

Голові спеціалізованої вченої ради

ДФ 35.052.088

Національного університету

«Львівська політехніка»

доктору технічних наук, професору

Дуңцю Роману Богдановичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

Доктора технічних наук, професора

кафедри комп'ютерних систем та мереж

Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Лупенка Сергія Анатолійовича

на дисертацію **Гаваньо Богдана Івановича**

**«Методи та засоби оцінювання стану людини в медичних
кіберфізичних системах»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

1. Актуальність теми дисертації

Сучасна цивілізація своєму розвитку багато у чому завдячує розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій. На сьогоднішній час особливо інтенсивно розвиваються кіберфізичні системи, які уможливають інтеграцію в одній, відносно автономній, системі різних процесів вимірювання, опрацювання, зберігання та передачі інформації, що генерується фізичними системами, з можливістю зворотного керуючого впливу на ці системи.

Застосування кіберфізичних систем для потреб медицини, зокрема, в практиці телемедицини, суттєво підвищує ефективність (доступність, швидкодія, висока фахова компетентність) надання медичних послуг населенню, зокрема, в задачах віддаленого контролю, профілактики, діагностування, лікування широкого спектру захворювань та активну участь пацієнтів у цих процесах. Типовими прикладами такого типу систем в медицині є кіберфізичні системи контролю серцевого нападу, діабету, астми, ожиріння, виявлення нещасних випадків і т.п.

На сьогоднішній час, не дивлячись на значні досягнення в сфері

побудови ефективних медичних кіберфізичних систем, залишаються відкритими питання розробки медичних кіберфізичних систем, які б уможлилювали зберігання великих обсягів неоднорідних медичних даних, швидке виявлення та реагування на критичні, надзвичайні ситуації, що загрожують життю пацієнта, а також, давали б змогу здійснювати діагностування пацієнтів із високим ступенем достовірності.

Медичні кіберфізичні системи є програмно-апаратними системами, більшість властивостей яких, суттєво визначається архітектурними особливостями саме їх програмної складової, адже відомо, що архітектура має сильний вплив на життєвий цикл програмно-апаратної системи. Зокрема, різні архітектурні рішення, що використовуються в існуючих медичних кіберфізичних системах, мають різні властивості з точки зору їх функціональних особливостей, архітектурних стилів та моделей, способів реалізації технологій, проблем сумісності та інших основних нефункціональних характеристик та атрибутів якості. Тому від якості архітектурних рішень програмного забезпечення кіберфізичної системи, без сумнівно, залежить і якість функціонування кіберфізичної системи як програмно-апаратної цілісності.

В цьому контексті, важливим науковим завданням є розробка ефективних та надійних медичних кіберфізичних систем оцінювання та контролю стану людини, що ґрунтуються на оптимальних (квазіоптимальних) архітектурних рішеннях організації програмного забезпечення, які б у повній мірі враховували всі необхідні вимоги до такого роду систем. Власне, вирішенню такого актуального наукового завдання і присвячена дисертаційна робота Гаваньо Богдана Івановича.

На актуальність даного дисертаційного дослідження додатково вказує його пов'язаність із науковим напрямом кафедри електронних обчислювальних машин Національного університету "Львівська політехніка": "Питання теорії, проектування та реалізації комп'ютерних систем та мереж, а також комп'ютерних засобів, вузлів, приладів і пристроїв вимірювальних, інформаційних, керуючих, телекомунікаційних та кіберфізичних систем".

Також варто відзначити, що дане дослідження проводилось в рамках роботи над проектом "Applications mobiles pour la surveillance 24h /24 de la fonction pulmonaire chez les patients atteints de COVID-19" за фінансування грантом L'Agence universitaire de la Francophonie AUF по знаходженню шляхів боротьби з COVID-19.

1. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій

Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертаційного дослідження забезпечуються коректним використанням сучасного термінологічно-понятійного апарату в комп'ютерній інженерії, принципів системного аналізу, методів об'єктно-орієнтованого програмування, теорії

ймовірностей та обчислювальної математики, теорії комп'ютерних систем і мереж, теорії кіберфізичних систем.

Наукові положення та результати дисертаційного дослідження узгоджуються з положеннями існуючих наукових теорій, широко опубліковані в наукових рецензованих виданнях як України, так і закордоном, а також регулярно обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях.

Висновки та рекомендації, що містяться в дисертаційній роботі, отримані шляхом застосування відомих наукових методів до перевірених вихідних положень. Виконання дисертаційного дослідження здійснено згідно із загальноприйнятою методикою наукового дослідження, з врахуванням традицій системного аналізу та логіко-математичних наук. Структура та зміст дисертації побудовані зі збереженням причинно-наслідкових зв'язків між їх елементами, що дозволяє перевірити коректність міркувань.

