

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Медичні кіберфізичні системи: огляд та сучасні підходи  
до побудови**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи Сам-61  
спеціальності 124 «Системний аналіз»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Вацлавська В.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Кунанець Н.Е

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Цуприк Г.Б

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 124 «Системний аналіз»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Вацлавській Вікторії Степанівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Медичні кіберфізичні системи: огляд та сучасні підходи до побудови

Керівник роботи д.н.с.к., професор кафедри КН Кунанець Н.Е.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи наукові літературні джерела

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз наукових публікацій по темі дослідження

2. Сенсорні системи моніторингу здоров'я

3. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л.П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стадник І.Я., професор		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	21.09.20-27.09.20	Виконано
2	Підбір наукових джерел медичних кіберфізичних систем	28.09.20-04.10.20	Виконано
3	Переклад та опрацювання наукових джерел щодо теми дослідження	05.10.20-11.10.20	Виконано
4	Виконано дослідження щодо сенсорних систем моніторингу здоров'я	12.10.20-18.10.20	Виконано
5	Оформлення розділу «Аналіз наукових публікацій»	19.10.20-25.10.20	Виконано
6	Оформлення розділу «Сенсорні системи моніторингу здоров'я»	26.10.20-01.11.20	Виконано
7	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	09.11.20-15.11.20	Виконано
8	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	16.11.20-22.11.20	Виконано
9	Оформлення кваліфікаційної роботи	23.11.20-29.11.20	Виконано
10	Нормоконтроль	30.11.20-02.12.20	Виконано
11	Перевірка на антиплагіат	04.12.20	Виконано
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи	14.12.20	Виконано
13	Захист кваліфікаційної роботи	21.12.20	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Вацлавська В.С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Кунанець Н.Е.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Медичні кіберфізичні системи: огляд та сучасні підходи до побудови // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Вацлавська Вікторія Степанівна // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група САМ-61 // Тернопіль, 2020 // с. – 83, рис. – 5, табл. – 6, бібліогр. – 96.

Ключові слова: КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, МЕДИЧНА СИСТЕМА, РОЗУМНЕ МІСТО, БІОСЕНСОРНА СИСТЕМА.

Основне завдання роботи полягає у дослідженні кіберфізичних систем, а саме їх взаємодію з пацієнтами. В першому розділі було проведено огляд наукових публікацій. Розглянуто застосування кіберфізичних систем у сучасному світі, у таких галузях, як автомобільна промисловість, повітряний транспорт, розумній мережі та медицині.

У другому розділі розглядається сучасний стан досліджень та розробок недорогих біосенсорних систем моніторингу стану здоров'я шляхом узагальнення та порівняльної характеристики найбільш перспективних поточних досягнень кількох світових проектів та комерційних продуктів.

## ANNOTATION

Medical cyber-physical systems: a review and the latest approaches to their development // Diploma thesis Master degree // Vatslavskia Viktoriia Stepanivna // Ternopil` Ivan Pul`uj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Science, group SAM-61 // Ternopil`, 2020 // P.– 83, Fig. – 5, Tables. – 6, Annexes.– 6, References – 96.

**Keywords:** CYBERPHYSICAL SYSTEM, INFORMATION TECHNOLOGIES, MEDICAL SYSTEM, REASONABLE CITY, BIOSENSORY SYSTEM.

The main task of the work is to study cyberphysical systems, namely their interaction with patients. The first section reviewed scientific publications. The application of cyberphysical systems in the modern world, in such areas as the automotive industry, air transport, smart grid and medicine is considered.

The second section examines the current state of research and development of low-cost biosensor health monitoring systems by summarizing and comparative characteristics of the most promising current achievements of several global projects and commercial products.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АСУ – автоматизована система управління.

ІКТ – інформаційно-телекомунікаційні технології.

КПК – кишеньковий персональний комп'ютер.

ЕКГ – електрокардіограма.

ЕМГ – електроміограма.

ССЗ – серцево-судинні захворювання.

CPS (англ. cyber-physical system) – кіберфізична система.

WHMS (англ. wearable health-monitoring systems) – носимі системи моніторингу здоров'я.

WEALTHY (англ. the wearable health care system) – зберігаюча система охорони здоров'я.

PPG (англ. photoplethysmography) – фотоплетизмографія.

GSR (англ. galvanic skin response) – гальванічна реакція шкіри.

## ЗМІСТ

1	АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	9
1.1	Кіберфізична система та розумне місто .....	9
1.2	Кіберфізичні системи у сучасному світі .....	12
1.2.1	Кіберфізичні системи в автомобільній промисловості .....	13
1.2.1	Системи повітряного транспорту наступного покоління (NextGen) ...	16
1.2.3	Розумна мережа та відновлювана енергія.....	17
1.2.4	Біомедичні системи та системи охорони здоров'я .....	19
1.3	Еволюція медичних приладів .....	20
1.3.1	Майбутні медичні вироби: високоміцні кіберфізичні системи.....	21
1.4	Висновки до першого розділу .....	25
2	СЕНСОРНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я.....	26
2.1	Фізіологічні системи та біосенсори .....	28
2.1.1	Бездротовий зв'язок стандарту WHMS .....	30
2.1.3	Системи на основі смарт-текстилю .....	37
2.1.4	Огляд носимих систем моніторингу здоров'я .....	47
2.2	Висновки до другого розділу.....	55
3	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	57
3.1	Охорона праці. Психологічні та фізіологічні особливості користувачів комп'ютеризованих систем, методи зниження професійного стресу .....	57
3.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях. Фактори ризику і можливі порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі.....	61
3.3	Висновки до третього розділу .....	64
	ВИСНОВКИ.....	66
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	7
	ДОДАТКИ.....	16

## ВСТУП

**Актуальність теми роботи** Медичні кіберфізичні системи (MCPS) є критично важливою для охорони здоров'я інтеграцією в мережі медичних пристроїв. Ці системи поступово використовуються в лікарнях чи в домашньому догляді, для досягнення постійної високоякісної медичної допомоги. Дизайн MCPS стикається з численними проблемами, включаючи непрацездатність, безпеку/конфіденційність та високу надійність системного програмного забезпечення. У поточній роботі розглядається та обговорюється інфраструктура кіберфізичних систем (CPS).

Було проведено дослідження мережевих систем медичних приладів для підвищення ефективності та безпеки медичного обслуговування. Це також може допомогти спеціалістам медичних виробів подолати найважливіші проблеми, пов'язані з медичними виробами, та проблемами, що стоять перед дизайном медичного обладнання.

**Метою** кваліфікаційної роботи магістра є дослідження медичних кіберфізичних систем.

**Об'єктом** дослідження є медичні кіберфізичні системи.

**Предметом** дослідження є носимі сенсорні системи моніторингу здоров'я.

**Наукова новизна** полягає у дослідженні сенсорних систем моніторингу здоров'я, що є найбільш застосовуваними в охороні здоров'я.

**Практичне значення** полягає у дослідженні кіберфізичних систем, а саме їх взаємодію з пацієнтами з метою полегшення їхнього повсякденного життя.

**Задачі дослідження:**

- здійснити аналіз наукових публікацій по темі дослідження;
- провести огляд існуючих систем;
- на основі проведеного огляду, провести порівняльну характеристику.



**Апробацію результатів дослідження** було здійснено на:

— III Міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" (23-24 квітня 2020 року м. Тернопіль), опубліковано тези «Розумні міста: концепції та огляд сучасного стану»;

— VIII Науковій-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (09-10 грудня 2020 року, м. Тернопіль), зокрема опубліковано тези «Масштабні кіберфізичні системи – «розумні» міста» та «Переваги та проблеми використання концепції Big Data у системі Smart City» .

# 1 АНАЛІЗ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ПО ТЕМІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Кіберфізична система та розумне місто

Термін “кіберфізична система” (CPS), що запропонував Національний науковий фонд (National Science Foundation, NSF), означає інтеграцію обчислень у фізичному процесі [1]. Головною характеристикою CPS є щільна взаємодія між обчислювальними і фізичними процесами, тому можна сказати, що кіберфізична система — це комплексна система з обчислювальних і фізичних елементів, яка постійно отримує дані з навколишнього середовища і використовує їх для подальшої оптимізації процесів управління.

До кіберфізичних систем можна віднести розумні мережі електропостачання, системи управління розумним транспортом, АСУ (автоматизовані системи управління) у виробництві і сільському господарстві, а також медичне обладнання. Одним із прикладів кіберфізичних систем є такі масштабні і комплексні рішення, як розумні міста.

Розумні міста можна розглядати як масштабні CPS з давачами, які відстежують обчислювальні і фізичні показники, так певним чином змінюють складне міське середовище. Уряди, організації та технологічні галузі зайняті вирішенням завдань, що породжуються зростаючим рівнем урбанізації, з метою поліпшення міського життя, наприклад, шляхом підвищення ефективності енергопостачання та якості послуг. Високі темпи урбанізації та старіння населення змушують міські адміністрації переглядати свої організаційні структури та інфраструктури в контексті нових завдань. Такими завданнями є: відповідальне і економне використання ключових ресурсів — електроенергії, води, продуктів харчування і сировинних матеріалів. Стрімке зростання міського населення буде загрожувати сталому розвитку, якщо не розробити необхідну інфраструктуру. У цьому контексті для успішного розвитку міста абсолютно необхідне підвищення ефективності. В результаті таких зусиль з'являються розумні міста (масштабні CPS), такі як Сантандер, Сінгапур, Бостон і багато інших.

З технологічної точки зору розумне місто є містом, яке управляється даними, що є результатом інтенсивної цифровізації суспільства, а також повсюдного поширення широкосмугового Інтернету. Ключовим елементом кіберфізичної системи є дані, які збираються в результаті функціонування міста, технології їх обробки та механізми прийняття рішень.

Для успіху CPS і розумних міст людям необхідно думати і діяти по-іншому і активніше включатися в життя міста. Надзвичайно важливими є активні спільноти, здатні агрегувати знання окремих людей і вести спільну діяльність щодо вдосконалення міських служб.

Сучасні технології забезпечують розподілені обчислення, обмін інформацією між користувачами і формування колективних знань. Колективні знання — один з ключів до успіху CPS і розумних міст. Ці знання ґрунтуються на колективному сприйнятті, що підтримує спільний моніторинг міського середовища. Тут потрібні спільні дії для ефективного виконання завдань, що становлять гуртовий інтерес. З технічної точки зору треба буде ще розв'язати безліч складних проблем — як мінімум ефективним і прийнятним способом в реальних умовах. Ось деякі з таких проблем:

- **Різномірність даних.** Це серйозна проблема, яка може негативно впливати на ефективність взаємодій і розробку комунікаційних протоколів. Системи повинні бути здатні підтримувати велику кількість різних додатків і пристроїв.
- **Конфіденційність.** Проблема полягає в підтримці балансу між збереженням конфіденційності та захистом персональних даних — і доступністю даних для надання більш якісного обслуговування. Оскільки CPS керують значними обсягами даних, що включають таку конфіденційну інформацію, як здоров'я, стать, віросповідання і безліч інших персональних відомостей, виникають серйозні проблеми конфіденційності даних. Для CPS необхідна особлива політика забезпечення конфіденційності, тому потрібен інструмент знеособлення даних, що дозволяє видаляти персональну інформацію перед обробкою даних системою.

- **Безпека.** CPS повинні забезпечувати безпеку комунікацій, оскільки всі дії координуються між пристроями в реальному часі. CPS розширюють масштаб і обсяг взаємодії між фізичними і обчислювальними системами, що ускладнює завдання забезпечення безпеки. Для вирішення цієї проблеми недостатньо традиційних інфраструктур забезпечення безпеки, і потрібно шукати нові рішення. Необхідно захищати як самі дані, що надходять, так і збережені дані, зібрані для використання в майбутньому. І нарешті, CPS ґрунтуються на різномірних застосунках і бездротових комунікаціях, що часто ускладнює забезпечення безпеки.

- **Надійність.** CPS можна використовувати в таких важливих галузях, як охорона здоров'я, інфраструктура, транспорт і багато інших. Основними вимогами є надійність і безпека, оскільки виконавчі елементи впливають на навколишнє середовище. Фактично вплив виконавчих елементів може бути незворотнім, тому ймовірність їх непередбаченої поведінки повинна бути зведена до мінімуму. Крім того, навколишнє середовище непередбачуване, тому CPS системи повинні здатні продовжувати роботу навіть при складних обставинах і адаптуватися в разі збоїв.

- **Управління даними.** Необхідно зберігати і аналізувати великі дані, що надходять від різних мережевих пристроїв, обробляти їх та в реальному часі виводити результати. Даними можна управляти за допомогою оперативної потокової обробки, в залежності від призначення системи. При використанні потоків в реальному часі інформація може часто змінюватися і обробка ґрунтується на адаптивних і постійних запитах.

- **Реальний час.** CPS управляють значними обсягами даних, отримуваних від давачів. Обчислювальна обробка повинна бути ефективною і своєчасною, оскільки фізичні процеси тривають незалежно від результатів обчислень. Для задоволення цієї вимоги CPS повинні мати пропускну здатність або потужність, необхідну для підтримки негайної обробки, оскільки невиконання своєчасних дій може привести до довгострокового збитку.

Інфраструктура ІКТ є основою розумного міста. CPS підтримує відкритість та необхідну координацію ІКТ. Параметри розумного міста, програми CPS та ефекти використання CPS наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Параметри розумного міста

Параметри розумного міста	Застосування CPS	Результат
Розумне правління	Електронне управління та електронна демократія	Якісні та ефективні послуги для громадян
Розумна безпека	Координація роботи сучасного обладнання спостереження	Покращує якість життя та зменшує кількість злочинів
Розумна енергія	Технології розумних мереж	Менше споживання палива
Розумний транспорт	Електронна мобільність за допомогою GPS	1. Зменшує викиди газів 2. Зменшує затори на дорогах 3. Зменшення шуму

Розробка CPS забезпечить якісно високий рівень життя населення міста на основі цифрового моніторингу технологічних процесів всіх об'єктів міста в реальному часі для досягнення суспільно значущих цілей [2].

## 1.2 Кіберфізичні системи у сучасному світі

У повсякденному житті ми взаємодіємо з багатьма складними об'єктами та системами. Практично всі вони контролюються комп'ютерами, які взаємодіють зі світом не лише за допомогою сенсорного екрану, але за допомогою прямих дій, що виконуються у фізичному світі. Найпоширеніші кіберфізичні системи, які ми бачимо щодня, це сучасні автомобілі, в яких комп'ютери контролюють не тільки двигун і гальмування, а й часто підтримують водія у виконанні завдань. Тому ми чітко бачимо, як дії, керовані за допомогою комп'ютерів, впливають на реальний світ.

Кіберфізичні системи також присутні в багатьох інших елементах нашого повсякденного життя, таких як енергетичні мережі, заводи, автоматизовані склади, а також літаки або поїзди. Усі ці фізично заплутані системи мають вирішальне значення для якості життя громадян та європейської економіки.

Кіберфізичні системи дуже складні, особливо коли потрібно поєднати кілька CPS. Це має місце, наприклад, в аеропорту чи на великому заводі, де багатьом машинам доводиться працювати разом для досягнення спільної мети.

### **1.2.1 Кіберфізичні системи в автомобільній промисловості**

У промисловій практиці багато інженерних систем були розроблені шляхом відокремлення конструкцій системи управління від апаратних/програмних деталей реалізації. Після того, як система управління розроблена і перевірена за допомогою екстенсивного моделювання, для вирішення моделювання невизначеності та випадкових порушень були використані спеціальні методи налаштування. Однак інтеграція різних підсистем, зберігаючи функціональність, зайняла багато часу та витрат.

Наприклад, в автомобільній промисловості система управління автомобілем покладається на компоненти системи, виготовлені різними постачальниками із власним програмним та апаратним забезпеченням. Основним викликом для виробників оригінального обладнання, які забезпечують деталями, є зменшення витрат шляхом розробки компонентів, які можна інтегрувати в різні транспортні засоби.

Зростаюча складність компонентів і використання більш досконалих технологій для датчиків і виконавчих механізмів, бездротового зв'язку та багатоядерних процесорів створюють головну проблему для побудови систем управління транспортного засобу наступних поколінь. І постачальник, і персонал потребують нових системних наук, що дозволяють надійно та економічно інтегрувати самостійно розроблені компоненти систем.

Зокрема, теорія та інструменти потрібні для розробки економічно ефективних методів, щоб:

- проектувати, аналізувати та перевіряти компоненти на різних рівнях абстракції, включаючи рівні архітектури системи та програмного забезпечення, з урахуванням обмежень з інших рівнів;

- проаналізувати та зрозуміти взаємодію між системами управління автомобілем та іншими підсистемами (двигуном, трансмісією, рульовим колесом та гальмівним механізмом);
- забезпечити безпеку, стабільність та продуктивність, одночасно мінімізуючи вартість автомобіля для споживача.

Все частіше нові функціональні можливості та вартість систем управління транспортними засобами є основними факторами, що відрізняють життєздатність бізнесу у виробництві автомобілів.

Дослідження CPS все ще перебувають у початковому стані. На даний час кіберфізичні системи досліджують у навчальних закладах. Наприклад, системи розробляються та аналізуються за допомогою різноманітних моделюючих інструментів та формалізмів. Кожне уявлення виділяє певні особливості, щоб зробити аналіз вдалим. Зазвичай конкретний формалізм добре відображає або кібер, або фізичний процес, але не обидва. У той час, як диференціальні рівняння використовуються для моделювання фізичних процесів, структур, таких як мережа Петрі, щоб представити дискретну поведінку та управління потоками. Експертиза робочої сили поділяється аналогічно на збиток продуктивності праці, безпеку та ефективність. Незважаючи на те, що такий підхід до моделювання та формалізму може бути достатньо для підтримки компонента, але він являє собою серйозну проблему для перевірки загальної правильності і безпеки конструкцій на рівні системи і фізичного компонента до компонента і їхньої взаємодії.

Інноваційні підходи до абстракції та архітектури, які дозволяють безперешкодно інтегрувати управління, зв'язок та обчислення, повинні бути розроблені для швидкого проектування та розгортання CPS. Наприклад, у мережах зв'язку інтерфейси стандартизовані між різними рівнями. Після встановлення цих інтерфейсів, модульність дозволяє спеціалізовані розробки на кожному рівні. Загальний дизайн дозволяє гетерогенні системи складати за принципом «підключи і працюй», відкриваючи можливості для інновацій та масового розповсюдження технологій та розвитку інтернету. Однак існуюча

науково-технічна база не підтримує рутинну, ефективну, надійну, модульну конструкцію та розробку CPS. Стандартизовані абстракції і архітектура вкрай необхідні для повної підтримки інтеграції, взаємодії і стимулювання подібних нововведень в кіберфізичних системах [3].

Розробка і впровадження систем мережевого управління створюють ряд проблем, пов'язаних з обчисленнями, програмним забезпеченням, змінних тимчасових затримок, відмов, реконфігурації і розподілених систем підтримки прийняття рішень. Проектування протоколів для гарантування якості обслуговування в режимі реального часу в бездротових мережах, компроміси між розробкою закону управління та складністю реалізації в режимі реального часу, подолання розриву між постійними системами та системами з дискретним часом, а також надійність великих систем — ось деякі з проблем для дослідження CPS.

Фреймворки, алгоритми, методи та інструменти необхідні для задоволення високих вимог надійності та безпеки неоднорідних взаємодіючих компонентів, які взаємодіють через складне, пов'язане фізичне середовище, що функціонує в багатьох просторових і часових масштабах.

Апаратні та програмні компоненти, проміжне програмне забезпечення та операційні системи повинні бути розроблені так, щоб виходити за рамки існуючих технологій. Апаратне та програмне забезпечення повинно бути надійним та сертифікованим. Такі складні системи повинні мати надійність, якої бракує багатьом сучасним кіберінфраструктурам.

