HealthGrid архітектури. Такий підхід підвищує ефективність та якість систем ППР сімейного лікаря за рахунок автоматизації збору первинних медичних даних пацієнта, обробки даних клінічного моніторингу та надання рекомендацій з урахуванням статистичної на наукової медичної інформації.

## Література

1. Мельник, К. В. Проблемы и основные подходы к решению задачи медицинской диагностики [Текст] / К. В. Мельник, С. И. Ершова // Системы обработки информации. – 2011. – № 2. – С. 244–248.
2. Kaniovskyi, Y. A semantic cloud infrastructure for data-intensive medical research [Text] / Y. Kaniovskyi, S. Benkner, C. Borckholder, S. Wood, P. Nowakowski, A. Saglimbeni, T. P. Lobo // International Journal of Big Data Intelligence (IJBDI). – 2015. – Vol. 2, Issue 2. – P. 91–105. doi: 10.1504/ijbdi.2015.069091
3. Латишев, Є. Є. Формування системи сімейної медицини в Україні [Текст] / Є. Є. Латишев. – К., 2005. – 176 с.
4. Інформаційні технології в охороні здоров'я і практичній медицині [Текст] / за ред. О. П. Мінцера. – К.: Вища школа, 2003. – 350 с.
5. Качмар, В. О. Медичні інформаційні системи – стан розвитку в Україні [Текст] / В. О. Качмар // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2010. – Т. 8, № 1. – С. 12–17.
6. Мінцер, О. П. Концептуально-технологічні підходи в створенні єдиного медичного освітнього простору [Текст] / О. П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2015. – № 1. – С. 5–8.
7. Знаменська, М. А. Інформатизація закладів охорони здоров'я як основа ефективних комунікацій в системі охорони здоров'я [Текст] / М. А. Знаменська, Г. О. Слабкий // Медична інформатика та інженерія. – 2015. – № 2. – С. 85–88.
8. Прокопчук, Ю. А. Интеллектуальные медицинские системы: формально-логический уровень. Монография [Текст] / Ю. А. Прокопчук. – Днепропетровск: ИТМ НАНУ и НКАУ, 2007. – 259 с.
9. Орлов, А. И. Математические методы теории классификации [Текст] / А. И. Орлов // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 95. – С. 23–45.
10. Черезов, Д. С. Обзор основных методов классификации и кластеризации данных [Текст] / Д. С. Черезов, Н. А. Тюкачев // Вестник ВГУ. Серия: системный анализ и информационные технологии. – 2009. – № 2. – С. 25–29.
11. Стенлець, Й. І. Фізичне та математичне моделювання термодинамічних методів діагностики стану здоров'я людини [Текст] / Й. І. Стенлець, С. М. Злепко, С. П. Павлов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. – № 1. – С. 66–72.
12. Вебстер, Д. Медицинские приборы. Разработка и применение [Текст] / Д. Вебстер, Д. Кларк. – М.: Медицинская книга, 2004. – 652 с.
13. Springer Handbook of Medical Technology [Text] / R. Kramme, K.-P. Hoffmann, R. S. Pozos (Eds.). – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011 – 1500 p. doi: 10.1007/978-3-540-74658-4

14. Medical Devices and Human Engineering Four Volume Set [Text] / E. J. D. Bronzino, D. R. Peterson (Eds.). – CRC Press, 2014.
15. Becchetti, C. Medical instrument design and development: from requirements to market placements [Text] / C. Becchetti, A. Neri. – JohnWiley & Sons Ltd, 2013. – 891.
16. Рыков, С. А. Медико-социальный мониторинг в системе охраны зрения школьников [Текст] / С. А. Рыков, Н. М. Орлова, А. А. Костецкая // Офтальмология. Восточная Европа. – 2013. – № 2. – С. 105–111.
17. Литвиненко, М. В. Принципи національної системи охорони здоров'я в Україні [Текст] / М. В. Литвиненко // Теорія та практика державного управління. – 2015. – Вип. 2 (49). – С. 198–205.
18. Фірсова, О. Д. Система охорони здоров'я Норвегії, особливості її організації на муніципальному рівні: досвід для України [Текст] / О. Д. Фірсова // Економіка та держава. – 2011. – № 1. – С. 100–104.
19. Высоцкая, Е. В. Информационная система ранней диагностики первичной открытоугольной глаукомы [Текст] / Е. В. Высоцкая, А. Н. Страшненко, С. А. Синенко, Ю. А. Демин // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – Вип. 1 (53). – С. 105–109.
20. Kusek, J. Z. Ten steps to a results-based monitoring and evaluation system : a handbook for development practitioners [Text] / J. Z. Kusek, R. C. Rist. – Washington, DC: The World Bank, 2004. – 248 p.
21. Cherednichenko, O. Models of Research Activity Measurement: Web-Based Monitoring Implementation [Text] / O. Cherednichenko, O. Yanholenko, O. Iakovleva, O. Kustov // Lecture Notes in Business Information Processing. – 2014. – Vol. 193. – P. 75–87. doi: 10.1007/978-3-319-11373-9\_7
22. Liu, B. Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data. 2nd edition [Text] / B. Liu. – Springer, 2011. – 622 p. doi: 10.1007/978-3-642-19460-3
23. e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi. Biometric/Medical Applications [Electronic resource]. – Available at: <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>
24. Агаханян, Т. М. Электронные устройства в медицинских приборах [Текст] / Т. М. Агаханян, В. Г. Никитаев. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 480 с.

*Активний фінгерпрінтинг є процесом передачі модифікованих чи дивно відформатованих пакетів на цільову операційну систему та аналізу її відповіді для пошуку вразливих місць. Здійснено порівняльний огляд методів активного фінгерпрінтингу, які використовуються в транспортному (четвертому) рівні в стеку Інтернет протоколу TCP/IP. Також продемонстровано різні реакції операційних систем на проведені тести*

*Ключові слова: активний фінгерпрінтинг, транспортний рівень передачі даних, стек рівня TCP/IP*

*Активный фінгерпрінтинг являється процесом передачі модифіцированих или странно отформатованных пакетов на целевую операционную систему и анализа ее ответа для поиска уязвимых мест. Осуществлен сравнительный обзор методов активного фінгерпрінтинга, которые используются в транспортном (четвертом) уровне в стеке Интернет протокола TCP/IP. Также продемонстрированы различные реакции операционных систем на проведенные тесты*

*Ключевые слова: активний фінгерпрінтинг, транспортний рівень передачі даних, стек рівня TCP/IP*

UDK 004.738.5.057.4

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.51352

# ANALYSIS OF AN ACTIVE FINGERPRINTING APPLICATION OF THE TRANSPORT LAYER OF TCP/IP STACK FOR REMOTE OS DETECTION

V. Mosorov

Doctor of Technical Science  
Department of Computer Science in Economics  
Narutowicha str., 65, Lodz, Poland, 90-131  
E-mail: wmosorow@uni.lodz.pl

S. Biedron

Postgraduate student\*  
E-mail: SBiedron@wpia.uni.lodz.pl

T. Panskyi

Postgraduate student\*  
E-mail: panskyi@gmail.com

\*Institute of Applied Computer Science  
Lodz University of Technology  
Stefanowskiego str., 18/22, Lodz, Poland, 90-924

## 1. Introduction

Today's cyber world is more than programs, computer games, or even the Internet. This is interconnected networks, containing a telecommunications networks, embed-

ded systems and critically important objects of infrastructure, which are closely linked with each other and with the user. Malicious attacks on critical infrastructure are a serious threat for a physical person, firms, business and even government operations. Today, the cyber criminal can