Сукупність вищеописаних факторів дає змогу стверджувати, що наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційного дослідження є **обґрунтованими та достовірними**.

2. Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у тому, що автором вперше розроблено архітектурно-інформаційну модель оцінювання стану людини на основі мікросервісної архітектури в медичних кіберфізичних системах, яка на відміну від відомих моделей, дає змогу одночасно забезпечити масштабування, відмовостійкість та підвищення швидкодії оцінювання стану людини. Також, дисертантом вперше запропоновано метод організації виконання сервісів оцінювання стану людини, який дає можливість виконувати ці сервіси незалежно і паралельно один від одного, що дає можливість пришвидшити процес оцінювання стану людини, виконуючи функції сервісів не очікуючи результатів опрацювання інформації іншими сервісами.

Окрім цього, в дисертації вдосконалено відомі методи оцінювання стану людини в медичних кіберфізичних системах, а саме метод виявлення критичних показників стану людини та метод класифікації пацієнтів і діагностики захворювань, шляхом обчислення агрегованої оцінки життєвих показників стану людини та класифікації пацієнтів на її основі.

3. Практичне значення результатів дисертації

Теоретичні результати дисертаційного дослідження, а саме, розроблені архітектурно-інформаційна модель та методи оцінювання стану людини в медичних кіберфізичних системах реалізовані у вигляді програмно-алгоритмічного забезпечення, яке може бути застосовано при створенні медичних кіберфізичних систем, систем автоматизованого управління на основі

безкабельних сенсорів.

Основні результати теоретичних досліджень дисертації впроваджено в навчальний процес студентів базового напрямку “Комп’ютерна інженерія” Національного університету “Львівська політехніка” у лабораторний практикум з курсу “Автоматизоване проектування комп’ютерних та кіберфізичних систем”; при виконанні науково-дослідницького проекту “Applications mobiles pour la surveillance 24h /24 de la fonction pulmonaire chez les patients atteints de COVID-19” за фінансування AUF.

4. Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертація Гаваньо Богдана Івановича складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Структура дисертації є узгодженою та послідовною, наявний причинно-наслідковий зв’язок між її елементами. Повний обсяг дисертації становить 149 сторінок, з яких 120 сторінок основного тексту.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету дослідження та науково-технічні завдання, необхідні для її досягнення, показано зв’язок дослідження з науковими програмами та темами, наведено наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність та особистий внесок здобувача, надано інформацію про апробацію результатів роботи.

У першому розділі проведено аналіз існуючих підходів до побудови медичних кіберфізичних систем, а саме їх структури та архітектурних рішень серверного програмного забезпечення. В розділі стверджується, що при проектуванні та реалізації медичних кіберфізичних систем, потрібно враховувати, що медичні дані є великими даними, а їх обробка повинна відбуватись паралельно. Згідно проведеному аналізу визначено архітектурні та функціональні вимоги до медичних кіберфізичних систем. Проведено аналіз принципів зберігання даних в медичних кіберфізичних системах. Сформульовано наукове завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі запропоновано засоби опрацювання інформації в медичних кіберфізичних системах. Запропоновано модель опрацювання інформації в медичних кіберфізичних системах. Запропонована модель опрацювання інформації базується на основі мікросервісної архітектури, де кожен засіб є у вигляді мікросервісу. Обґрунтовано метод виявлення критичних подій в медичній кіберфізичній системі, який базується на одному з найбільш використовуваних посібників EWS та агрегованій оцінці життєвих показників стану людини. Розроблено алгоритм класифікації пацієнтів та алгоритм діагностики захворювань.

У третьому розділі, розроблено структуру медичної кіберфізичної системи. Проведено опис функціональних елементів архітектурно-

інформаційної моделі опрацювання інформації в кібернетичній медичній системі. Описано бізнес логіку роботи медичної кіберфізичної системи, а саме систему зв'язків та залежностей елементів бізнес-даних та правил опрацювання цих даних.

У четвертому розділі описано реалізацію серверного програмного забезпечення медичної кіберфізичної системи. Реалізовано засіб автентифікації та авторизації користувачів; сервіс декларування фонових задач; засіб сповіщення про події, використовуючи два канали зв'язку; засіб виявлення критичних показників, в основі якого лежить запропонований метод виявлення критичних показників; засіб, який включає адаптовані алгоритми класифікації пацієнтів та діагностики захворювань; засоби обробки та агрегації виміряних показників. Описано принципи організації зберігання даних в реалізованій медичній кіберфізичній системі, з використанням сховищ різного типу, в залежності від потреби засобів обробки інформації. Описано принцип роботи медичної кіберфізичної системи «HealthyLungs», в якій впроваджувались запропоновані методи, засоби та модель опрацювання інформації.

6. Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації

Повнота викладу результатів дисертаційного дослідження забезпечується публікацією результатів в рецензованих міжнародних та вітчизняних періодичних наукових виданнях, а також доповідями на наукових та науково-практичних фахових конференціях.

Гаваньо Б.І. є автором 11 наукових публікацій, в яких повністю відображені основні результати дисертації, з них: 4 статті у наукових фахових виданнях України; 2 публікації у наукових виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз (з них 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави); 1 стаття у науковому періодичному виданні України, 3 тези доповідей та матеріали конференцій. Отримано 1 патент на корисну модель.

7. Відсутність порушення академічної доброчесності

Результати перевірки дисертації та наукових публікацій Гаваньо Б.І. свідчать про відсутність ознак академічного плагіату та фальсифікацій. Текст дисертації містить посилання як на власні публікації, так і на публікації інших авторів.

Таким чином, можна констатувати відсутність порушення академічної доброчесності в дисертаційній роботі Гаваньо Б.І. «Методи та засоби оцінювання стану людини в медичних кіберфізичних системах».

8. Зауваження до дисертації

До недоліків дисертаційної роботи Гаваньо Б.І. варто віднести наступні:

1. Робота б суттєво виграла, якби містила числові показники ефективності та якості запропонованих нових архітектурних та технологічних рішень у порівнянні із відомими аналогами.
2. Не зрозуміла доцільність та не обґрунтована можливість практичного використання цифрового квантового співпроцесора на ПЛІС для задач класифікації пацієнтів та діагностики захворювань, що описано на сторінках 116-119 дисертації.
3. Мова опису алгоритмів, яку використано у дисертації не належить до класу загальноживаних відомих графічних чи формальних мов опису алгоритмів.
4. Видається за доцільне відображення зворотного зв'язку між блоком, що позначає оперативну базу даних та блоком, що позначає сервіс прийняття рішень роботи мікросервісів, які містяться на рисунку 2.1.
5. На сторінці 48 дисертації наведено перелік вимог до медичної кіберфізичної системи, однак відсутнє обґрунтування, чому вони саме такі.
6. Термін «медична кіберфізична система», який використовується в дисертаційному дослідженні має значне семантичне перекриття із терміном «телемедична система», що вимагає використання більш чіткої дефініції цього важливого для дослідження терміна-поняття.
7. Мають місце термінологічні неточності, наприклад, такі як словосполучення «обробка інформації», «модель оцінки вартості» (ст. 19), «за допомогою суворої та перевіреної методології» (ст. 19), «датчик» (ст. 22), «датчики тіла являють собою» (ст.34), які мають більш граматично коректні свої відповідники, а саме, «опрацювання інформації», «модель оцінювання вартості», «за допомогою строгої та перевіреної методології», «давач, сенсор», «давачі, які прикріплено на тіло людини, становлять собою».
8. Подекуди автор дисертації використовує виклад її матеріалу від першої та другої особи, а не від третьої, як це прийнято в науковій технічній сфері. Наприклад, на сторінках 60-61 містяться висловлювання «Я пропоную...», а на сторінці 84 – висловлювання «Ви використовуєте...».
9. Обсяг анотації до дисертаційної роботи становить трохи більше двох сторінок, що не відповідає вимогам.
10. Обсяг першого розділу дисертації становить 36 сторінок, що дещо перевищує максимальний обсяг, встановлений відповідними вимогами до оформлення дисертації.

Зазначу, що вказані зауваження не зменшують цінність отриманих результатів дисертації і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

9. Висновок

Дисертаційна робота Гаваньо Б.І. відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами від 31.05.2019 р.), Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6.03.2019 р. № 167 зі змінами від 21.10.2020 р.).

Актуальність теми дослідження, ступінь наукової новизни, теоретичне і практичне значення, достовірність висновків і рекомендацій, які отримано у дисертаційній роботі «Методи та засоби оцінювання стану людини в медичних кіберфізичних системах» дають змогу зробити висновок, що вона відповідає спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», а її автор Гаваньо Богдан Іванович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент:

Професор кафедри комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя, доктор технічних наук, професор

С.А. Лупенко

Підпис професора Лупенка С.А. засвідчую:
Вчений секретар
Тернопільського національного
технічного університету ім. Івана Пулюя,
кандидат технічних наук, доцент



Г.М. Крамар