Наприклад, за оцінками, сертифікація споживає понад 50% ресурсів, необхідних для розробки нових систем, що мають важливе значення для безпеки в авіаційній промисловості. Подібні зусилля потрібні в медичній, автомобільній, енергетичній системах та інших сферах застосування. Наразі надмірна розробка є єдиним шляхом до безпечної та успішної сертифікації та розгортання системи. Тим не менш, цей підхід швидко стає нерозв'язним для складних конструкцій і систем, де потрібна сумісність. Потрібні нові моделі, алгоритми, методи та інструменти, які включатимуть перевірку програмного забезпечення та систем на стадії проектування контролю.



Прогрес у дослідженнях CPS може бути прискорений шляхом виявлення потреб, проблем та можливостей у декількох галузях промисловості та шляхом заохочення міждисциплінарних спільних досліджень між науковими колами та промисловістю. Мета полягає в тому, щоб розробити нові методи системи науки, в яких кіберфізичні конструкції сумісні і інтегровані на всіх рівнях. Поточні та минулі галузеві інвестиції у дослідження технологій CPS були значними, але орієнтованими на короткострокові та швидше виплачувані патентовані технології. Останнім часом уряди та деякі галузі промисловості інвестують у довгострокові технології та інноваційні випробувальні стенди.

Наприклад, Європейський Союз ініціював велику спільну технологічну ініціативу з державно-приватним фінансуванням європейських країн та промисловості, яка називається Advanced Research and Technology for Embedded Intelligence Systems (ARTEMIS). Подібним чином, на основі рекомендацій у звіті Ради радників президента США з питань науки і технологій (PCAST) від серпня 2007 року, Національний науковий фонд США фінансує фундаментальні дослідження кіберфізичних систем [4]. Відповідні ініціативи проводяться в інших країнах, включаючи Японію, Китай, Південну Корею та Німеччину.

Великі CPS формуються у багатьох галузях промисловості. Національна інженерна академія США перерахувала 14 великих проблем, які стосуються екології, охорони здоров'я та соціальних питань; ці питання будуть частково вирішені за допомогою досягнень в кіберфізичних системах [5].

### **1.2.1 Системи повітряного транспорту наступного покоління (NextGen)**

Дослідження кіберфізичної системи, ймовірно, вплине на розробку майбутніх повітряних суден, а також на авіаційну безпеку. Конкретні галузі досліджень включають нову функціональність для досягнення більшої безпеки та ефективності; інтегровані системи льотної палуби, що переходять від дисплеїв та концепцій для пілотів до майбутніх автономних систем; моніторинг стану транспортного засобу та дослідження безпеки щодо систем управління

літаками. Однією з ключових технічних проблем для реалізації NextGen включає в себе перевірку і підтвердження складних польотних важливих систем з акцентом на сприяння надійного, і безпечного використання для операцій NextGen. Оскільки складність систем зростає, витрати, пов'язані з верифікацією, валідацією та забезпеченням безпеки, швидше за все, збільшать вартість проектування та побудови автомобілів наступного покоління. Співтовариство аеронавтики визначило методології та концепції верифікації та валідації як важливу сферу досліджень [6].

Цілі досліджень верифікації та валідації критичних для польоту систем авіації включають забезпечення методів суворої та систематичної перевірки властивостей та вимог безпеки на високому рівні, від початкового проектування до впровадження, технічного обслуговування та модифікації та методи перевірки для підтримки надійності та відмовостійкості.

Деякі із завдань інженерного контролю включають:

- широкомасштабні, стійкі алгоритми оптимізації в режимі реального часу;
- багатоцільові, оптимізовані рамки для кількох зацікавлених сторін;
- дизайн;
- діагностика безпеки / методи моніторингу здоров'я;
- архітектури систем, що полегшують розподілене прийняття рішень.

### **1.2.3 Розумна мережа та відновлювана енергія**

Дослідження та розробка інтелектуальних мереж та відновлюваних джерел енергії займають перше місце серед суспільних інтересів. Мета — покращити енергоефективність, інвестуючи в модернізацію енергетичної інфраструктури. Геополітичні рушії відновлюваної енергетики та розумних мереж полягають у тому, що до 2030 року очікується збільшення попиту на електроенергію більш ніж на 75%; виробництво електроенергії становить понад 40% парникових газів; вартість виробництва 1кВт/год у чотири рази перевищує вартість економії 1кВт/год. Державні агентства фінансування співпрацюють з

промисловістю, комунальними службами та місцевим самоврядуванням у розробці технологій та демонстраційних проектів, що стосуються інтелектуальних мереж.

Наприклад, “Energy Smart Florida” — це новаторський державно-приватний альянс міста Miami, штату Florida Power and Light, General Electric, Silver Spring Networks та Cisco. Цей проект використовує федеральні фонди економічного стимулювання, як частину інвестицій у 800 мільйонів доларів у технології інтелектуальних мереж та відновлювану енергію протягом наступних двох років. За оцінками, в американських будинках та на підприємствах буде встановлено 4,5 мільйона розумних лічильників для розробки та демонстрації технологій управління попитом, автоматизації розподілу, розвідки підстанцій, розподіленої генерації та інформаційних технологій. Мета полягає в тому, щоб продемонструвати збільшення енергоефективності шляхом оптимізації попиту та розподіленої автоматизації шляхом значного зменшення пікового навантаження. Досягнення гнучких пристроїв передачі змінного струму (FACTS) та блоків вимірювання фазорів (PMU) відкрили нові можливості для широкого управління інтелектуальними мережами. Міністерство енергетики США значною мірою інвестує в обладнання ПМУ. Подальші зусилля будуть потрібні, щоб зосередитись на синтезі та аналізі даних для моніторингу динаміки в реальному часі, прогнозування та контролю системи. З огляду на збільшення залежності від широкосмугового зв'язку та управління для поліпшення роботи системи, необхідно щільний зв'язок між кіберсистемами та компонентами фізичних систем у розумних мережах. Критичні прогалини стосуються досягнень системної науки, зокрема гібридних цифрово-аналогових систем, складних нових систем та передових програмних систем для великомасштабних географічно розподілених систем, що змінюються в часі. Досягнення в оптимізації багатомасштабних стохастичних динамічних систем, а також у розподіленому управлінні необхідні для покращення продуктивності інтелектуальної мережі з точки зору безпеки, ефективності, надійності та економічності.

Очікується, що кіберфізичні системи відіграватимуть важливу роль у проектуванні та розробці майбутніх інженерних систем з новими можливостями, які значно перевищують сучасні рівні автономності, функціональності, зручності використання, надійності та кібербезпеки. Прогрес у дослідженнях CPS може бути прискорений завдяки тісній співпраці між академічними дисциплінами в галузі обчислювальної техніки, комунікації, контролю та інших інженерних та інформаційних дисциплін, поєднаних із великими завданнями.

#### **1.2.4 Біомедичні системи та системи охорони здоров'я**

Дослідження CPS розкривають численні можливості в медицині та біомедичній інженерії. До них відносяться інтелектуальні операційні та лікарні, хірургія та терапія, контроль потоку рідини для медичних та біологічних досліджень, а також розвиток фізичних та нейронних протезів. Охорона здоров'я дедалі більше покладається на медичні пристрої та системи, які об'єднані в мережу та мають відповідати потребам пацієнтів за особливих обставин. Таким чином, потрібні медичні пристрої та системи, які динамічно сконфігуровані та можуть взаємодіяти з пацієнтами та медперсоналом у складних умовах.

Наприклад, такі пристрої, як інфузійні насоси, що дозволяють використовувати алгоритми розрахунку оптимального дозування для седації, вентилятори та системи подачі кисню для підтримки дихання та різноманітні давачі для контролю стану пацієнта використовуються у багатьох операційних. Часто ці пристрої повинні бути зібрані в нову конфігурацію системи відповідно до конкретних потреб пацієнта чи процедури. Завдання полягає в тому, щоб розробити системи та методологію управління для проектування і експлуатації цих систем, щоб вони були безпечними і надійними.

Дослідницькі проблеми в області медичних технологій та охорони здоров'я були розглянуті в серії семінарів, які коротко викладені у звіті Національних досліджень та розвитку інформаційних технологій США (NITRD) [7].

У звіті рекомендуються дослідження для нової системної науки та техніки з наступними цілями:

- взаємодіючі та відкриті медичні системи;
- розподілений моніторинг, розподілене керування в режимі реального часу бездротових мереж для об'єктів лікарні інтенсивної терапії;
- методи сертифікації для програмного забезпечення і систем медичного обладнання та мережевого моніторингу пацієнта;
- модельні основи, що підтримують проектування, тестування та сертифікацію на основі компонентів із використанням моделей для конкретного пацієнта.

Іншою складною областю досліджень CPS є пізнання основних принципів рухових функцій людини і використання цього розуміння в інженерних системах. Прикладом можуть бути людино-машинний інтерфейс, лікувально-реабілітаційна техніка, ортопедія, екзоскелети та протезування.

### **1.3 Еволюція медичних приладів**

Американський ринок медичних приладів є найбільшим у світі. На цей ринок припадає приблизно 4,1 відсотка загальних витрат на охорону здоров'я США, і він зростає приблизно на 6 відсотків за рік — приблизно вдвічі більше темпу ВВП США. Промисловість дуже диверсифікована: від одиноких людей, які працюють удома, до глобальних конгломератів. У Сполучених Штатах у цієї галузі найвищий рівень заробітної плати, в якій у 2006 році працювало понад 350 000 працівників. Медичні вироби, що випускаються є різноманітні, починаючи від цифрових термометрів і закінчуючи протезами.

Як і в багатьох галузях промисловості, технологія в галузі медичних виробів еволюціонувала разом із загальними інноваціями в галузі технологій та впровадженням передового досвіду в галузі техніки, переходячи від електроніки з вакуумними трубками до електроніки на основі транзисторів та від металу до пластмас. До цифрової ери медичні прилади, як правило, будувались з використанням аналогових компонентів порівняно простих

конструкцій, з відносно простими користувальницькими інтерфейсами та обмеженими функціональними можливостями.

### **1.3.1 Майбутні медичні вироби: високоміцні кіберфізичні системи**

Технологічні досягнення та інновації дозволяють зменшити розміри медичного обладнання та збільшити можливості, розумно очікувати, що майбутні пристрої можуть перетворитися в повсякденний контроль пацієнтів.

Постійні дослідження, схоже, спрямовані на об'єднання фізіологічних, біологічних, інженерних та фізичних систем, які включають: біомеханічні системи, нано/біоприлади або навіть (програмовані) біологічні системи. Можна очікувати, що медичні вироби та системи майбутнього продовжать тенденцію до гетерогенних конфігурованих персоналізованих систем, більш спроможних, а також більш складних, ніж сучасні.

Методи, розроблені для розробки CPS, повинні розширюватися та масштабуватися, включаючи інтеграцію та взаємодію поширених фізичних та біологічних систем. Сфери технічних проблем для досліджень та деякі фактори включають наступне:

Висока і все ще зростаюча вартість пов'язана з медичною установою, особливо для втручань, які не потребують ресурсів лікарні. Це призвело зростання інтересу до такої альтернативи, як домашній догляд.

Другим, можливо, несподіваним рушієм інновацій є спорт, де зростає популярність технологій для вимірювання ефективності тренувань та спортивних результатів.

Майбутні обчислювальні та мережеві технології, що застосовуються у медичних пристроях та системах, ймовірно, будуть взаємопов'язані у складніших відкритих системах із багатьма різномірними компонентами. Варіації в конфігурації пристроїв будуть дуже динамічними, що визначається як економічними, так і медичними міркуваннями, що стосуються конкретного пацієнта. Це майбутнє залежатиме від науково-технічної основи, яка може забезпечити гнучку та надійну конфігурацію високопродуктивних вбудованих

систем реального часу з мережевими технологіями, управлінням даними та технологіями управління.

Фізіологічне зондування, контроль і зворотний зв'язок у режимі реального часу:

З'єднання давачів: досліджують давачі, які можна імплантувати або носити (наприклад, прикріплювати до одягу), обмінюючись даними по бездротовій мережі або через мережі які вплетені в тканини, і використовувати для аналізу ходьби, виявлення падіння, контролю рухливості та рівня активності. Швидко зростаюча область досліджень фокусується на середовищах, здатних використовувати технології моніторингу, щоб при сприятливі були більш безпечними для догляду на дому.

Наприклад, лікування діабету перейшло від обтяжливих методів, заснованих на фізіологічних тестах, до домашніх вимірювань глюкози на основі приладів у пацієнтів з інфузійними насосами. Наближається контроль із замкнутим циклом на основі технології зондування шкіри. Подібним чином, багато інших тестів та досліджень, які сьогодні проводяться «поза мережею» з використанням однієї або невеликої кількості зразків, відправлених до лабораторії, можуть поступитися місцем динамічним моделям, отриманим в результаті постійного моніторингу, що також може дати можливість для контролю по замкнутому циклу. .

Протезування: зростаючий попит на пристрої для людей з серйозними травмами чи вадами розвитку сприяє інноваціям у галузі протезування всіх видів. Протезні пристрої все більше залежатимуть від передових інформаційних та контрольних технологій. Можна очікувати, що біомедична аугментація розшириться з появою нових біомеханічних технологій і нових цілей лікування, таких як нейронна і глибока стимуляція мозку, а також ретинальні і кохлеарні імплантати. У давно знайомих пристроях, таких як штучні кінцівки, кисті рук або ніг, потенційні можливості інтелектуального протезування тільки починають вивчати — наприклад, можливість того, що пацієнт може керувати протезом за допомогою власної мозкової діяльності.

Розроблені матеріали та органи, такі як «розумна шкіра» та штучна підшлункова залоза стає реальністю.

Мінімально інвазивні діагностичні та втручальні технології: очікується, що нинішня тенденція до менш інвазивних методів отримання біометричних даних та проведення хірургічних втручань продовжиться. Ризик інфекції та побічної травми, а також час відновлення пацієнта та вимоги догляду можуть бути знижені, коли можна уникнути великих хірургічних ран. Точна мікрохірургія вже отримує вигоду від технологій, оскільки мініатюризація медичних пристроїв зараз досягає масштабу мікро- та наноелектромеханічних систем (MEMS та NEMS). Пристрої можуть проникати крізь судини, щоб дістатися до областей серця, які контролюють ритм скорочення.

Також, пристрій може виконувати мікрохірургічне втручання для індукції рубця, який зменшує провідність і змінює електричний сигнал для пом'якшення тахікардії, поширеного типу аритмії. Це допоможе уникнути пошкодження навколишніх тканин.

Контроль та зворотній зв'язок: все більш досконалі протези та терапевтичні технології ілюструють системи, які повинні добре взаємодіяти зі своїми користувачами. Якщо пристрій має кілька функцій, система повинна бути спроектована таким чином, щоб користувач не забував про це, і міг належним чином контролювати поточний режим роботи. В іншому випадку плутанина режиму може спричинити помилкові дії користувача та потенційно завдати шкоди. Взаємодія декількох пристроїв, що працюють одночасно, також не повинно спричиняти небезпечних умов, і не повинні спричиняти перешкод, які заважають тому чи іншому пристрою належним чином виконувати важливу функцію.

Велика кількість біомаркерів, які можуть бути доступні для поліпшення розуміння стану пацієнта, будуть дуже корисними з точки зору здоров'я, але також можуть вимагати значної технічної підтримки. Наприклад, може виникнути необхідність для об'єднання і синхронізації даних, наприклад, для досягнення співвідношення ЕКГ, м'язової і сигналів ЕЕГ в режимі реального часу.



Критичні області досліджень включають в себе:

- плутанина режиму, що змушує користувача робити неправильні дії не в той час;
- тактильний зворотний зв'язок;
- активація (як насправді робити те, що ви хочете зробити з протезом);
- інтелектуальне протезування;
- синхронізація даних (наприклад, кореляція ЕКГ-ЕЕГ, де сигнали можуть вимагати синхронізації в режимі реального часу);
- адаптивне управління.

Біологічна та фізіологічна системи: корельована інформація про численні біомаркери може дати більш повну та одночасну оцінку стану пацієнта, ніж загальнодоступна сьогодні. Однак дослідження, винаходи та інноваційні розробки потрібні для того, щоб породити технології, які можуть повною мірою використовувати ці нові відкриття про процеси хворіб, їх фізіологічні прояви та біомаркери, які є їх найкращими показниками.

З науково-технічної точки зору прогрес у галузі біомедичних технологій неминуче буде стимульований відкриттями в біології та медицині; нові винаходи біосенсора та біоактуації; досягнення біологічних та наноматеріалів та конструкцій; мініатюризація, посилений контроль та збільшення мобільності таких технологій, як мас-спектрометрія, ультразвук та резонансна томографія. Багато з них стали можливими завдяки одночасному розвитку кібертехнологій, які дозволяють використовувати та точно контролювати фізичні технології. Можна очікувати, що біологічні та медичні досягнення відкриють нові можливості для втручань на всіх рівнях: системному, органному, клітинному, молекулярному або навіть атомному.

## 1.4 Висновки до першого розділу

У сучасному світі кіберфізичні системи можна розглядати, як системи нового покоління з інтегрованими можливостями управління, зв'язку та обчислень. Подібно до того, як Інтернет змінився, як люди взаємодіють один з одним, кіберфізичні системи трансформують взаємодію людей з фізичним світом. В даний час вивчення CPS все ще перебуває в зародковому стані, і існує багато дослідницьких питань та проблем, починаючи від електроенергетики, охорони здоров'я, транспорту та розумного будівництва, сільського господарства тощо [8].

Така інтеграція, яка називається кіберфізичними системами, перетворює промисловість, сільське господарство та лікарні на наступний рівень. CPS сприяє систематичному перетворенню масивних даних в інформацію, що робить видимими невидимі моделі деградації та неефективності та поступається оптимальній системі прийняття рішень.

Завдяки стрімкому розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та інтеграції передової аналітики у виробництво, продукцію та послуги, багато галузей промисловості та лікарень стикаються з новими можливостями та одночасно проблемами збереження своєї компетентності та сучасних потреб.

Внаслідок швидкої трансформації різних медичних систем виникає велика потреба в нових пристроях з підвищеними функціональними можливостями. Термін "Медичні кіберфізичні системи" відноситься до систем, що мають комбінацію вбудованих пристроїв, програмного забезпечення для управління цими пристроями та каналу зв'язку для взаємодії. Для розробки безпечної та ефективною кіберфізичної системи, потрібні нові методи проектування, перевірки та оцінки завдяки збільшенню розміру та складності. І проблеми, пов'язані з розробкою таких типів систем, включають виконуваний клінічний робочий процес, розробку на основі моделі, фізіологічний контроль із замкнутим циклом, адаптивні алгоритми для конкретного пацієнта, розумні сигналізації та орієнтована на користувача конструкція та інфраструктура для медичної інтеграції та взаємодії [9].

## 2 СЕНСОРНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я

Проектування та розробка біосенсорних систем для моніторингу стану здоров'я привернуло багато уваги в науковому співтоваристві та промисловості протягом останніх років. В основному мотивується за рахунок збільшення витрат на охорону здоров'я та недавніми технологічними досягненнями у мініатюрних біосенсорних пристроях, розумному текстилі, мікроелектроніці і бездротовому зв'язку, постійне вдосконалення сенсорних систем, потенційно може перетворити майбутнє охорони здоров'я, дозволяючи активне управління особистим здоров'ям та моніторинг стану здоров'я пацієнта.

Ці системи можуть містити різні типи малих фізіологічних давачів, модулі передачі та можливості обробки, і таким чином, може сприяти низької вартості та безперервного носіння протягом всього дня. Різноманітність реалізацій системи порівнюється в підході визначення технологічних недоліків поточного стану сучасних рішень біосенсорів. Акцент робиться на багатопараметричних фізіологічних системах зондування, що забезпечують надійне вимірювання життєвих показників та включають підтримку прийняття рішень у режимі реального часу для раннього виявлення симптомів.

Носимі системи моніторингу здоров'я (WHMS) привернули велику увагу дослідницького співтовариства протягом останнього десятиліття, на що вказують численні та щорічно зростаючі відповідні зусилля з досліджень та розробок [10-12]. Оскільки витрати на охорону здоров'я збільшуються, а населення світу старіє [13], необхідно стежити за станом здоров'я пацієнта в той час як він вийшов з лікарні в його особистому оточенні. Щоб задовольнити цей попит, протягом останніх років було виготовлено різноманітні прототипи систем та комерційні продукти, які спрямовані на надання інформації про стан здоров'я в режимі реального часу або самому користувачеві, або медичному центру, щоб наглядаючий лікар, мав можливість попередити особу у разі можливих неминучих станів, що загрожують здоров'ю.

На додаток до цього, WHMS складають нові засоби для вирішення питань управління і контролю хронічних захворювань, хворих в після операційному періоді реабілітації, а також осіб з особливими потребами [14], [15].

Носимі системи моніторингу здоров'я можуть включати різні типи мініатюрних датчиків, що носяться або навіть імплантуються. Ці біосенсори здатні вимірювати важливі фізіологічні параметри, такі як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, температура тіла та шкіри, насиченість киснем, частота дихання, електрокардіограма тощо. Отримані вимірювання передаються через бездротову мережу або через провідні лінії зв'язку до центрального вузла, наприклад, кишеньковий персональний комп'ютер (КПК) або мікроконтролер плати, який може потім, в свою чергу передавати життєво важливі ознаки в медичний центр. Медична система може охоплювати широкий спектр компонентів: датчачі, носимі матеріали, смарт-текстиль, блоки живлення, модулі бездротового зв'язку, управління і блоки обробки і вдосконалені алгоритми вилучення даних та прийняття рішень.

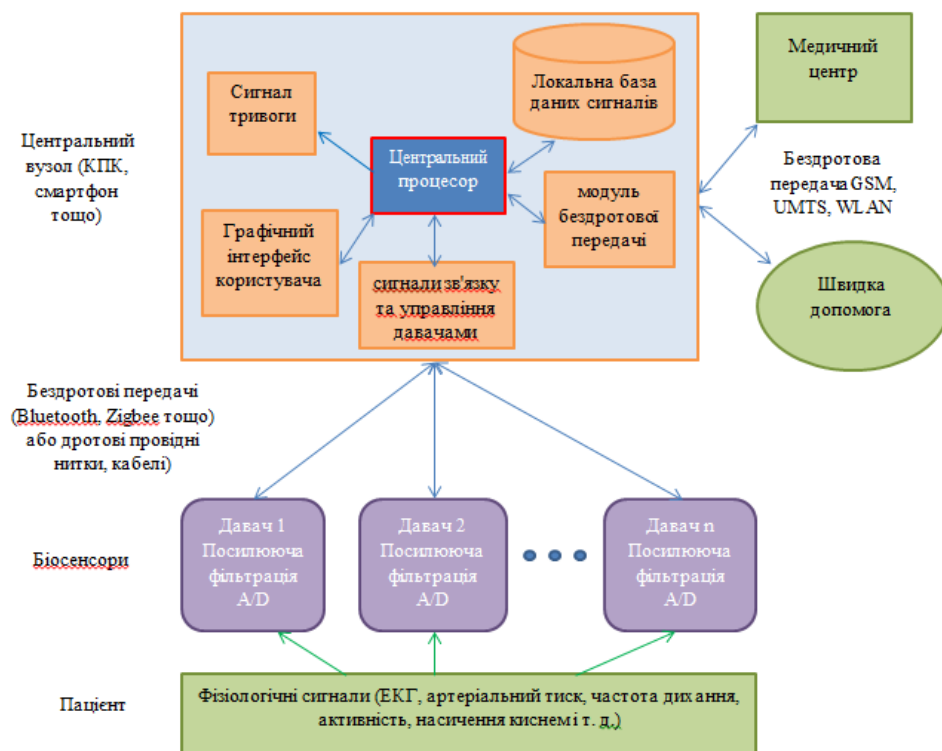


Рисунок 2.1 – Архітектура носної системи моніторингу здоров'я

На рисунку 2.1 зображена загальна архітектура WHMS відповідно до функціональних можливостей та компонентів описаної системи. Тим не менш, це не повинно сприйматися як стандартна конструкція системи, так як багато систем можуть приймати істотно різні архітектурні підходи (наприклад біосигнали можуть передаватися в аналоговій формі і без попередньої обробки з центральним вузлом і двобічним зв'язком між давачами).

Як стало очевидним носимі системи моніторингу стану здоров'я повинні задовольняти певним суворим медичним критеріям [16], [17]. Більш конкретно, конструкція системи моніторингу стану здоров'я, яку можна носити, повинна враховувати кілька критеріїв носіння, наприклад, вага та коефіцієнт розміру системи повинні бути невеликими, а система не повинна перешкоджати будь-яким рухам або діям користувача. У доповненні до цього, безпеку і конфіденційність зібраних особистих медичних даних повинні бути гарантовані системою, в той час як споживання енергії потрібно звести до мінімуму, щоб збільшити термін експлуатації системи. Звичайно, такі системи повинні бути доступними, щоб забезпечити широкий доступ громадськості до дешевих послуг з моніторингу здоров'я.

Попередні згадані параметри носної системи моніторингу здоров'я підкреслюють той факт, що проектування такої системи є дуже складним завданням, оскільки багато розробників повинні враховувати багато обмежувальних та часто суперечливих вимог.

У цій роботі розглядається сучасний стан досліджень та розробок носіїв недорогих ненав'язливих систем моніторингу стану здоров'я шляхом узагальнення та порівняння характеристик найбільш перспективних поточних досягнень кількох світових проєктів та комерційних продуктів.

## **2.1 Фізіологічні системи та біосенсори**

У цьому розділі наведено перелік декількох технологій зондування, як показано в таблиці 2.1, які можна інтегрувати, як частину носної системи моніторингу здоров'я разом із відповідними вимірними фізіологічними

сигналами. Вимірювання цих життєво важливих біосигналів та їх подальша обробка для вилучення ознак приводить до збору в режимі реального часу зібраних фізіологічних параметрів, які можуть дати загальну оцінку стану здоров'я користувача в будь-який момент часу.

Таблиця 2.1 — Біосенсори та біосигнали

Тип біосигналу	Тип сенсору	Опис вимірних даних
Електрокардіограма (ЕКГ)	Електроди для шкіри / грудної клітки	Електрична активність серця (безперервна форма хвилі, що показує фази скорочення та розслаблення серцевих циклів)
Артеріальний тиск (систоличний та діастолічний)	Пристрій на зап'ясті	Відноситься до сили, що діє за рахунок циркуляції крові на стінках кровоносних судин, особливо артерій
Температура тіла	Температурний зонд або шкірний пластир	Міра здатності організму виробляти і позбавлятися від тепла
Частота дихання	П'єзоелектричний сенсор	Кількість рухів, що вказують на вдих і видих за одиницю часу (частота дихання)
Насичення організму киснем	Пульсоксиметр	Позначає оксигенацію або кількість кисню, який в крові пацієнта
Частота серцевих скорочень	Пульсоксиметр / шкірні електроди	Частота серцевого циклу
Провідність шкіри (потовиділення)	Гальванічна реакція шкіри	Електропровідність шкіри пов'язана з діяльністю потових залоз
Звуки серця	Фонокардіограф	Запис серцевих звуків, вироблених правильно розміщеним на грудному мікрофоні (стетоскоп)
Глюкоза в крові	Смужки для вимірювання	Вимірювання кількості глюкози
Електроміограма (ЕМГ)	Шкірні електроди	Електрична активність скелетних м'язів (характеризує нервово-м'язову систему)
Електроенцефалограма (ЕЕГ)	Електроди розміщені на голові	Вимірювання електричної спонтанної мозкової діяльності
Рухи тіла	Акселерометр	Вимірювання сил прискорення в тривимірному просторі

### 2.1.1 Бездротовий зв'язок стандарту WHMS

Як показано на рисунку 2.1, передача вимірних даних у загальному контексті WHMS повинна виконуватися для двох різних цілей:

- 1) для передачі зібраних фізіологічних сигналів від біосенсорів до центрального вузла системи;
- 2) для передачі зведених вимірювань із носної системи на віддалену медичну станцію або на мобільний телефон лікаря.

Як вже відзначалося, тип 1) передача даних може бути оброблена або за допомогою проводів або кілька бездротових ліній. У першому випадку мобільність та використання проводів можуть серйозно заважати комфорту користувача, крім того, існує підвищений ризик збою системи [18].

Більш сприятливим підходом є використання струмопровідних ниток для передачі вимірювань, зібраних від давачів, інтегрованих на якомусь типі гнучкого одягу зі смарт-текстилю [19].

В якості альтернативи, в останньому випадку, автономні вузли давачів можуть утворювати мережу зони тіла або мережу давачів на тілі, як правило, в базовій конфігурації зіркоподібній топології, передачі даних до центрального вузла VAN, який може бути КПК, смарт-телефон, кишеньковий комп'ютер або спеціально розроблений пристрій на базі мікроконтролера.

Що стосується типу 2) передачі даних на великій відстані між WHMS та віддаленою станцією чи пристроєм, існує безліч доступних бездротових технологій, які можуть служити цій меті. До таких технологій належать WLAN, GSM, GPRS, UMTS та WiMAX, які можуть запропонувати широке покриття та повсюдний доступ до мережі. Крім того, очікується, що майбутні досягнення систем мобільного зв'язку 4G гарантуватимуть безперервний доступ до Інтернету у всьому світі на набагато вищій швидкості передачі даних [20], а отже, сприятимуть ефективнішому збору вимірювань у режимі реального часу.

Найбільш часто використовуваними стандартами бездротового зв'язку в VAN є IEEE 802.15.1 (Bluetooth) та 802.15.4 (поширено називають Zigbee, хоча Zigbee включає специфікацію мережевих, захисних та прикладних рівнів

поверх офіційного стандарту), спочатку частина 802.15 Working групи з бездротової персональної мережі.

Стандарт Zigbee [21] орієнтований на недорогі рішення з низькою швидкістю передачі даних із тривалістю автономної роботи від декількох місяців. Він працює в 16 каналах у промисловій зоні 2,4ГГц, науковий та медичний діапазон (ISM) (250кбіт/с, модуль OQPSK в 10 каналах в діапазоні 915МГц (40кбіт/с, BPSK модуляція) і в одному каналі в діапазоні 868МГц (20 кб/с, Модуляція BPSK). Максимальний діапазон передачі становить близько 75м, а підтримувані мережеві архітектури включають топології зірок, скупчень дерев та сіток. Zigbee використовує розширений алгоритм стандарту шифрування (AES) із 128-бітними ключами, щоб гарантувати цілісність та конфіденційність повідомлень та виконати автентифікацію.

Bluetooth [12] — це галузева специфікація підключення на основі короткого діапазону між портативними та фіксованими пристроями. Це низькопотужний і недорогий РЧ-стандарт, який працює в неліцензійному спектрі 2,4ГГц. Він використовує техніку стрибка частоти (FHSS) через 79 каналів в діапазоні ISM для боротьби з перешкодами, і може підтримувати до 3Мбіт/с у режимі посиленої швидкості передачі даних та максимальній відстані передачі 100м (хоча 10м — це найпоширеніший режим). Її основною конфігурацією є пікмережа, мережа топології зірок з одним ведучим та сімома веденими пристроями, завдяки чому ведучий забезпечує посилення на синхронізацію. Шифрування є обов'язковим і забезпечується 64-х або 128-розрядним алгоритмом SAFER +, однак часто виявляється, що фреймворк Bluetooth є вразливим до можливих атак та ризиків [22], [23].

Bluetooth SIG нещодавно оголосив про додавання двох альтернативних стеків протоколів, наприклад, Bluetooth з низьким енергоспоживанням, технологія наднизького енергоспоживання для пристроїв з обмеженою ємністю акумулятора та специфікація Bluetooth 3.0, яка використовує рівні Wi-Fi PHY/MAC для більшої пропускної здатності. Технологія Bluetooth з низьким енергоспоживанням дозволяє споживати лише незначну частину потужності



оригінальних продуктів Bluetooth, серед іншого націлена на спорт та пристроїв охорони здоров'я.

Таблиця 2.2 – Стандарти бездротової комунікації

	Діапазон	Швидкість передачі даних	Потужність	Вартість чіпа	Частота
Zigbee	10-75м	20кбіт/с 40кбіт/с 250кбіт/с	30мВт	2\$	868МГц 915МГц 2.4ГГц
Bluetooth	10-100м	1-3Мбіт/с	2.5-100мВт	3\$	2.4ГГц
IrDa	1м	16Мбіт/с	-	2\$	Інфрачервоний
MICS	2м	500кбіт/с	25мкВт	-	402-405МГц

Альтернативні технології для внутрішньобанківського зв'язку короткого діапазону включають інфрачервоне (IrDA), послугу зв'язку з імплантацією медичного обладнання (MICS) та надширокосмугове (UWB). IrDA — це недорогий протокол зв'язку для обміну даними на короткому діапазоні через інфрачервоне світло. Незважаючи на те, що це низьковольтна технологія, яка підтримує до 16 швидкостей МБ/с, має головний недолік, що вимагає прямої видимості зв'язку, що робить його непрактичним для застосування WHMS.

MICS — це неліцензійна, мобільна радіослужба для передачі даних із низькою швидкістю на підтримку діагностичних або терапевтичних функцій, пов'язаних з медичними пристроями [24]. Використовується діапазон частот 402–405МГц з каналами 300кГц. Ефективна ізотропна перенаправлена потужність (EIRP) обмежена 25мкВт і націлена переважно на такі пристрої, як кардіостимулятори та дефібрилятори. Незважаючи на свої сприятливі характеристики, дослідники не використовували MICS через відсутність комерційно доступних рішень. Нарешті, UWB, що працює в діапазоні частот 3,1–10,6ГГц, є стандартом, який непридатний для банків через високу складність та непридатну модуляцію широкої смуги пропускання [13].

У таблиці 2.2 наведено найважливіші особливості найбільш поширених бездротових технологій для WHMS із розглянутих тут. З попереднього обговорення стало очевидним, що існуючі стандарти не відповідають вимогам

WAN, ні через проблеми з перешкодами [25], ні через проблеми безпеки, ні через форм-фактор апаратних модулів чи енергоспоживання. У відповідь на ці проблеми робоча група IEEE 802.15.6 [26] планує розробку стандарту зв'язку, оптимізованого для пристроїв з низькою потужністю та роботи на тілі людини або навколо нього. Згідно з повідомленнями TG6, стандарт, що розробляється, повинен підтримувати масштабовані швидкості передачі даних (від 1кб/с до сотні Мбіт/с), це повинен бути протокол короткої відстані (від 2м до максимум 5м), він дозволить мережі розміри до 100 пристроїв, і це повинно гарантувати дуже низьку затримку та наднизьке споживання енергії, наприклад, 0,1–1мВт. Смуга 2360–2400МГц була запропонована для медичних послуг WAN, щоб використовувати інтеграцію готових компонентів та уникнути перешкод від інших бездротових технологій.

### **2.1.2 Дослідження та розробка медичних пристроїв**

У цьому розділі обговорюється декілька типів носимих систем контролю здоров'я. Оскільки протягом останніх 10 років було здійснено численні науково-дослідні роботи та продукти, які можна класифікувати, як WHMS, у цьому огляді намагаємося класифікувати їх:

1) на основі того, є вони комерційними продуктами чи дослідними зразками;

2) на основі їх апаратної конфігурації, наприклад, на базі WAN, розумного текстилю, мікроконтролера або спеціального обладнання на базі апаратного забезпечення тощо.

Досліджувані медичні пристрої:

1) Системи, засновані на платі мікроконтролера або на спеціально розроблених платформах: До цієї категорії відносяться носимі системи, які використовують певний тип мікроконтролерної плати, як фізіологічну платформу збору даних і, як правило, засновані на дротовій передачі біосигналів від датчиків на плату обробки.

Медіа-лабораторія МІТ, Кембридж, розроблена LiveNet, гнучка розподілена мобільна платформа, спрямована на здоров'я довгострокових

програм з обробкою даних в режимі реального часу і потокової передачею і класифікацією контексту [27]. LiveNet використовували мобільний пристрій PDA на базі Linux, модульний концентратор датчиків (SAK2) для збору, обробки та інтерпретації контекстуальних даних у реальному часі та інтегровану фізіологічну плату (BioSense), яка включає 3-D акселерометр, електрокардіограму (ЕКГ), електроміограму (ЕМГ) та гальванічні датчі провідності шкіри, що дозволяє взаємодіяти з широким спектром комерційних датчиків.

Крім того, розроблена тришарова архітектура програмного забезпечення, яка підтримує зв'язок між груповими застосунками, ефективний розподіл та обробку цифрових сигналів з більшою пропускну здатністю, а також реалізацію контекстних класифікаторів реального часу для програм. Також MIT Wearable Computing Group у співпраці з кількома постачальниками медичних пристроїв, ініціювали різні експериментальні дослідження з використанням системи LiveNet, які включають в себе моніторинг здоров'я солдат в несприятливих умовах навколишнього середовища, автоматизовану систему виявлення симптомів Паркінсона, виявлення нападів епілепсії. Загалом, LiveNet націлені на вилучення функцій у реальному часі та класифікацію захворювань, а також на системи замкненого зворотного зв'язку.

AMON або портативний телемедичний монітор для догляду — це проєкт, що фінансується програмою IST FP5 [28]. Це призвело до розробки наручного пристрою, який здатний вимірювати кров'яний тиск, температуру тіла, насичення крові киснем, і ЕКГ. На додаток до того, в нього були включені дві осі акселерометра для кореляції активності користувача з вимірюванням життєво важливих ознак.

Дослідники розробили також захищений стільниковий зв'язок на основі GSM, а також пакет програм для центру телемедицини, де лікарі могли більш детально проаналізувати отримані дані із зап'ястя. Прототип AMON був інноваційним завдяки тому, що він включав безліч мініатюризованих датчиків, інтегрованих завдяки нестандартному розміщенню, що носять на зап'ясті, а також програмному забезпеченню для обробки в реальному часі та аналізу

вимірюваних життєвих показників, показано на Рисунку 2.2. Розробка пристрою для моніторингу стану здоров'я AMON, призначеного для серцево-респіраторних хворих із високим рівнем ризику, які б знаходились у лікарні чи вдома.



Рисунок 2.2 — Прототип медичного комп'ютера AMON

Після обробки вихідних даних була отримана класифікація нормального, девіантного, високого ризику, помилка була отримана як оцінка стану здоров'я пацієнта з використанням конкретних граничних значень для кожного життєво важливого показника, взятих із Всесвітньої організації охорони здоров'я. Відповідно до передбачуваного стану, з пристрою були зроблені відповідні дії, такі як ініціалізація додаткових вимірювань для перевірки/переоцінки, передача даних до медичного центру тощо.

Lin et al. [29] описали розробку бездротової системи фізіологічного моніторингу в реальному часі (RTWPMS), яка базується на цифровому, малопотужному бездротовому телефоні другого покоління та спеціальному модулі медичного обстеження, що вимірює артеріальний тиск, пульс та температуру. Також вбудований модуль GPS, а взаємодія датчиків здійснюється через послідовні порти. Архітектура системи включає також бездротову базову станцію (обробляє фізичну передачу/прийом повідомлень/команд), пристрій для обміну голосом/даними (обробляє дані та команди) та центр управління мережею для загального управління системою. Проведені тести з системою в

лікарнях підтвердили її здатність передавати голос і дані наскрізно з низьким рівнем помилок з кількох джерел одночасно. Однак система перевірки, яку можна носити, є занадто громіздкою для амбулаторного та постійного моніторингу, а використовувана технологія RF застаріла, як це визначили автори.

LifeGuard [30] — це багатопараметрична носима система фізіологічного моніторингу для космічного та наземного застосування, основним елементом якої є пристрій фізіологічного спостереження екіпажу (CPOD), який здатний вимірювати ЕКГ, частоту дихання за допомогою імпедансної плетизмографії, частоту серцевих скорочень, насичення киснем, температуру тіла, кров'яний тиск і рух тіла. Давачі використовуються для вимірювання більшості біосигналів, які з'єднуються через дротові з'єднання з реєстратором даних CPOD, який може або відправляти дані через Bluetooth на базову станцію, або записувати їх протягом 9 годин безперервно на карту пам'яті. Реєстратор даних базується на PIC  $\mu$ C і використовує 2 батареї ААА. Автори провели серію перевірок та валідаційних тестів в екстремальних умовах і перевірили здатність супутникової передачі зібраних даних з отриманими результатами, що вказують на прийнятну точність для зібраних даних та передачу вимірювань у реальному часі у віддалені місця.

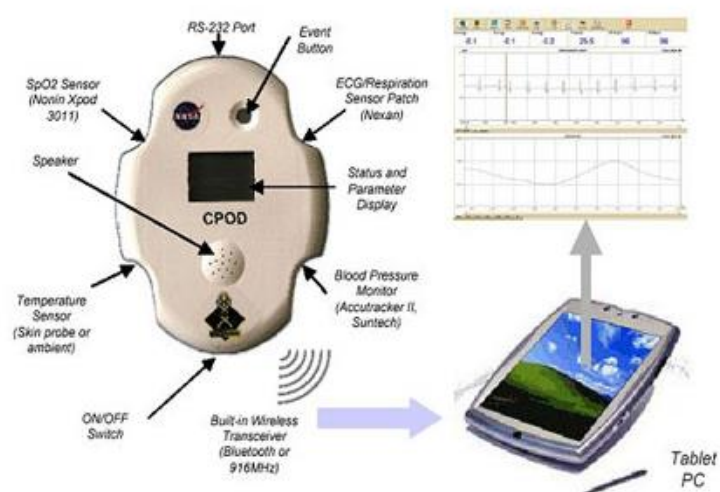


Рисунок 2.3 — Багатопараметрична носима фізіологічна система моніторингу для космічного та наземного застосування

Прототип портативної системи, здатної вимірювати фонокардіографію (PCG), електрокардіографію та температуру тіла [31]. Розроблена система складається з ємнісного типу мікрофона, вставленого на стетоскоп для виявлення PCG, трипровідного ЕКГ, датчик температури, вимірювального центрального процесора, приймача-передавача Bluetooth, A/D модуль та PDA із зовнішнім блоком пам'яті. Функціональність всієї системи контролюється користувачем КПК, видаючи команди вимірювальній схемі. Зазначається, що недостатня обчислювальна потужність PDA забезпечує певні функціональні обмеження для системи з точки зору частот дискретизації PCG та ЕКГ. На додаток до цього, система складається із великих зовнішніх компонентів, і вона надійна на кінцевого користувача (вимірювання ініціюються з КПК, а не автоматично або з урахуванням подій), що робить її недоцільною та незручною для довгострокового ненав'язливого моніторингу життєвих показників пацієнта.

Розробка медичного пристрою, який можна носити для дітей з травмами мозку, описана в [32]. Цей медичний пристрій здатний вимірювати насиченість крові киснем та частоту серцевих скорочень за допомогою пульсоксиметра, частоти дихання за допомогою п'єзоелектричного датчика, розміщеного на поясі, одягненому на грудну клітку та рух тіла, за допомогою двовісного теплового акселерометра. Виміряні дані зберігаються на мультимедійній картці, яка, у свою чергу, передається через встановлені інтервали часу через Bluetooth на домашній ПК. З домашнього ПК дані, передаються через Інтернет-з'єднання ADSL (або UMTS) до Центру медичного обслуговування. Впроваджена система спрямована на виявлення таких подій, як нічне апное, але має недолік у низькій зношуваності через дротові з'єднання між окремими датчиками, хоча тестів перевірки не проводилось, як у випадку з раніше обговореною системою.

### **2.1.3 Системи на основі смарт-текстилю**

Системи в цій категорії засновані з біосенсорами інтегрованих на одязі, Рис.2.4. Проект MuHeart, підтриманий Європейською Комісією та включаючи 33 партнерів з 10 різних країн, включаючи промислових партнерів, таких як

Philips, Nokia, Vodafone та Medtronic, спрямований на боротьбу із серцево-судинними захворюваннями (ССЗ) шляхом профілактики та ранньої діагностики [33]. Він прийняв використання розумного одягу, де сенсорні модулі або інтегровані в одяг, або просто вбудовані в предмет одягу [34], [35].

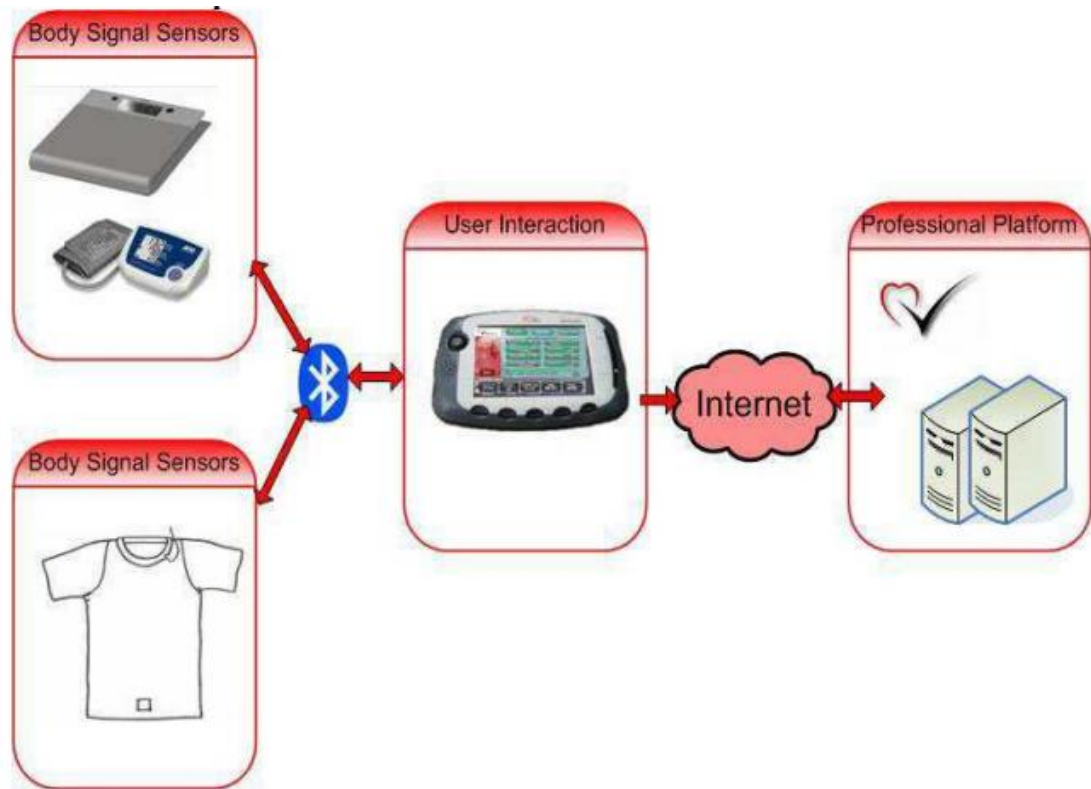


Рисунок 2.4 — Архітектура системи MuHeart

Основна концепція спирається на використання крихітних провідних проводів, в'язаних як звичайні текстильні нитки. Таким чином, переносна система є дуже зручною для користувача, вся система потребує лише одного централізованого живлення на корпусі, що призводить до значного зменшення загальних розмірів системи. Один основний пристрій використовується для управління шиною, що одягається, а також відповідає за синхронізацію та живлення всіх компонентів на корпусі. Розроблені текстильні сенсори включають ЕКГ та давач активності. Алгоритм, здатний класифікувати діяльність відпочинку, ходьбу, біг, ходьбу вгору/вниз, з дуже високою точністю. Нарешті, проект MuHeart розробив серцеві ремені, що можна було б носити на грудях або прикріпити до нижньої білизни [36].

Проект «The Wearable Health Care System» (WEALTHY), «Зберігаюча система охорони здоров'я», який є частиною програми Європейської Комісії і завершений у 2005 році, розробив одяг, що покриває всю верхню частину тіла і носиться під звичайним одягом, здатну реєструвати біомеханічні і фізіологічні сигнали [37].

Система WEALTHY орієнтована на клінічних пацієнтів під час реабілітації та інших пацієнтів високого ризику, таких як люди похилого віку, особи з хронічними захворюваннями та інші. Сенсорні елементи, інтегровані в тканинну форму (з використанням провідних і п'єзорезистивних матеріалів) на текстильній структурі [38-39], здатні контролювати ЕКГ, ЕМГ, частоту грудного і черевного дихання, положення і рух тіла, температуру шкіри і тіла. За запитом також можна отримати вимірювання артеріального тиску та насичення киснем. Одяг, який можна носити, включає також аналоговий та цифровий модуль обробки сигналів з можливостями бездротової передачі GPS або Bluetooth. Алгоритми видалення артефактів, що вводяться в вимірювані сигнали за допомогою руху, також були реалізовані, поряд із можливістю генерувати попереджувальні повідомлення та синоптичні таблиці пацієнтів.

MagIC [40], розроблений дослідниками в Мілані, Італія, — це сенсорний жилет, що включає повністю сплетені текстильні датчики для моніторингу ЕКГ та частоти дихання та портативну електронну дошку, яка оцінює рівень руху користувача та відповідає за попередню обробку сигналу та передачу даних через Bluetooth до локального ПК. Система, яку можна носити, включає також датчики температури шкіри, і вона в основному спрямована на використання людей похилого віку або серцевих хворих для домашнього спостереження.

Дані, зібрані в результаті проведених оціночних тестів, показали, що система досягає дуже доброї якості набутого сигналу (за винятком максимального фізичного навантаження), а також здатна правильно визначати епізоди фібриляції передсердь та позаматкові, позашлуночкові ектопічні удари.

Проект Medical Remote Monitoring of clothes (MERMOTH), завершений в 2006 році і також є європейською програмою IST FP6 і частиною більш широкої групи з шести інших європейських проектів в області інтелектуальних



тканин і смарт-текстилю [41], виготовили недорогий, в'язаний, зручний одяг [42]. Розроблений одяг включає електропровідні та електростриктивні тканини та пряжу, сухі електроди, що дозволяють вимірювати ЕКГ, плетизмографію індуктивність дихання, температуру шкіри та активність за допомогою акселерометрів. КПК підключений до мікроконтролера, який використовується для взаємодії з давачами на одязі, забезпечуючи радіочастотне посилення на локальний ПК для інтерпретації дисплея та управління.

Зокрема, Pandian et al. у [43] описують Smart Vest, носиму фізіологічну систему моніторингу, яка складається з жилета, який використовує різноманітні давачі, інтегровані на тканині одягу, для одночасного збору декількох біосигналів неінвазивним та ненав'язливим спонсором. Вимірюваними параметрами є ЕКГ, фотоплетизмографія (PPG), частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, температура тіла та гальванічна реакція шкіри (GSR).

Крім того, зазначено, що ЕКГ можна реєструвати без використання гелю, і що її запис не містить артефактів базового шуму та руху завдяки апаратно реалізованому високочастотному, низькочастотному та зарубіжному фільтру. Більше того, кров'яний тиск обчислюється неінвазивно за допомогою PPT, де реалізований алгоритм виявлення індивідуально калібрується на основі ЕКГ користувача. Надані результати перевірочних тестів здебільшого підтверджують твердження автора щодо точності вимірюваних фізіологічних параметрів. Також, давачі підключені до центрального блоку обробки, який здатний співвідносити отримані вимірювання, щоб отримати загальну картину стану здоров'я користувача.

### 3) Прототип носимої бездротової тілесної мережі (WBAN)

Розглянуто WHMS, які використовують мініатюрні деталі, наприклад, бездротові крихітні вузли, де кожна деталь відповідає за збір одного або декількох типів фізіологічних даних і передачу їх на центральний вузол або базову станцію.

У роботі [44] описана розробка прототипу носимої бездротової тілесної мережі (WBAN). Пропонована система складається зі звичайних автономних бездротових сенсорних платформ, що використовують приймачі, сумісні з

ZigBee (IEEE 802.15.4), і наднизьких мікроконтролерів. Призначені для користувача сенсорні платформи, що виконують збір і попередню обробку даних і оснащені акселерометрами або біопідсилювачами для ЕКГ або ЕМГ, були розроблені й інтегровані на комерційно доступних платформах Telos від Moteiv, які використовують операційну систему eventdriven TinyOS.

Дослідники з Гарвардського університету розробили CodeBlue [45], платформу медичної сенсорної мережі для мультистаціонарних середовищ моніторингу, засновану на сумісних з ZigBee, MicaZ і Telos motes, включаючи спеціально розроблені біосенсорні плати для пульсоксиметрії, трипровідною ЕКГ, ЕМГ і руховою активністю. Проект Codeblue також розглядав питання надійного зв'язку між медичними давачами, кількома приймачами (КПК, які носять лікарі і медсестри) і різними високими швидкостями передачі даних. В цьому напрямку була реалізована програмна платформа, яка надає протоколи для виявлення пристроїв, публікації/підписки на багатопотокову маршрутизацію і простий інтерфейс запитів, що дозволяє кінцевим користувачам динамічно запитувати певні дані з вказаного мережевого вузла.

Крім того, CodeBlue використовує систему локалізації на основі RF для відстеження місця розташування пацієнтів та осіб, які здійснюють догляд. Система була оцінена на 30-вузловому тестовому стенді з точки зору мережевих показників, таких як втрата пакетів, справедливість по декількох шляхах і т.д., вказуючи на необхідність подальшої роботи над питаннями надійного зв'язку, обмеження пропускної спроможності та безпеки.

Заборона, заснована на протоколі IEEE 802.15.4, представлена в [46]. Заборона впливає з топології "зірка" і складається з двох основних типів пристроїв: 1) давач модулю зв'язку (СКМ), який здатний взаємодіяти як з аналогових, так і цифрових давачів; і 2) персональний блок обробки даних (НДПУ), який відповідає за координацію заборони, керуючи зв'язком з СДМ, а також комунікацію з зовнішніми мережами (через USB, Wi-Fi або GPRS). Синхронізація в VAN обробляється з допомогою підтримуваних протоколом примітивів маяка, які також використовуються для передачі команд про сен-параметри конфігурації sog (частота дискретизації, коефіцієнт підсилення і т.д.)

активація/деактивація та передача даних. СКМ є прототипи, сумісні з 802.15.4, розроблені як чотиришарова друкована плата і PDPU (живиться від літій-іонної акумуляторної батареї) також є індивідуальним дизайном, який включає ARM Thumb Pro-цесор, модем GPRS, модуль Wi-Fi, цифровий захист карта пам'яті, простий дворядковий РК-дисплей і п'ять кнопок-джойстик на основі. Прошивка PDPU є вбудованою ОС Linux. Зайняті біосенсори включають давач запису кров'яного тиску, мікроелектроди для вимірювання ЕКГ, давачі положення та давачі дихання

Chung et al. [47] представляють спеціально розроблену систему u-healthcare, яка складається з користувацьких вузлів, що підтримують 802.15.4, які взаємодіють з давачами ЕКГ та артеріального тиску, а також з базовим мобільним телефоном для відображення даних та вилучення сигналів. Новизна проєктів полягає у передачі лише виявлених підозрілих ЕКГ та АТ на сервер лікарні. Це робиться шляхом першого вилучення простих функцій ЕКГ (таких як тривалість QRS, інтервал RR, величина R тощо) і прийняття рішення на основі простих правил. Таким же чином вимірювання артеріального тиску, витягнуті із давача на зап'ясті, передаються, якщо виявляється, що вони виходять за межі дальності.

У роботі [40] Chung et al. надали більш детальну інформацію про апаратне забезпечення всюдисущих сенсорних вузлів (USING), які дозволяють, включати акселерометри і давачі SpO<sub>2</sub>. Крім того, як засіб вирішення проблеми обмежених енергоресурсів на самопливі та продовження терміну їх експлуатації, автори пропонують виконати вдосконалену обробку сигналів набутих біосигналів на борту, щоб зменшити робочий цикл бездротової передачі, а отже, і енергоспоживання так само.

Однак обмежені обчислювальні ресурси, вимоги до обробки сигналів у режимі реального часу та обмежений простір пам'яті роблять це завдання ще складнішим.

До інших дослідницьких проєктів, які використовують Zigbee для VAN, належать:

1) BAN, описаний у [49], де дослідники включили давачі ЕКГ, ППГ та ПХГ та запровадили синхронний механізм вибірки для синхронізації даних;

2) WiMoSA [50], розроблений дослідниками в Італії. Мережа зіркових топологій утворена сенсорними вузлами з ПК на долоні, що функціонує як базова станція і спрямована на розпізнавання постави, розпізнавання моделі ходьби та виявлення рівноваги;

3) Vi-Fi [51], вбудована архітектура давача/системи для бездротового запису біосигналів, що використовує давачі ЕКГ, ЕЕГ та SpO<sub>2</sub>, де основною метою є виконання бортового ЦСП, щоб усунути вузьке місце пропускну здатності, накладене трансивером;

4) BASUMA [52], яка використовує давачі, оснащені ZigBee-сумісною платформою Philips AquisGrain. Вона спрямована на тривалий моніторинг хронічно хворих пацієнтів і використовує кілька неінвазивних давачів для моніторингу таких параметрів, як ЕКГ, вміст повітря та крові в грудній клітці, температура тіла, частота дихання та кашель, артеріальний тиск, частота пульсу та насичення киснем;

5) навушник мережі давачів тіла [53], який включає пульсоксиметр та тривимірний акселерометр і спрямований на моніторинг післяопераційного відновлення вдома у пацієнтів, які перенесли операцію на черевній порожнині. Запропонований пристрій базується на вузлі BSN, розробленому від Департаменту обчислювальної техніки в Імперському коледжі, і він включає інтелектуальний алгоритм розпізнавання типу та інтенсивності активності користувача.

Окрім Zigbee, для банків були використані інші технології. Наприклад, у роботі [54] автори пропонують використовувати внутрішньотіловий зв'язок для обміну інформацією між носими електронними давачами в межах BAN. Для підтвердження цього твердження прототип системи передачі побудований з використанням алюмінієвих електродів, що живляться від джерела постійного струму 3В і працюють у діапазоні частотної модуляції 10,7МГц (FM).

Комунікаційний модуль був з'єднаний пальчиковим пульсоксиметром, що вимірював частоту серцевих скорочень і насиченість киснем у крові, і

передавав отримані дані на відстань 30 см. Ілюстровані результати свідчать про прийнятну якість зв'язку, але, мабуть, недостатню надійність для типів даних, що вимагають високої точності та низьких спотворень.

Yuice та ін. [55] представив нещодавно розроблене мережеве обладнання бездротового давача тіла, яке використовує нещодавно виділену смугу служби зв'язку з імплантацією (MICS). Прототип системи складається з частоти пульсу та давача температури, центрального блоку управління (ЦКУ) та приймальної станції в медичному центрі. Розроблена система має в цілому дуже малі розміри та вартість і може забезпечити дуже низьке енергоспоживання.

Нарешті, дослідницький проект Human ++, що проходив у Нідерландах, розробив VAN, що складається з трьох сенсорних вузлів та базової станції [56]. Кожен вузол давача відповідає за отримання, посилення, фільтрацію, обробку та бездротову передачу багатоканальних сигналів ЕКГ, ЕЕГ та ЕМГ, тоді як базова станція функціонує як збирає дані у топології зірок, регулюючи потік інформації. Розроблена система здатна працювати автономно протягом 3 місяців на двох батареях типу AA.

На додаток до цього, бельгійський дослідницький центр ІМЕС розробив дуже перспективний прототип автономного імпульсного оксиметра з нагріванням тіла [57], який повністю заряджається через термоелектричний генератор із годинниковим розміром, який трансформує тепло тіла власника в електричну енергію та використовує замість акумуляторного модуля суперконденсатор для короткочасного накопичення енергії.

4) WHMS на основі комерційних давачів Bluetooth та мобільних телефонів: Першим прикладом у цій категорії є HealthGear від Microsoft [58]. Випущений до цього часу прототип складається з неінвазивного оксиметра крові, сенсорної плати, що забезпечує вибірку насичення киснем та сигналів серцевого ритму, модуля Bluetooth для бездротової передачі вимірюваних сигналів, джерела живлення батареї AAA та стільникового телефону для забезпечення інтерфейсу користувача. Ця програма, спрямована на моніторинг користувачів під час сну для виявлення подій апное сну.

Запропоновано два методи автоматизованого виявлення подій апное сну. Перший працює у часовій області і виявляє події апное після статистичної оцінки порогових значень рівня насичення киснем, тоді як другий працює в частотній області, намагаючись виявити піки у відфільтрованій періодограмі оксиметричного сигналу.

Систему оцінювали 20 осіб, і за результатами не було технічних проблем, і система повністю успішно виявила легку та важку обструктивну апное сну (OSA). Користувачі також повідомили, що зручність носіння та функціональність усієї системи. Однак проведені вимірювання не порівнювали з полісомнографом для перевірки результатів.

HeartToGo [59] — це носима платформа на базі стільникового телефону, здатна постійно контролювати ЕКГ-сигнал користувача за допомогою бездротового ЕКГ-давача, аналізувати електрокардіограму в режимі реального часу та, можливо, виявляти будь-які ненормальні закономірності, що стосуються серцево-судинних захворювань. Запропонована система здатна адаптуватися до фізіологічних умов індивідуального користувача за допомогою схем машинного навчання на основі штучної нейронної мережі, що, можливо, може призвести до більш точної класифікації моделей ЕКГ.

Leijdekkers та Gay [60] розробили додаток для самотестування серцевого нападу, реалізований на системі персонального монітора здоров'я, яка включає звичайний мобільний телефон та давач ЕКГ з підтримкою Bluetooth. Мобільний телефон виконує функцію аналізу потокових даних з давача в режимі реального часу та передачі їх спеціалісту-кардіологу. В ілюстрованому застосунку простий користувальницький інтерфейс на телефоні використовується для отримання зворотного зв'язку від користувача щодо його симптомів, і в разі виявлення ризику для здоров'я пацієнта на підставі його відповідей буде зв'язано з екстреною службою.

Інший підхід до персональної мережі Bluetooth (PAN) описаний в [61], де дослідники застосували смартфон для збору фізіологічних даних із давачів, що підтримують Bluetooth (пульсоксиметр та модуль GPS), для виявлення тривожних умов та передачі зашифрованого дані через GPRS або Wi-Fi.

Подібним чином, система мобільного догляду з механізмом попередження, представлена в [62], використовує Bluetooth-монітор артеріального тиску та ЕКГ-давач та мобільний телефон, як ядро обробки для розпізнавання симптомів та формування попереджувальних повідомлень на основі різних рівнів невідкладності.

Нарешті, робота, описана в [63], представляє придатний для носіння пристрій для безперервного моніторингу ЕКГ, де давач ЕКГ постійно передає вимірний та посилений сигнал ЕКГ на ручний пристрій (ННД), який є загальним КПК. PDA служить «інтелектуальним» пристроєм системи, оскільки він обробляє, аналізує та зберігає записані вимірювання ЕКГ. На ННД реалізований алгоритм виявлення подій аритмії, який також має задокументовану справжню частоту виявлення 99,2%. ННД спілкується через GPRS із віддаленою клінічною станцією, передаючи сигнали тривоги разом із записаними формами ЕКГ. Лікар в кінці станції може встановити межі для вказаних виявлень тривоги, таких як брадикардія, тахікардія та аритмія. Коли виявляється аномальна активність ЕКГ, ННД реєструє 1 хв сигналу ЕКГ і передає його на базову станцію, а також розраховує частоту серцевих скорочень та деякі інші параметри на основі вимірної форми хвилі.

5) Інші типи WHMS: У цій останній підкатегорії дослідницьких зразків ми розглянемо деякі цікаві носні системи, які неможливо віднести до однієї з попередніх категорій.

Такою системою є AUBADE [64], розроблена в Університеті Яніни в Греції, система, яка носить на собі оцінку емоційного стану окремих цільових середовищ, де люди працюють в екстремальних стресових умовах. Розроблений прототип складається з маски, що містить шістнадцять текстильних вогнезахисних давачів ЕМГ, тривідвідних ЕКГ та давачів частоти дихання, розташованих на грудях обстежуваного, та текстильного давача, що вимірює електродермальну активність (або гальванічну реакцію шкіри або активність провідності шкіри), розміщену всередині рукавичку. Також впроваджено тривимірний механізм подання обличчя та інтелектуальний модуль

розпізнавання емоцій, що класифікує психологічний стан людини за сукупністю емоцій.

Інші цікаві зусилля описані в [65], де автори описують систему, яка використовує носимий ЕКГ-пристрій для виявлення артефактів руху (спотворень) та класифікації типу активності руху тіла (ВМА) за самим сигналом ЕКГ. Це нове дослідження націлене на ситуації, коли необхідний динамічний моніторинг серця, наприклад, у випадку мобільних пацієнтів. Попередньо оброблені ЕКГ-спостереження за биттям використовуються під контролем підходу до навчання, заснованого на аналізі основних компонентів (РСА), для навчання класифікаторів ВМА для нерухомого сидіння, ходьби вгору і вниз, руху лівої, правої або обох рук, ходьби по рівній підлозі, і підйом по сходах вгору-вниз.

В Fraunhofer IGD Rostock [66] була розроблена носна система для вимірювання фізіологічних параметрів, пов'язаних з емоціями. В якості одягу використовується рукавичка, в якій розміщений давач, який збирає дані з давачів провідності шкіри та температури шкіри, а також звичайний нагрудний пояс від Polar як давач серцевого ритму. Блок давачів здійснює бездротову комунікацію за допомогою трансивера діапазону ISM з базовою станцією, яка може генерувати події, такі як виявлення певних фізіологічних станів, хоча цей процес не описаний у поточному дослідженні.

### **2.1.4 Огляд носимих систем моніторингу здоров'я**

Багато виробників, таких як Nonin [68], Philips [69], Nellcor [70], Agilent [71], Redding Medical [72] та інші, пропонують невеликі, зручні для носіння, недорогі та легкі пульсоксиметри, які забезпечують відображення в режимі реального часу виміряного пульсу та насичення крові киснем. Іншими прикладами є монітори серцевого ритму, виготовлені від Polar [73] та Omron [74], в яких для відображення вимірювань використовується нагрудний ремінь та наручний годинник.

Інші системи включають Vivago WristCare [75], це пристрій, який носять на зап'ясті, він контролює температуру шкіри, провідність шкіри та її рух.



Подібним пристроєм є пов'язка SenseWear, розроблена від BodyMedia [76], яка додатково контролює температуру навколишнього середовища та тепловий потік. Обидва пристрої включають бездротовий передавач для передачі зібраних даних та можливих сигналів тривоги до базової станції для подальшої оцінки професіоналами.

WelchAllyn розробили монітор Microraq [77], який можна носити в мішечку, який може вимірювати пульс та моніторинг ЕКГ до п'яти відведень. Іншим прикладом комерційно доступних систем моніторингу здоров'я є портативні системи полісомнографії від CleveMed [78], які збирають безліч каналів ЕЕГ, ЕКГ, ЕМГ, ЕОГ, потоку повітря, хропіння, грудних і черевних дихальних зусиль, положення тіла та пульсоксиметрії та можуть передавати виміряні дані бездротовим способом в будь-яке місце, використовуючи простий передавач діапазону ISM.

VivoMetrics розробили LifeShirt [79], легкий жилет, що миється, який включає давачі частоти дихання, одновідвідну ЕКГ для вимірювання пульсу та акселерометр для контролю активності.

Інструмент фізіологічного моніторингу Foster – Miller's Watchdog [80] — це система одягу, здатна контролювати частоту серцевих скорочень, частоту дихання, поставу, активність, температуру шкіри та розташування GPS. Інший приклад — система SmartShirt [81] від Sensatex — це носима система на основі футболки, що використовує провідні волоконні давачі для вимірювання ЕКГ, частоти дихання та артеріального тиску.

CardioNet розробили мобільну кардіологічну амбулаторну телеметричну систему (MCOT) для амбулаторного моніторингу ЕКГ, спрямованої на допомогу лікарям у діагностиці та лікуванні пацієнтів з аритмією [82]. Інші продукти включають монітор Bioharness від Zephyr, Inc. [83], нагрудний ремінь, який контролює ЕКГ, частоту дихання, температуру та активність шкіри та має бездротовий доступ, а також бездротові давачі SpO<sub>2</sub>, ЕКГ та вимірювання глюкози від Alive Technologies [84]. Крім того, Schiller [85] та Corscience [86] також розробили невеликі портативні монітори ЕКГ.

У цьому розділі оцінемо найбільш репрезентативні та “переважаючі” системи з тих, що обговорювались.

Вибір систем для оцінки базувався на наступному:

- 1) їх здатність вимірювати кілька параметрів;
- 2) обсяг та рівень деталізації наданої ними документації;
- 3) частота цитування їх іншими проектами;
- 4) ступінь, в якому вони використовують найсучасніші апаратні технології;
- 5) включення інтелектуальних алгоритмів для вилучення функцій та/або підтримки прийняття рішень.

Системи, які були обрані для оцінки, перераховані в Таблиці 2.3 разом із описом їх апаратних та комунікаційних модулів, фізіологічних параметрів, які вони вимірюють, та заявленого поля застосування.

Кілька особливостей було обрано для оцінки різних систем, у таблиці 2.2. У таблиці 2.3 наведено перелік цих функцій разом із коротким описом кожного з них. Вибір функцій базувався на широкому діапазоні вимог, яким повинна відповідати носима біосенсорна система, щоб вона могла використовуватися в реальних сценаріях моніторингу здоров'я. Оскільки в загальному випадку не існує ідеальних об'єктивних показників для оцінки кожної системи, оцінка була проведена з урахуванням вищого підходу в кожній категорії. На додаток до цього, показано загальну оцінку систем на основі точки зору сторін, які беруть участь у розробці та використанні систем, наприклад, виробників, лікарів та користувачів.

Причина цього полягає в тому, що конкретні функції можуть мати різний рівень значущості для кожної зацікавленої сторони, наприклад, бортові обчислювальні ресурси системи можуть бути функцією, яка є надзвичайно важливою для розробника системи, хоча це може бути що важливо для користувача, якого, природно, більше турбує простота використання WHMS.

Таблиця 2.3 — Порівняльна характеристика WHMS

Назва	Опис обладнання	Модуль зв'язку	Вимірювані сигнали	Медичне застосування
A) LiveNet (MIT) [27]	PDA, плата мікроконтролера	дроти, радіо 2.4 ГГц, GPRS	ЕКГ, АТ, вимірювання дихання, Т, SaO <sub>2</sub> , ЕМГ, ШГР	виявлення симптомів паркінсона та епілепсії
B) AMON (EU IST FP5 program) [28]	пристрій, що носять на зап'ясті	GSM-зв'язок	ЕКГ, АТ, SaO <sub>2</sub> , А	серцево-респіраторні пацієнти високого ризику
C) LifeGuard (Stanford Un& Nasa) [30]	спеціальні пристрої на основі $\mu$ S та комерційні біосенсиори	послідовний кабель, Bluetooth	ЕКГ, АТ, вимірювання дихання, Т, SpO <sub>2</sub> , А	медичний моніторинг в екстремальних умовах (космічний та наземний)
D) MyHeart (EU IST FP6 program) [33]-[36]	PDA, текстильні та електронні давачі на одязі + пояс для серця	струмопровідні нитки, Bluetooth, GSM	ЕКГ, вимірювання дихання, А, інші життєво важливі показники	профілактика та рання діагностика ССЗ (серцево-судинних захворювань)
E) WEALTHY (EU IST FP5 program) [37]-[39]	текстильні та електронні сенсори на верхньому одязі	струмопровідні нитки, Bluetooth, GPRS	ЕКГ, R, Т, ЕМГ, А	моніторинг реабілітації та літніх пацієнтів, хронічних захворювань
F) MagIC (Un. Of. Milan, Italy, Bioeng. Centre & Cardiac Rehab. Unit) [40]	жилет з текстильними давачами, призначений для користувача електронною платою, КПК	Bluetooth	ЕКГ, R, Т	запис кардіореспіраторних та рухових сигналів під час спонтанної поведінки в повсякденному житті та в клінічному середовищі
G) MERMOTH (EU IST FP6 program) [41], [42]	одяг з в'язаними сухими електродами, КПК	струмопровідні нитки, радіочастотна ланка	ЕКГ, R, Т, А	загальний моніторинг стану здоров'я
H) Smart Vest (National Pr. On Smart Materials India) [43]	жилет з вплетеними в тканину давачами, мікроконтролер	плетені дроти, 2.4ГГц ISM RF	ЕКГ, АТ, Т, ЕМГ, А	загальний віддалений моніторинг стану здоров'я
I) CodeBlue (Harvard Univ.) [45]	давачі на спеціальних платах	Zigbee	ЕКГ, SpO <sub>2</sub> , А	моніторинг фізичного стану в режимі реального часу

J) Body area network (Valencia, Spain&Malta Un.&Microvitae Tech) [46]	спеціальний базовий пристрій на основі Zigbee	Zigbee, Wi-Fi, GPRS	ЕКГ, АТ, вимірювання дихання	виявлення та прогнозування фізіологічного стану людини (безсоння, втома, стрес) під час повсякденної діяльності
K) WSN u-Healthcare system (Dongseo Un. Korea)[47] [48]	мобільні телефони та комерційні давачі	Zigbee, CDMA	ЕКГ, АТ, SpO2, А	моніторинг здоров'я та дистанційне виявлення підозрілих особливостей здоров'я для подальшої оцінки лікарями
L) Human++ (IMEC) [56] [57]	мініатюрні малопотужні вузли BAN	Zigbee	ЕКГ, ЕМГ, ЕЕГ	автономні носимі сенсорні мережі для загального моніторингу здоров'я
M) HealthGear (Microsoft) [58]	нестандартна сенсорна дошка та стільниковий телефон	Bluetooth,	вимірювання частоти пульсу, SpO2	моніторинг користувачів під час сну
N) HeartToGo (Un. Of Pittsburgh) [59]	стільниковий телефон та біосенсиори	Bluetooth, GPRS	ЕКГ, А	індивідуалізоване віддалене виявлення ССЗ
O) Personal Health Monitor (Un. Of Tech. Sydney) [60]	стільниковий телефон та біосенсиори	Bluetooth, GPRS	ЕКГ, АТ, А	самотест серцевого нападу для хворих на ССЗ
P) Wearable ECG, arrhythmia detection (Eng. + Med. Dpts, Norway) [63]	давачі на спеціальних платах, КПК	дроти, Zigbee, GPRS	ЕКГ	дистанційне виявлення аритмій
Q) AUDABE (Dept. of Medical Physics, Ioannina, Greece) [64]	маска, рукавички та давачі на грудях	дроти, Bluetooth та Wi-Fi	ЕКГ, вимірювання дихання, ШГР, ЕМГ	оцінка емоційного стану людини в середовищі, де суб'єкти працюють в екстремальних стресових умовах
R) Lifeshirt (Vivometrics) [79]	вбудовані давачі в жилет, КПК	Bluetooth та дроти	ЕКГ, вимірювання дихання, А	цілодобвий віддалений моніторинг стану здоров'я
S) Bioharness (Zephyr Inc) [83]	пояс на грудях	Bluetooth	ЕКГ, вимірювання дихання, Т, А, слідування за поставою	віддалений моніторинг працездатності та стану людини в реальному світі

Оцінено важливість кожної особливості, як низьку (1), середню (2) або високу (3), що призвело до середньої ваги для кожної функції зображаючи його значення в оцінці WHMS. Ці ваги представлені в Таблиці 2.5. Загальний бал зрілості був складений для кожної системи в Таблиці 2.2 на основі оцінки кожної особливості кожної з розглянутих систем та шляхом отримання середньозваженої оцінки відповідно до ваг, зображених у Таблиці 2.3. Слід зазначити, що показник зрілості системи відповідає рівню, на якому система реалізує свої можливості щодо доступних ресурсів та підходу до проектування.

Отже, вищий середній бал відповідає системі, яка одночасно досягла найвищого рівня розвитку, а також повністю відповідає вимогам, наведеним у Таблиці 2.3.

Як видно з рис.2.2, жодна із систем не досягла того, що було встановлено як максимальний рівень зрілості. Однак із систем, які розглядались в цій роботі, є кілька систем, які досягли відносно високих балів. Сюди входять системи, засновані на розумному текстилі, які мають перевагу високої зручності для користування, і які можуть досягти високого ступеня надійності завдяки гарантуванню хорошого контакту між шкірою та біосенсорами, навіть коли суб'єкти в русі.

На додаток до цих типів систем, проект HeartToGo [59] та Personal Health Monitor [60] також розкривають перспективну альтернативу дизайну WHMS, оскільки вони використовують комерційні пристрої стільникових телефонів та наявні в продажу біосенсори для створення системи, яка може або взаємодіяти з користувачем, щоб отримати додаткові відгуки про його стан здоров'я, або адаптуватись до його/її індивідуальної історії хвороби за допомогою штучних нейронних мереж.

Таблиця 2.4 — Оцінка функцій

Зносостійкість (F1)	Система повинна мати малу вагу та розміри
Відповідне розміщення на тілі (F2)	Система повинна бути простою та ненав'язливою, щоб не заважати рухам та щоденній діяльності користувача
Естетичні проблеми (F3)	Система не повинна сильно впливати на зовнішній вигляд користувача
Шифрування та захист даних (F4)	Зашифрована передача вимірюваних сигналів та вимога автентифікації для доступу до приватних даних
Термін експлуатації (F5)	Ультранизьке споживання енергії для тривалого моніторингу стану здоров'я, що не потребує технічного обслуговування
Реальне застосування (F6)	Розроблена система застосована для реальних сценаріїв/стану здоро'в'я
Додаток у режимі реального часу (F7)	Система яку можна носити, дає результати, наприклад відображення вимірювань, попереджень, діагностик в реальному часі
Вимоги до обчислень та зберігання (F8)	Обчислювальні ресурси та ресурси зберігання, необхідні або використані системою для досягнень бажаних результатів
Простота використання (F9)	Система включає зручний, простий у користуванні інтерфейс
Продуктивність та тест у реальних випадках (F10)	Надаються достатні результати та статистика роботи для перевірки функціональності системи в реальних випадках
Надійність (F11)	Система дає надійні та точні результати
Вартість (F12)	Сума грошей, необхідна для виготовлення та придбання запропонованої носної системи
Надійність, перешкоди (F13)	Наявність та надійність фізіологічних вимірювань, що передаються по бездротовій мережі
Допуск до несправності (F14)	Система дає надійні результати за будь-яких обставин, таких як різні види рухів пацієнта
Масштабованість (F15)	Можливість модернізації, вдосконалення та легкого включення додаткових компонентів у розроблену систему
Підтримка прийняття рішень (F16)	Впроваджена система включає певний тип механізму діагностики/прийняття рішень або алгоритм/систему розпізнавання шаблонів для контекстного зондування параметрів

Таблиця 2.5 — Ваги особливостей

	Перспектива пацієнта	Перспектива лікаря	Перспектива виробника	Середнє значення
F1	3	2	1	2
F2	3	2	1	2
F3	3	1	2	2
F4	2	3	3	3

F5	3	2	2	2.3
F6	3	3	3	3
F7	3	2	2	2.3
F8	1	1	3	1.7
F9	3	2	1	2
F10	3	3	3	3
F11	3	3	3	3
F12	3	1	3	2.3
F13	2	3	2	2.3
F14	3	3	3	3
F15	2	2	2	2
F16	3	2	2	2.3

Однак було визначено декілька спільних проблем із оцінюваними системами, які встановлюють проблему, яка слідкувати за подальшими дослідниками завдяки підвищенню ефективності, надійності та безпеки WHMS. Ці проблеми включають:

Технології акумуляторів та поглинання енергії: Споживання енергії (та розмір акумулятора), мабуть, є найбільшою технічною проблемою та вузьким місцем у роботі в сучасних реалізаціях. Носні біосенсорні системи повинні мати можливість працювати без технічного обслуговування протягом тривалих періодів (наприклад, років). Подальші дослідження в технологіях відбору енергії (за рахунок нагрівання або руху тіла), прийомопередавачів малої потужності та вдосконалення технологій акумуляторів обіцяють вирішити цю проблему.

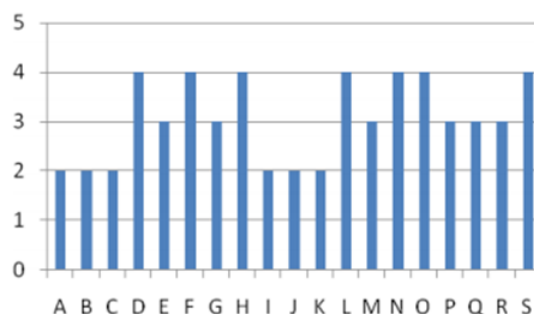


Рисунок 2.2 — Оцінка зрілості для систем, перелічених у таблиці 2.3 (1 = низька, 2 = середньо-низька, 3 = хороша, 4 = висока, 5 = максимальна)

Безпека приватної інформації: Інформація, зібрана про користувача, що описує його стан здоров'я, повинна залишатися в безпеці та не розголошуватись нікому, крім власника системи та контролюючим лікарям. Таким чином, необхідні належні механізми шифрування та автентифікації, щоб забезпечити конфіденційність усіх переданих даних (зв'язок між давачами та давачами в системі VAN або переносна система для передачі базової станції).

Подальші вдосконалення мініатюризації та ефективності давачів: Загалом, багато біосенсорів, що використовуються в сучасних носимих системах, мають, як правило, великі розміри і можуть вимагати дуже конкретного розміщення на тілі або пози тіла для забезпечення надійних вимірювань. Потрібні подальші вдосконалення текстильних давачів та вдосконалену конструкцію та мініатюризацію давачів, щоб належним чином усунути ці недоліки.

Клінічне підтвердження: Розроблені системи повинні бути вичерпно перевірені професійними лікарями.

Стандартизація та співпраця на всіх рівнях: Вимога щодо взаємодії між різними комунікаційними інфраструктурами та між різними типами пристроїв, давачами, виконавчих механізмів, постачальників медичних послуг тощо підкреслює необхідність стандартизації комунікаційних інтерфейсів та співпраці між дослідниками, медичними експертами, виробниками обладнання та текстилю, постачальниками мереж та інші організації охорони здоров'я.

## **2.2 Висновки до другого розділу**

У цьому розділі було розглянуто сучасний рівень досліджень та розробок носимих сенсорних систем для моніторингу здоров'я. Як показує сучасний стан технологій, WHMS має потенціал революціонізувати охорону здоров'я, надаючи недорогі рішення для повсюдного, цілодобового, ненав'язливого моніторингу особистого здоров'я, і, як очікується, зможе забезпечити раннє виявлення та краще лікування різних захворювань профілактика захворювань та краще розуміння та управління хронічними захворюваннями. Однак поточне



дослідження підкреслює той факт, що існує ще багато проблем та питань, які необхідно вирішити, щоб носимі системи стали більш застосовними до реальних ситуацій, а також стали прийнятими пацієнтами та іншими користувачами як надійні, багатофункціональні, прості у використанні та повинна бути мінімально нав'язлива технологія, яка може підвищити якість їхнього життя.

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 3.1 Охорона праці. Психологічні та фізіологічні особливості користувачів комп'ютеризованих систем, методи зниження професійного стресу

В епоху інформаційного суспільства все більш актуальним стає питання про вплив інформації на психіку людини. Людина розуміє, що володіти інформацією дуже потрібно та вигідно за умов сучасної конкуренції. Тому кожен намагається бути адаптивним в цьому інформаційному просторі, знайти інформацію, опрацювати її та застосувати. Але інформації так само буває занадто багато, і далеко не вся вона відповідає загальноновизначеним моральним нормам. Або можлива й протилежна ситуація, коли інформації занадто мало, а потреба в ній є дуже високою. Сьогодні особистість та інформація повинні взаємодіяти швидко та якісно. Сутність такого взаємозв'язку виявляється в двох аспектах. По-перше, кількість інформації зростає щодня, її об'єм, складність, несистемність. По-друге, це вимагає від людини необхідності якось взаємодіяти з інформацією — чути, бачити, аналізувати, усвідомлювати, запам'ятовувати, адаптувати, використовувати. А фізіологічні можливості людини залишились такими, як і були. Неможливість пристосуватися до таких умов, складність в критичному усвідомленні інформації та інше, призводять до постійного переживання напруги, тривоги, страху, стресу [88].

Виділяють різні види стресів, що виникають у трудовій діяльності. Зокрема, Л.В. Куликов та О.А Михайлова. виділяють їх аж три [89]:

- робочий стрес (job stress, work stress) — викликаний причинами, що безпосередньо пов'язані з роботою (умови праці, робоче місце);
- професійний стрес (occupational stress) — зумовлений причинами, які пов'язані з професією, родом або видом діяльності;
- організаційний стрес (organizational stress) — викликаний негативним впливом на працівника особливостей організації, в якій він працює.

Безсумнівно, розглянуті поняття не є тотожними, хоча і дуже близькі за змістом. Однак, у літературі часто дані терміни використовуються як синоніми і найуживанішим є поняття «професійний стрес».

Причини стресу, які пов'язані з професійною діяльністю досліджуються вже тривалий час, і перелік потенційних чинників, що можуть викликати стрес, досить довгий. Більшість науковців, у тому числі Я.В.Крушельницька, схильні виділяти фізіологічні (надмірне фізичне навантаження, висока або низька температура, шум та ін.) і психологічні стресори, які поділяються на інформаційні (інформаційне перевантаження, нехватка інформації) та емоційні (небезпека, гнів, образа). Водночас існує ряд авторських класифікацій стресорів, які відрізняються від зазначеної. Зокрема, Т.В.Зайчикова, О.В.Винославська, М.П. Малигіна усі чинники, які викликають професійний стрес, поділяють на три групи [90]:

- зовнішні, щодо організації: зміни в суспільстві, економічні і фінансові умови, зміни в особистому житті (сімейні проблеми, старіння, смерть близького родича, народження дитини тощо);
- групові: відсутність колективної згуртованості та наявність внутрішньо особистісних, між особистісних і внутрішньо групових конфліктів;
- внутрішньо організаційні: фізичні (погані побутові умови, температура повітря, погане освітлення, надмірний шум тощо) та психосоціальні, які обумовлені комбінацією трудових, організаційних і соціальних особливостей робочого місця (характер виконуваної роботи; ставлення працівника до своєї роботи; перевантаження або надмірно мала завантаженість роботою ін.)

Найбільш розповсюджені психологічні проблеми офісних співробітників — це депресії, тривожні, посттравматичні, харчові розлади, розлади пов'язані зі вживанням алкоголю і психоактивних речовин. У свою чергу турбота про психічне здоров'я і належна профілактика психічних розладів можуть поліпшити якість життя співробітників, а отже, і продуктивність їхньої роботи.

Будь-яка компанія працює як єдиний організм, що складається з людей. А людям властиво переживати різні почуття і виражати різні думки. Важливо, щоб умови праці та стосунки у колективі сприяли особистісному і професійному розвитку, а отже — і розвитку компанії.

Бути здоровим у фізичному і психічному контексті — така ж необхідність, як і потреба у самореалізації, зокрема професійній. Вона займає важливе місце в ієрархії людських потреб. Тільки ментально благополучна людина можна реалізувати власний потенціал. Нерідко саме ця потреба змушує працівників змінювати місце роботи. Тому турбота про здорову психологічну атмосферу може зменшити плинність кадрів у колективі.

Всесвітня організація охорони здоров'я дослідила, що депресія і тривожні розлади обходяться світовій економіці в 1 трильйон доларів на рік у вигляді втрати продуктивності. Часто компанії стикаються з тим, що співробітники пропускають роботу через хвороби психосоматичної природи. Люди втрачають інтерес до роботи і саботують процес виконання завдань (іноді навіть несвідомо). При цьому компанія починає в буквальному сенсі втрачати гроші.

Підтримка емоційного благополуччя співробітників зменшує відсоток витрат на оплату лікарняних та прихованого саботажу і підвищує загальну ефективність бізнесу.

Тема психічного здоров'я на роботі сьогодні активно обговорюється на конференціях і піднімається у медіа. На Всесвітньому економічному форумі в Давосі бізнес-співтовариство обговорювало, як боротися з упередженнями в цій сфері і створювати більше робочих місць для тих, хто має досвід психічних розладів. Джон Флінт, CEO одного з найбільших фінансових конгломератів HSBC, заявив, що, люди, які пережили психічні проблеми, можуть бути цінними співробітниками: «Вони більш стійкі та кмітливі» [91].

У багатьох українських ІТ компаніях створюють умови, в яких люди можуть підтримувати свій work-life баланс. Наприклад, встановлюють гнучкий графік, надають опції роботи з дому, відкривають кімнати для відпочинку, масажні кабінети і спортзали для зняття стресу. Дехто підтримує спортивні

ініціативи — наприклад командну участь у бігових марафонах. Це покращує не тільки фізичний, але й емоційний стан співробітників.

В українському офісі компанії Deloitte проводяться серії практичних медитацій на роботі і виїзні ретрити.

У компанії 4Service перед запусками проектів працюють рефлексивні групи, а також групи особистісного росту. А для відновлення працездатності співробітників є спеціальна кімната психоемоційного розвантаження.

Компанія METRO Cash and Carry піклується про своїх співробітників через лідерів. Їх активно навчають підтримувати емоційний стан співробітників компанії. У компанії також працюють програми визнання, які допомагають людям почуватися комфортно, а отже, надавати якісний сервіс клієнтам.

Система стрес-менеджменту – це широка сфера різноманітних методів, котрі спрямовані на усунення джерел виникнення стресу та зменшення його негативного впливу. Методики різняться за складністю, формальністю та можливими витратами, але їх вибір є настільки широким, що кожне підприємство може обрати собі найефективніші, найдоцільніші та найдієвіші, згідно з думкою керівництва. Насамперед керівництво мусить турбуватися про корпоративний клімат на підприємстві; піклуватись про працівників як про індивідуумів, а не лише як про робочу силу; забезпечувати достойну заробітну плату та задоволення їхніх певних потреб (у певних межах).

Отже, в сприятливих робочих умовах знижуються джерела виникнення стресових ситуацій. Перераховані та проаналізовані методики ще не цілком увійшли на підприємства України (їх застосування є частковим), проте для підприємств важливим є усвідомлення їх необхідності [92].

### **3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Фактори ризику і можливі порушення здоров'я користувачів комп'ютерної мережі**

На перший погляд, робота за комп'ютером здається безпечною, але саме легковажність до неї може призвести до певних проблем у здоров'ї людини. Професія програміста та інших фахівців ІТ-технологій пов'язана з колосальним розумовим напруженням. Розробники – настільки захоплені люди, що навіть відволікаючись від роботи над проектом, продовжують думати про роботу. Нерідко відпочинком вони вважають паралельну заміну основної діяльності, наприклад, читання профільної літератури, верстку сайтів, вивчення нових мов програмування. Однак мозок не може до безкінечності приймати виключно корисну інформацію, яку розробник прагне направляти в русло особистісного та професійного зростання. Адже мозок людини не машина: він не може нескінченно зберігати і переробляти дані практично не втрачаючи продуктивності [93].

Інтенсивна робота з персональними комп'ютерами, обладнаними візуальними дисплейними терміналами є причиною виникнення багатьох захворювань. Стан здоров'я користувачів ПК за суб'єктивними і об'єктивними показниками залежить від типу роботи і умов її виконання. Робота користувача ПК виконується в одноманітній позі в умовах обмеження загальної м'язової активності при рухливості кистей рук, великому напруженні зорових функцій і нервово-емоційній нарузі під впливом наступних фізичних факторів:

- електростатичного поля;
- електромагнітних випромінювань у наднизькочастотному, низькочастотному та середньо частотному діапазонах (5 Гц – 400 кГц);
- рентгенівського, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань;
- випромінювань видимого діапазону; - акустичного шуму; - незадовільного рівня освітленості;
- незадовільних метеорологічних умов.

Порушення зору

Особливе місце серед профзахворювань користувачів ПК займають порушення зору, викликані:

- нераціональним освітленням;
- світлотехнічною специфікою робочих місць із ПК;
- недотриманням режиму праці.

Світлотехнічна специфіка обумовлена світлотехнічною різномірністю об'єктів зорової роботи користувача ПК: екрана, документації і клавіатури, розташованих у різних зонах спостереження, що вимагає багаторазового переміщення лінії зору від одного об'єкта до іншого. Об'єкти відмінності мають як негативний (темні об'єкти на світлому фоні) так і позитивний (світлі об'єкти на темному фоні) контраст. Тому відбувається постійна переадаптація від яскравих об'єктів з позитивним контрастом на темні з негативним контрастом.

За восьмигодинний робочий день за монітором користувач кидає приблизно 30000 поглядів на екран, око працює з перевантаженням і не може достатньо адаптуватися до цієї ситуації. Такі особливості призводять до напруження м'язового та світло-сприймаючого апарату очей, що є однією з причин виникнення астенопічних явищ (різь в очах, біль в очах, ломить у надбрівній ділянці, розпливчастість контурів, нечіткість зображення).

Постійний погляд на матове скло екрана монітора зменшує частоту кліпання очей, що призводить до висихання та викривлення роговиці ока, погіршує зір (синдром Сікка).

Робота користувача за пульсуючим екраном монітора, що не відповідає нормативним вимогам щодо обмеження пульсації (блимання), викликає дискомфорт і втому (загальну і зорову).

Робота з дзеркальною відбиваючою і неплюскою зовнішньою поверхнею екрана монітора, на якій з'являються численні відбиті відблиски, призводить до виникнення у користувача астенопічних явищ та функціональних змін ока.

Неправильний розподіл яскравості в полі зору, тобто поверхні периферії (стеля, стіни, меблі і т.п.) висвітлені краще ніж центр поля зору, призводить до

порушення основних зорових функцій ока. Засліплююча дія світильників у приміщенні, на робочому місці з ПК викликає не тільки астенопічні явища, але й функціональні порушення очей користувача.

Кольоровий шрифт збільшує навантаження на зір, оскільки складові кольорів мають різні довжини хвиль і видимі на різній віддалі. Око потребує точнішої адаптації, ніж при чорно-білому зображенні.

#### Кістково-м'язові порушення

Робота користувача ПК вимагає тривалого статичного напруження м'язів спини, шиї, рук і ніг, що призводить до втоми і специфічних скарг.

Можливе ушкодження хребта, в результаті недостатнього рівня ергономічності робочого місця користувача, тобто якщо крісло неправильно підтримує згин хребта. При цьому плечі і шия напружені і затікають, внаслідок неприродного положення, тому виникають болі в області шиї, спини і голови. В середньому працівник, який використовує ПК, просиджує в такому положенні за все своє життя до 80000 годин (8 років).

Неправильне положення рук при введенні даних за допомогою клавіатури призводить до перетискання нервів у вузьких місцях зап'ястя [Синдром зап'ястного каналу (карпальний тунельний синдром або тунель Карпаля)].

Синдром RSI (хронічне розтягнення зв'язок) – це пошкодження, що виникає в результаті постійного напруження м'язів кистей рук як результат неправильно обладнаного з погляду ергономіки робочого місця користувача ПК. Це хронічне захворювання може непомітно розвиватися протягом декількох років. Такі перевантаження призводять до перенапруження всієї м'язової системи людини.

Найбільш небезпечним є те, що внаслідок концентрації уваги на екрані монітора притуплюється своєчасне попередження про болі, які є тривожним сигналом для тіла. Захворювання рук і кистей рук спостерігається у працюючих за ПК у 7-12 разів частіше, ніж у інших, і досить часто помилково діагностується як запалення сухожилів [94].

Отже, працюючи за комп'ютером, рекомендується дотримуватися деяких правил [95]:



- за будь-яких умов безперервна робота за комп'ютером для дорослої людини не повинна перевищувати двох годин.
- слідкувати за поставою: ноги твердо стоять на підлозі чи на спеціальній підставці; стегна розташовані під прямим кутом до тулуба, а гомілки – під прямим кутом до стегон; сидіти потрібно прямо або злегка нахилившись вперед; пальці рук знаходяться на рівні зап'ястків або трохи нижче – у такому положенні вони найбільш рухливі; плечі мають бути розслаблені та вільно опущені, що сприяє розслабленню рук; відстань від очей до екрану монітора – не менше 55-60 см; центр екрану має знаходитися на рівні очей чи трохи нижче; рекомендується хоча б раз на день виконувати гімнастику для очей;
  - щоб попередити „синдром сухого ока”, потрібно моргати кожні 3-5 секунд;
  - у процесі роботи за комп'ютером обов'язково потрібно звертати увагу на дихання: воно має бути рівномірним, без затримок;
  - у процесі роботи рекомендується періодично (приблизно раз на 20-30 хвилин) переводити погляд з екрану на найбільш віддалений предмет у кімнаті, а ще краще – на віддалений об'єкт за вікном;
  - якщо з'явилося відчуття втоми, напруження, сонливості, тяжкості в очах, потрібно припинити роботу та хоча б трохи відпочити.

### **3.3 Висновки до третього розділу**

Інноваційний розвиток економіки та соціальної сфери України вимагає надійного та сучасного інформаційного забезпечення, впровадження новітніх технологій у різних галузях господарського комплексу України. Ключовими професіями в цьому напрямі є фахівці ІТ-технологій.

Аналіз умов праці ІТ-фахівців свідчить про наявність та можливий вплив шкідливих та небезпечних чинників: шуму; несприятливому мікроклімату; іонізуючі і неіонізуючі випромінювання; недостатнє штучне та природнє

освітлення; візуальні фактори: надмірна яскравість, контрастність, мерехтіння зображення, відблиски тощо.

З метою вдосконалення охорони праці фахівців з сучасних інформаційних технологій розроблені системні заходи з правової оптимізації, соціального захисту працівників, діагностики їх професійної придатності, необхідності обґрунтування диференційованих норм праці при роботі з новою комп'ютерною технікою в залежності від віку, статі, категорії зорової роботи, режимів праці та відпочинку.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра було досягнуто поставленої мети дослідження, а також проведено оцінювання медичних пристроїв.

Кілька особливостей було обрано для оцінки різних систем. Вибір функцій базувався на широкому діапазоні вимог, яким повинна відповідати носима біосенсорна система, щоб вона могла використовуватися в реальних сценаріях моніторингу здоров'я. Оскільки в загальному випадку не існує ідеальних об'єктивних показників для оцінки кожної системи, оцінка була проведена з урахуванням вищого підходу в кожній категорії.

Однак поки що перед індустрією носимих медичних технологій постає чимало нових викликів. У першу чергу — це дані: вони повинні бути значно достовірнішими, надійно захищеними і добре інтегрованими із медичними системами. По-друге — повинні бути враховані нормативно-правові та етичні питання. Проте першопрохідці, які приймуть ці виклики і наважаться підкорити медичний ринок, отримають багато переваг, оскільки, у наш час медичне обслуговування є значно прибутковішою сферою ніж інші.

У ході виконання даного дослідження отримано наступні результати:

- досліджено теоретичні джерела по проблемах проектування та розробки медичних кіберфізичних систем;
- проведено огляд існуючих систем;

Також, показано загальну оцінку систем на основі точки зору сторін, які беруть участь у розробці та використанні систем, наприклад, виробників, лікарів та користувачів.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia. Introduction to Embedded Systems // A Cyber-Physical Systems Approach 2011.
2. The Impact of Control Technology, T. Samad and A.M. Annaswamy (eds.), 2011. Available at [www.ieeecss.org](http://www.ieeecss.org).
3. S. Graham, G. Baliga, and P.R. Kumar, “Abstractions, Architecture, Mechanism, and Middleware for Networked Control,” IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 54, no. 7, pp. 1490-1503, July 2009.
4. President’s Council of Advisors on Science and Technology. Leadership Under Challenge: Information Technology R&D in a Competitive World [Online], Aug. 2007. Available at <http://www.nitrd.gov/Pcast/reports/PCAST-NIT-FINAL.pdf>.
5. The Impact of Control Technology, T. Samad and A.M. Annaswamy (eds.), 2011. Available at [www.ieeecss.org](http://www.ieeecss.org).
6. National Science and Technology Council. National Aeronautics Research and Development Plan [Online], Feb. 2010. Available at <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/aero-rdplan-2010.pdf>.
7. Networking and Information Technology Research and Development Program. High-Confidence Medical Devices: Cyber-Physical Systems for 21st Century Health Care [Online], Feb. 2009. Available at <http://www.nitrd.gov/About/MedDevice-FINAL1-web.pdf>
8. RESEARCH ARTICLE CYBER PHYSICAL SYSTEMS FOR HEALTHCARE. Md. Obaidur Rahaman, Abusaleh Shuvo and Dr. M. Abul Kashem
9. Vijayaraghavan, A., W., Sobel, A., Fox, D., Dornfeld, P., Warndorf. “Improving machine tool interoperability using standardized interface protocols: MTConnect.” In: Proceedings of the 2008 international symposium on flexible automation (ISFA), 2008, Atlanta, GA, USA.
10. L. Gatzoulis and I. Iakovidis, “Wearable and portable ehealth systems,” IEEE Eng. Med. Biol. Mag., vol. 26, no. 5, pp. 51–56, Sep.–Oct. 2007.

11. A. Lympers and A. Dittmar, "Advanced wearable health systems and applications, research and development efforts in the european union," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 26, no. 3, pp. 29–33, May/Jun. 2007.
12. G. Troster, "The Agenda of Wearable Healthcare," in "IMIA Yearbook of Medical Informatics. Stuttgart, Germany: Schattauer, 2005, pp. 125–138.
13. Y. Hao and R. Foster, "Wireless body sensor networks for healthmonitoring applications," *Phys. Meas.*, vol. 29, pp. R27–R56, Nov. 2008.
14. P. Bonato, "Advances in wearable technology and applications in physical medicine and rehabilitation," *J. NeuroEng. Rehabil.*, vol. 2, p. 2, Feb. 2005.
15. P. Bonato, "Wearable sensors/systems and their impact on biomedical engineering," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 22, no. 3, pp. 18–20, May/Jun. 2003.
16. D. Raskovic, T. Martin, and E. Jovanov, "Medical monitoring applications for wearable computing," *Comput. J.*, vol. 47, pp. 495–504, Apr. 2004.
17. U. Anliker, J. Beutel, M. Dyer, R. Enzler, P. Lukowicz, L. Thiele, and G. Troster, "A systematic approach to the design of distributed wearable " systems," *IEEE Trans. Comput.*, vol. 53, no. 8, pp. 1017–1033, Aug. 2004.
18. K. A. Townsend, J. W. Haslett, T. K. K. Tsang, M. N. El-Gamal, and K. Iniewski, "Recent advances and future trends in low power wireless systems for medical applications," in *Proc. 5th Int. Conf. Workshop Syst.- on-Chip Real-Time Appl.*, 2005, pp. 476–481.
19. S. L. P. Tang, "Recent developments in flexible wearable electronics for monitoring applications," *Trans. Ins. Meas. Control*, vol. 29, pp. 283–300, 2007.
20. J. Govil and J. Govil, "4G mobile communication systems: Turns, trends and transition," in *Proc. Int. Conf. Convergence Inf. Tech.*, 2007, pp. 13–18.
21. Zigbee Alliance. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)
22. [Bluetooth. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: [www.bluetooth.com](http://www.bluetooth.com)
23. R. Bouhenguel, I. Mahgoub, and M. Ilyas, "Bluetooth security in wearable computing applications," in *Proc. Int. Symp. High Capacity Opt. Net. Enabling Tech.*, 2008, pp. 182–186.
24. C. T. Hager and S. F. Midkiff, "An analysis of bluetooth security vulnerabilities," in *Proc. IEEE WCNC*, 2003, pp. 1825–1831.

25. M. R. Yuce, S. W. P. Ng, N. L. Myo, C. H. Lee, J. Y. Khan, and W. Liu, "A MICS band wireless body sensor network," in Proc. IEEE WCNC, 2007, pp. 2473–2478.
26. A. Sikora and V. Groza, "Coexistence of IEEE802.14 with other systems in the 2.4 GHz ISM-band," in Proc. IEEE IMTC, 2005, pp. 1786–1791.
27. IEEE 802.15 WPAN Task Group 6. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>
28. U. Anliker, J. A. Ward, P. Lukowicz, G. Troster, F. Dolveck, M. Baer, " F. Keita, E. B. Schenker, F. Catarsi, L. Coluccini, A. Belardinelli, D. Shklarski, M. Alon, E. Hirt, R. Schmid, and M. Vuskovic, "AMON: A wearable multiparameter medical monitoring and alert system," IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed., vol. 8, no. 4, pp. 415–427, Dec. 2004.
29. B. S. Lin, B. S. Lin, N. K. Chou, F. C. Chong, and S. J. Chen, "RTWPMS: A real-time wireless physiological monitoring system," IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed., vol. 10, no. 4, pp. 647–656, Oct. 2006.
30. C. W. Mundt, K. N. Montgomery, U. E. Udoh, V. N. Barker, G. C. Thonier, A. M. Tellier, R. D. Ricks, R. B. Darling, Y. D. Cagle, N. A. Cabrol, S. J. Ruoss, J. L. Swain, J. W. Hines, and G. T. A. Kovacs, "A multiparameter wearable physiological monitoring system for space and terrestrial applications," IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed., vol. 9, no. 3, pp. 382–391, Sep. 2005.
31. J. Ren, C. Chien, and C. C. Tai, "A new wireless-type physiological signal measuring system using a PDA and the bluetooth technology," in Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Technol., Dec. 2006, pp. 3026–3031.
32. A. Tura, M. Badanai, D. Longo, and L. Quareni, "A medical wearable device with wireless bluetooth-based data transmission," Meas. Sci. Rev., vol. 3, pp. 1–4, 2003.
33. J. Habetha, "The MyHeart project—Fighting cardiovascular diseases by prevention and early diagnosis," in Proc. 28th Ann. Int. IEEE EMBS Conf., 2006, pp. 6746–6749.
34. J. Luprano, J. Sola, S. Dasen, J. M. Koller, and O. Chetelat, "Combination of body sensor networks and on-body signal processing algorithms:

The practical case of MyHeart project,” in Proc. Int. Workshop Wearable Implantable Body Sens. Netw., 2006, pp. 76–79.

35. M. Pacelli, G. Loriga, N. Taccini, and R. Paradiso, “Sensing fabrics for monitoring physiological and biomechanical variables: E-textile solutions,” in Proc. 3rd IEEE-EMBS Int. Summer School Symp. Med. Dev. Biosens., 2006, pp. 1–4.

36. J. Muhlsteff, O. Such, R. Schmidt, M. Perkuhn, H. Reiter, J. Lauter, J. Thijs, G. Musch, and M. Harris, “Wearable approach for continuous ECG and activity patient-monitoring,” in Proc. 26th Ann. Int. IEEE EMBS Conf., 2004, pp. 2184–2187.

37. R. Paradiso, G. Loriga, and N. Taccini, “A wearable health care system based on knitted integral sensors,” *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 9, no. 3, pp. 337–344, Sep. 2005.

38. A. Lymperis and R. Paradiso, “Smart and interactive textile enabling wearable personal applications: R&D state of the art and future challenges,” in Proc. 30th Ann. Int. IEEE EMBS Conf., 2008, pp. 5270–5273.

39. E. P. Scilingo, A. Gemignani, R. Paradiso, N. Taccini, B. Ghelarducci, and D. De Rossi, “Performance evaluation of sensing fabrics for monitoring physiological and biomechanical variables,” *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 9, no. 3, pp. 345–352, Sep. 2005.

40. M. Di Rienzo, F. Rizzo, G. Parati, G. Brambilla, M. Ferratini, and P. Castiglioni, “MagIC system: A new textile-based wearable device for biological signal monitoring applicability in daily life and clinical setting,” in Proc. 27th Ann. Int. IEEE EMBS Conf., 2005, pp. 7167–7169.

41. J. Luprano, “European projects on smart fabrics, interactive textiles: Sharing opportunities and challenges,” presented at the Workshop Wearable Technol. Intel. Textiles, Helsinki, Finland, 2006.

42. J. L. Weber and F. Porotte, “Medical remote monitoring with clothes,” presented at the Int. workshop on PHealth, Luzern, Switzerland, 2006.

43. P. S. Pandian, K. Mohanavelu, K. P. Safeer, T. M. Kotresh, D. T. Shakunthala, P. Gopal, and V. C. Padaki, “Smart vest: Wearable multiparameter

remote physiological monitoring system,” *Med. Eng. Phys.*, vol. 30, pp. 466–477, May 2008.

44. A. Milenkovic, C. Otto, and E. Jovanov, “Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation,” *Comput. Commun.*, vol. 29, pp. 2521–2533, 2006.

45. V. Shnayder, B. R. Chen, K. Lorincz, T. R. F. Fulford-Jones, and M. Welsh, “Sensor networks for medical care,” *Division Eng. Appl. Sci.*, Harvard Univ., Cambridge, MA, Tech. Rep. TR-08-05, 2005.

46. E. Monton, J. F. Hernandez, J. M. Blasco, T. Herve, J. Micallef, I. Grech, A. Brincat, and V. Traver, “Body area network for wireless patient monitoring,” *Telemed. E-Health Commun. Syst.*, vol. 2, pp. 215–222, 2008.

47. W. Y. Chung, S. C. Lee, and S. H. Toh, “WSN based mobile u-healthcare system with ECG, blood pressure measurement function,” in *Proc. 30th Ann. Int. IEE EMBS Conf.*, 2008, pp. 1533–1536.

48. W. Y. Chung, Y. D. Lee, and S. J. Jung, “A wireless sensor network compatible wearable u-healthcare monitoring system using integrated ECG, accelerometer and SpO<sub>2</sub>,” in *Proc. 30th Ann. Int. IEE EMBS Conf.*, 2008, pp. 1529–1532.

49. A. Volmer and R. Orglmeister, “Wireless body sensor network for lowpower motion-tolerant synchronized vital sign measurement,” in *Proc. 30th Ann. Int. IEE EMBS Conf.*, 2008, pp. 3422–3425.

50. E. Farella, A. Pieracci, L. Benini, L. Rocchi, and A. Acquaviva, “Interfacing human and computer with wireless body area sensor networks: The WiMoCa solution,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 38, pp. 337–363, 2008.

51. S. Farshchi, A. Pesterev, P. H. Nuyujukian, I. Mody, and J. W. Judy, “Bi-Fi: An embedded sensor/system architecture for remote biological monitoring,” *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 11, no. 6, pp. 611–618, Nov. 2007.

52. N. Loew, K.-J. Winzer, G. Becher, D. Schonfuss, Th. Falck, G. Uhlrich, M. Katterle, and F. W. Scheller, “Medical sensors of the BASUMA body sensor network,” in *Proc. 4th Int. Workshop Wearable Implantable BSN*, vol. 13, pp. 171–176, May 2007.



53. O. Aziz, L. Atallah, B. Lo, M. ElHelw, L. Wang, G. Z. Yang, and A. Darzi, "A pervasive body sensor network for measuring postoperative recovery at home," *Surg. Innovation*, vol. 14, pp. 13–90, Jun. 2007.
54. K. Hachisuka, T. Takeda, Y. Terauchi, K. Sasaki, H. Hosaka, and K. Itao, "Intra-body data transmission for the personal area network," *Microsyst. Technol.*, vol. 11, pp. 1020–1027, Aug. 2005.
55. M. R. Yuce, S. W. P. Ng, N. L. Myo, J. Y. Khan, and W. Liu, "Wireless body sensor network using medical implant band," *J. Med. Syst.*, vol. 31, pp. 467–474, Dec. 2007.
56. B. Gyselinckx, J. Penders, and R. Vullers, "Potential and challenges of body area networks for cardiac monitoring," *J. Electrocardiol.*, vol. 40, pp. S165–S168, Nov. 2007.
57. T. Torfs, V. Leonov, C. Van Hoof, and B. Gyselinckx, "Body-heat powered autonomous pulse oximeter," presented at the IEEE Proc. Int. Conf. Sens., Daegu, Korea, Oct. 22–25, 2006.
58. N. Oliver and F. Flores-Mangas, "HealthGear: A real-time wearable system for monitoring and analyzing physiological signals," Microsoft Res., Tech. Rep. MSR-TR-2005-182, Apr. 2006.
59. Z. Jin, J. Oresko, S. Huang, and A. C. Cheng, "HeartToGo: A personalized medicine technology for cardiovascular disease prevention and detection," in *Proc. IEEE/NIH LiSSA*, 2009, pp. 80–83.
60. P. Leijdekkers and V. Gay, "A self-test to detect a heart attack using a mobile phone and wearable sensors," in *Proc. 21st IEEE CBMS Int. Symp.*, 2008, pp. 93–98.
61. M. J. Moron, J. R. Luque, A. A. Botella, E. J. Cuberos, E. Casilari, and A. D. Estrella, "J2ME and smart phones as platform for a bluetooth body area network for patient-telemonitoring," in *Proc. 29th Ann. IEEE EMBS Conf.*, 2007, pp. 2791–2794.
62. R. G. Lee, K. C. Chen, C. C. Hsiao, and C. L. Tseng, "A mobile care system with alert mechanism," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 11, no. 5, pp. 507–517, Nov. 2007.

63. R. Fensli, E. Gunnarson, and T. Gundersen, "A wearable ECG-recording system for continuous arrhythmia monitoring in a wireless tele-homecare situation," in Proc. 18th IEEE Symp. Comput.-Based Med. Syst., 2005, pp. 407–412.

64. C. D. Katsis, G. Gianatsas, and D. I. Fotiadis, "An integrated telemedicine platform for the assessment of affective physiological states," Diagnostic Pathology, vol. 1, p. 16, Aug. 2006.

65. T. Pawar and S. Chaudhuri, "Body movement activity recognition for ambulatory cardiac monitoring," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 54, no. 5, pp. 874–882, May 2007.

66. C. Peter, E. Ebert, and H. Beikirch, "A wearable multi-sensor system for mobile acquisition of emotion-related physiological data," in Proc. 1st Int. Conf. Affect. Comp. Intel. Interaction, 2005, pp. 691–698.

67. L. Dipietro, A. M. Sabatini, and P. Dario, "A survey of glove-based systems and their applications," IEEE Trans. Syst., Man Cybern.-Part C: Appl. Rev., vol. 38, no. 4, pp. 461–482, Jul. 2008.

68. Nonin. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.nonin.com/>

69. Philips Healthcare. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.healthcare.philips.com>

70. Nellcor. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.nellcor.com/>

71. Agilent Technologies. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.agilent.com/>

72. Redding Medical. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.reddingmedical.com/>

73. Polar. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.polarusa.com/>

74. Omron. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.omron.com/>

75. Vivago. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.istsec.fi/vivagopam/>

76. C. B. Liden, M. Wolowicz, J. Stirovic, A. Teller, C. Kasabach, S. Vishnubhatla, R. Pelletier, J. Farrington, and S. Boehmeke, "Characterization and implications of the sensors incorporated into the sensewear armband for energy expenditure and activity detection," Bodymedia Inc. White Papers: 1-7, 2002.

77. WelchAllyn. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.welchallyn.com/>
78. CleveMed. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.clevemed.com/>
79. K. J. Heilman and S. W. Porges, “Accuracy of the LifeshirtR (Vivometrics) in the detection of cardiac rhythms,” *Biol. Psychol.*, vol. 3, pp. 300–3005, Apr. 2007.
80. Foster-Miller. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.foster-miller.com/>
81. Sensatex, Inc. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.sensatex.com/>
82. CardioNet. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.cardionet.com/>
83. Zephyr Inc. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.zephyrtech.co.nz/>
84. Alive Technologies. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.alivetec.com/>
85. Schiller. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.schiller.ch/Company/-36-10-10-en-hq-/cms.html>
86. Corscience. (2009, Jun. 15). [Online]. Available: <http://www.corscience.de/>
87. A. Pantelopoulos and N. Bourbakis, “A formal language approach for multi-sensor wearable health-monitoring systems,” in *Proc. 8th IEEE Int. BIBE Conf.*, 2008, pp. 1–7.
88. A. Pantelopoulos and N. Bourbakis, “SPN-model based simulation of a wearable health-monitoring system,” in *Proc. 31st Ann. Int. IEEE EMBS*, 2009, pp. 320–323.
89. Збірник наукових праць ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ ПСИХОЛОГІЇ № 1 (13) / 2018/ ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОГО СТРЕСУ  
Т.В. Скрипаченко

90. Куликов Л.В., Михайлова О.А. Виды трудового стресса // Психология психических состояний. Вып. 3 /Под ред. А.О. Прохорова. — Казань, 2001.

91. Зайчикова Т. В. Профілактика та подолання стресів як умова підтримки психологічного здоров'я працівників організацій / Т. В. Зайчикова // Вісник НТУУ «КПІ». Філософія. Психологія. Педагогіка: збірник наукових праць. — 2008. — № 3(24). — С. 135–137.

92. Чому компанія має турбуватись про своїх співробітників? [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://happymonday.ua/ru/chomu-kompanija-povynna-pikluvatysja-pro-vashe-psyhichne-zdorovja>

93. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СТРЕС-МЕНЕДЖМЕНТУ ПІД ЧАС ВЕДЕННЯ КРЕДИТНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ/С. Й. Гончар, В. В. Кузяк Національний університет “Львівська політехніка”

94. Психология безопасности труда / Укладач Кальянов А.В. // Донецкий областной совет профсоюза, 2008. – 32 с.

95. ТЕКСТИ (КОНСПЕКТ) ЛЕКЦІЙ зі змістовного модуля «Охорона праці в галузі» [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://zp.edu.ua/sites/default/files/konf/konspekt\\_lekciy\\_dlya\\_students\\_iff.pdf](https://zp.edu.ua/sites/default/files/konf/konspekt_lekciy_dlya_students_iff.pdf)

96. Як запобігти розвитку хвороб від комп'ютера [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.adm-pl.gov.ua/news/yak-zapobigti-rozvitku-hvorob-vid-kompyutera>

# ДОДАТКИ

*III Міжнародна студентська науково - технічна конференція  
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

Міністерство освіти і науки України,  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет в Кошице (Словаччина)  
Каунаський технологічний університет (Литва)  
Львівський національний університет  
імені Івана Франка,  
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця  
(Польща)  
Луцький національний технічний університет,  
Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича,  
Вроцлавський економічний університет (Польща)  
Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове товариство*



**III МІЖНАРОДНА**  
**студентська науково - технічна конференція**  
**"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ**  
**НАУКИ.**

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"**

23-24 квітня 2020 р.

*(збірник тез конференції)*

*Тернопіль 2020*

Секція:

**Інформаційні технології**

Вацлавська В., Ланевич Т., Мацюк А., Яскілка О. <b>РОЗУМНІ МІСТА: КОНЦЕПЦІЇ ТА ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ</b>	3
Головко О., Мацюк А., Яскілка О. <b>КОНЦЕПЦІЇ ТА ПРОБЛЕМИ РОЗУМНИХ МІСТ</b>	5
Городецька Я., Крайник О. <b>СТВОРЕННЯ 3D-КОНТЕНТУ ДЛЯ VR-МУЗЕЮ ІВАНА ПУЛЮЯ</b>	7
Криськова С. <b>3D-ДРУК В МЕДИЦИНІ</b>	8
Липак О. <b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПУ ДО ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ В МУЗЕЯХ</b>	9
Мозиль В., Мацюк А., Яскілка О. <b>ОГЛЯД РОЗУМНИХ МІСТ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ ІoT</b>	10
Мороз А. <b>ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВЕРСІЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ІТ-ПРОЄКТІВ</b>	11
Радчук М. <b>ВИДИ НЕБЕЗПЕК У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ</b>	13
Радчук М. <b>ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ГРАФУ ІНТЕРЕСІВ ТА СОЦІАЛЬНОГО ГРАФУ</b>	14
Радчук М. <b>ПОРІВНЯННЯ ПОПУЛЯРНИХ БІБЛІОТЕК ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГРАФІВ</b>	15
Ярошук І. <b>МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОМЕТРИЧНИХ ДАТЧИКІВ НА ПЛАТФОРМІ ARDUINO ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПЕРИМЕТРУ</b>	16

Секція:

**Математика**

Биків Д. <b>ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТ ТА ФОРМ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ СТЕРЖНЕВИХ СИСТЕМ МГЕ</b>	18
Джигринюк О. <b>ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ФУР'Є В ЗАДАЧАХ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ</b>	19
Марищак М. <b>РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ МЕТОДОМ</b>	21

Секція:

**Інформаційні технології**

УДК 004.6

<sup>1</sup>Вацлавська В. – ст.гр.СА-51, <sup>1</sup>Ланевич Т.–ст.гр.СТ-51 <sup>1</sup>Мацюк А.–ст.гр.КІ-21, <sup>2</sup>Яскілка О.–ст.гр.КН-221

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Технічний коледж ТНТУ імені Івана Пулюя

## **РОЗУМНІ МІСТА: КОНЦЕПЦІЇ ТА ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ**

Науковий керівник: к.т.н., доцент Мацюк О.В.

Vatslavskaya V., Laneych T., Matsiuk A., Yaskilka O.

### **SMART CITIES: CONCEPTS AND OVERVIEW OF THE CURRENT SITUATION**

Supervisor: Matsiuk O.V.

Ключові слова: РОЗУМНЕ МІСТО, КОНЦЕПЦІЯ

Keywords: SMART CITY, CONCEPT

Концепція розумного міста широко використовується, та досі не існує чіткого та послідовного розуміння її значення (Angelidou, 2015; Chourabi та ін, 2012; Caragliu та ін, 2011; Hollands, 2008; Marsal-Llacuna та ін, 2015 ; Wall and Stavropoulos, 2016). Розумні міста та громади зосереджуються на перетині енергетики, транспорту, інформаційних та комунікаційних технологій, свідчать, що оцінка розумного міста ґрунтується на "попередньому досвіді вимірювання екологічно чистих та життєдатних міст, що охоплюють концепції стійкості та якості життя, але з важливим та значущим доповненням технологічних та інформаційних компонентів".

Інтенсивний розвиток сучасних міст, може призвести як до позитивних результатів для міських громад, так і негативно вплинути на безперервне функціонування міста. Завдання сучасних міст зосереджені навколо: неконтрольоване розширення міст; забруднення навколишнього середовища; міська логістика; технічна інфраструктура; поводження з відходами; старіння населення; стратифікація рівнів населення (багаті та бідні райони); низький рівень участі громадян в управлінні державними справами.

В останнє десятиліття концепція розумного міста набула популярності, дозволивши мешканцям краще задовольнити свої житлові, транспортні, енергетичні та інші інфраструктурні потреби, а також виробивши стратегію боротьби з бідністю та нерівністю, безробіттям та управлінням енергією.

Концепція розумного міста передбачає, що місто має бути творчим, стійким, яке покращує якість життя, створює дружніше середовище і перспективи економічного розвитку.

Хоча формального і широко прийнятого визначення поняття «розумне місто» немає, кінцевою метою є краще використання державних ресурсів, поліпшення якості послуг, пропонованих мешканцям, при одночасному зниженні операційних витрат на державне управління. Зрозуміло, що міста можна визначити як розумні, якщо вони мають такі елементи: розумна економіка вимірюється підприємництвом та продуктивністю міста, адаптацією до змін, гнучкістю ринку праці та міжнародним співробітництвом; розумна мобільність сприймається доступністю інформаційної та



комунікаційної інфраструктури; розумне середовище вимірюється привабливістю природного середовища, рівнем забруднення, природоохоронною діяльністю та методами управління ресурсами; розумні люди, яким властивий рівень кваліфікації, навчання протягом усього життя, соціальне та етнічне розмаїття, креативність, відкритість та участь у громадському житті; розумне життя вимірюється наявністю культурною спадщиною, умовами життя (здоров'я, безпека, житло), навчальними закладами, туристичною привабливістю та соціальною згуртованістю; розумне управління виражається прозорістю управління містом, соціальною участю, рівнем державних послуг та реалізацією стратегій розвитку.

У публікаціях, що стосуються теми «розумного міста», існує багато альтернативних термінів для цього поняття, таких як: «цифрове місто», «провідне місто», «інформаційне місто», «всеюднущее місто», «чутливе місто».

Проводячи огляд наукових публікацій, було помічено, що автори намагаються визначити поняття «розумного міста», орієнтованого на технологічний аспект.

Виділимо труднощі, що виникають при реалізації концепції «розумного міста»: надмірна концентрація інвестицій у передові технології без реального розуміння конфліктів та проблем у містах; впровадження розумних технологій у містах із складними соціальними проблемами може посилити соціальну нерівність; відсутність комплексного підходу для врахування потреб міста у всіх сферах функціонування; зміни, пов'язані з впровадженням концепції «розумного міста», в основному включаючи технологічний аспект, що може негативно вплинути на міста з багатою історичною спадщиною; більшість інвестицій у розвиток концепції «розумного міста» зосереджена на створенні нових об'єктів замість модернізації старих; розвиток інтелектуальної інфраструктури міста вимагає величезних інвестицій, які опосередковано здійснюються громадянами, наприклад у вигляді вищої податкової ставки; управління містами є величезним викликом і вимагає, перш за все, інтелекту, відповідальності та розумності, які неможливо замінити сучасними технологіями, а особливо будувати міста з нуля; некомпетентне чи несвідоме користування послугами так званих цифрових неграмотних людей може завдати чимало збитків; міста, оснащені сучасними технологіями, наприклад, житло чи новозбудовані, не стають об'єктом інтересу для жителів через високі витрати на обслуговування та відсутність соціальних відносин.

Складність, різноманітність та невизначеність - це три ключові ознаки сучасних міст, які перешкоджають концептуальному та технічному прогресу у впровадженні «розумного міста».

#### Література

1. Дуда О. М., Кушанець Н. Е., Матюк О. В., Пасічник В. В. Системні комплекси інформаційних технологій у проєктах «Розумне місто» // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 18-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2016 / Київ: ВНК «ІПСА», 2016. – С. 215 – 216.
2. Дуда О. М., Кушанець Н. Е., Матюк О. В., Пасічник В. В. Концепт «розумне місто» та інформаційні технології BigData // Матеріали V науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль, 2018. – С. 30.
3. Кушанець Н. Е. Особливості формування цілей соціальних та соціокомунікаційних складових у проєктах «розумних міст» / Н. Е. Кушанець, Р. М. Небісний, О. В. Матюк // Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка» Сер. «Інформаційні системи та мережі». – 2016. – № 854. – С. 257 – 274.
4. O. Duda, N. Kushanets, O. Matyuk, and V. Pasichnyk, "Cloud-based IT Infrastructure for "Smart City" Projects", in Dependable IoT for Human and Industry: Modeling, Architecting, Implementation. River Publishers, pp. 389-410, 2018.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



9–10 грудня 2020 року

ТЕРНОПІЛЬ  
2020

<b>Т. Бойко, О. Лукавий, П. Федорів</b> РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОДАЧЕЮ ПОЛОТНА ОФСЕТНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ	
<b>T. Vojko, O. Lukavyj, P. Fedoriv</b> DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE CANVAS SUPPLY ON OFFSET PRINTING MACHINE	24
<b>О. Бойко</b> РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ВІД АТАК СОЦІАЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ	
<b>O. Boiko</b> DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR INFORMATION PROTECTION AGAINST SOCIAL ENGINEERING ATTACKS	25
<b>О. Багрії, Т. Липак</b> ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛІКУ МУЗЕЙНИХ ПРЕДМЕТІВ	
<b>O. Bahrii, T. Lyrak</b> SOFTWARE FOR ELECTRONIC ACCOUNTING OF MUSEUM ITEMS	26
<b>В. Вацлавська, Н. Придота</b> МАСШТАБНІ КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ – «РОЗУМНІ» МІСТА	
<b>V. Vatslavska, N. Pryndota</b> LARGE-SCALE CYBERPHYSICAL SYSTEMS – «SMART» CITIES	27
<b>О. Головка, А. Мацюк, О. Яскілка</b> ВИКОРИСТАННЯ СМАРТФОНІВ ТА НОСИМИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗМІН ПОВЕДІНКИ ПІД ЧАС COVID-19	
<b>O. Holovko, A. Matsiuk, O. Yaskilka</b> USING SMARTPHONES AND WEARABLE DEVICES TO MONITOR BEHAVIORAL CHANGES DURING COVID-19	28
<b>А. Луцків, М. Голубовський</b> ПРОБЛЕМИ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПРИ РОЗГОРТАННІ ІНФРАСТРУКТУР ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ ВЕЛИКИХ ДАНИХ	
<b>A. Lutskiv, M. Holubovskyi</b> PROBLEMS THAT ARISE DURING DEPLOYMENT OF BIG DATA PROCESSING INFRASTRUCTURES	30
<b>В. Головатий, Д. Деркач, Р. Медюх, Т. Дубиняк</b> ЗАЛЕЖНІСТЬ ЄМНОСТІ ВІД ПЕРЕМІЩЕННЯ З ВРАХУВАННЯМ НЕОДНОРІДНОСТІ СТАТИЧНОГО ПОЛЯ	
<b>V. Holovatyi, D. Derkach, R. Medyukh, T. Dubyniak</b> DEPENDENCE OF CAPACITY ON MOVEMENT TAKING INTO ACCOUNT STATIC FIELD INHOMOGENEITIES	31
<b>В. Лизун, А. Баран, В. Гураль, В. Бабовал, М. Яворська</b> S-МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	
<b>V. Lyzun, A. Baran, V. Hural, V. Baboval, M. Yavorska</b> S-MODELS FOR THE INFORMATION SYSTEMS RELIABILITY ESTIMATION	33
<b>Р. Медвецька, Д. Дюмін, А. Корчак</b> КЛЮЧОВІ ЕЛЕМЕНТИ РОЗУМНОГО МІСТА	
<b>R. Medvetska, D. Diumin, A. Korchak</b> KEY ELEMENTS OF A SMART CITY	34

<b>Н. Придота, В. Вацлавська</b> ПЕРЕВАГИ ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ BIG DATA У СИСТЕМІ SMART CITY	
<b>N. Pryndota, V. Vatslavska</b> ADVANTAGES AND PROBLEMS OF USING THE BIG DATA CONCEPT IN THE SMART CITY SYSTEM	56
<b>О. Ревнюк</b> РОЗРОБКА СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРОЛЯМИ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ	
<b>O. Revnuk</b> DEVELOPMENT OF A SPECIALIZED PASSWORD MANAGEMENT SYSTEM WITH THE PURPOSE OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF ENTERPRISES'S FUNCTIONING AND SECURITY	57
<b>В. Савків, Р. Михайлишин, М. Гой, Я. Рильник</b> СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В СКЛОВАРНІЙ ПЕЧІ	
<b>V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, M. Goy, Ja. Rylnyk</b> SYNTHESIS OF AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN GLASS FURNACE	59
<b>В. Савків, Р. Михайлишин, М. Куйдан, О. Сидорик</b> АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧОЇ СИСТЕМИ ДІЛЯНКИ ГАЗОПРОВОДУ	
<b>V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, M. Kuidan, O. Sydoryk</b> ANALYSIS OF THE STRUCTURAL SCHEME OF THE INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEM OF THE GAS PIPELINE SECTION	60
<b>Я. Литвиненко, А. Свєтлов</b> ПРИНЦИПИ РОБОТИ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	
<b>I. Lytvynenko, A. Svetlov</b> PRINCIPLES OF OPERATION AND SCOPE OF IMAGE RECOGNITION SYSTEMS	61
<b>В. Сивуля, Матійчук Л.</b> ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСОРІВ INTEL ТА ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ	
<b>V. Syvulia, L. Matiychuk</b> ENERGY EFFICIENCY FEATURES OF THE INTEL PROCESSORS AND THEIR IMPACT ON PERFORMANCE	62
<b>В. Сивуля, Матійчук Л.</b> МЕХАНІЗМИ ОБМЕЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ	
<b>V. Syvulia, L. Matiychuk</b> POWER LIMITING MECHANISMS	63
<b>В. Сивуля, Матійчук Л.</b> УПРАВЛІННЯ ЖИВЛЕННЯМ ТА КОНТРОЛЬ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСОРА SKYLAKE	
<b>V. Syvulia, L. Matiychuk</b> POWER MANAGEMENT AND ENERGY EFFICIENCY CONTROL OF THE SKYLAKE PROCESSOR	64
<b>А. Слободяник</b> ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ІЗ РЕАЛІЗАЦІЄЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	

УДК 004.6

Вацлавська В., Придота Н. – ст.гр.СА-61

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### МАСШТАБНІ КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ – «РОЗУМНІ» МІСТА

UDC 004.6

Vatlavaska V., Pryndota N.

### LARGE-SCALE CYBERPHYSICAL SYSTEMS – «SMART» CITIES

Термін "кіберфізична система" (КФС) запропонований Національним науковим фондом (National Science Foundation, NSF), означає інтеграцію обчислень у фізичному процесі. Головною характеристикою КФС є щільна взаємодія між обчислювальними і фізичними процесами, іншими словами, кіберфізична система – це комплексна система з обчислювальних і фізичних елементів, яка постійно отримує дані з навколишнього середовища і використовує їх для подальшої оптимізації процесів управління.

До кіберфізичних систем можна віднести розумні мережі електропостачання, системи управління розумним транспортом, автоматизовані системи управління (АСУ) у виробництві і сільському господарстві, а також медичне обладнання.

Можливість «зробити життя людей краще і простіше» за допомогою цих систем відмінно можна проілюструвати на прикладі «розумних» міст. Сінгапур вже неодноразово визнавався найрозумнішим з «розумних» міст на планеті, причому його уряд не дупікається і вважє, що працює над проектом «розумної нації». Цілий ряд стартапів спільно створює рішення для Сінгапуру, які стосуються практично всіх сфер життя громадян – від охорони правопорядку і автоматичної фіксації порушень до управління транспортною системою і енергоресурсами, водопостачання та охорони здоров'я. І це дає свої результати, наприклад, одна тільки система управління транспортними потоками здатна зощадити сінгапурським водіям десятки тисяч годин на рік.

КФС, які є рушійною силою інновацій, охоплюють безліч різних дисциплін. Співпраця різних галузей може зробити їх важливою виробничою силою. Крім того, для КФС потрібні висококваліфіковані кадри, тому необхідні співробітництво і взаємодія галузей і університетів. І нарешті, КФС мають величезний потенціал для зміни і вдосконалення кожного аспекту життя людей, допомагаючи вирішувати критично важливі для нашого суспільства проблеми і перевершуючи сучасні розподілені системи в плані безпеки, продуктивності, ефективності, надійності, зручності використання і за багатьма іншими показниками.

Розумне місто завдяки КФС ґрунтується на інтелектуальному обміні інформацією, що відбувається між великою кількістю його різних підсистем. Цілями впровадження інтелектуальних цифрових технологій в рамках концепції «Розумне місто» є: підвищення якості життя населення; підвищення конкурентоспроможності підприємств міста; підвищення ефективності системи управління в місті; підвищення безпеки та комфортності життя на території розумного міста.

#### Література.

1. Edward A. Lee and Sanjit A. Seshia. Introduction to Embedded Systems // A Cyber-Physical Systems Approach Second Edition, MIT Press

УДК 004.6

**Придота Н., Вацлавська В. – студенти групи САМ-61.**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

## **ПЕРЕВАГИ ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ BIG DATA У СИСТЕМІ SMART CITY**

UDC 004.6

**Pryndota N. Vatslavska V.**

### **ADVANTAGES AND PROBLEMS OF USING THE BIG DATA CONCEPT IN THE SMART CITY SYSTEM**

В теперішній час все більше і більше міст впроваджують систему Smart City в надії отримати переваги в економічному, екологічному та соціальному плані. Як один з способів для досягнення цього вони розглядають можливості що стають реальними завдяки правильній аналітиці великих даних у проєктах розумного міста.

Для того, щоб реалізувати застосунок з використанням технології Big Data нам потрібно побудувати належну інфраструктуру інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ). Поруч з невпинним розвитком технологій виникають і досить багато проблем які пов'язані з розробкою та реалізацією застосунків, що використовують великі дані для розумних міст. Розумні міста вважаються дуже динамічним середовищем що розвивається, тому нам важливо по можливості уникати або принаймні зменшити ці проблеми, пов'язані з розробкою нових застосунків. Існують також суперечки щодо визначення, використання та переваг великих даних для розумних міст. Вони стосуються доступних інструментів великих даних, аналітики в режимі реального часу, точності, подання, вартості та доступності. Такі проблеми можуть вплинути на продуктивність програм та служб інтелектуального міста, що спираються на великі дані.

До основних проблем використання можна віднести те що:

- дані генеруються з різних джерел та у різних форматах.
- обмін даними та інформацією між різними міськими відділами не завжди є легким, оскільки кожен департамент має власне сховище інформації і не хоче ділитись нею, бо вона може бути конфіденційною.
- існує низка проблем, пов'язаних з якістю даних.
- проблеми безпеки та конфіденційності – це одні з основних проблем при використанні великих даних у розумному місті.
- вартість – це делікатна тема, яка стосується способів, якими державні органи можуть впливати на людей, коли вони використовують ІКТ-рішення.
- люди впливали та впливають на розумні застосунок.

Існують прикладні програми для розумних міст, які використовують великі дані. Крім того, різні програми мають різні вимоги до використання даних. Наприклад, управління дорожнім рухом вимагає негайних реакцій програми для контролю дорожнього руху в режимі реального часу; в той час, як програми екологічної стійкості можуть шпоратись із затримкою реагування, оскільки рішення, як правило, приймаються протягом тривалого періоду часу. Тому передача, виявлення, аналіз, прийняття рішень та відповіді у реальному часі є проблемою; однак ступінь його важливості залежить від застосування. Більше того, як реагувати в режимі реального часу, в значній мірі залежить від того, наскільки добре ми вирішуємо проблеми.