

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 систем та мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та засоби виявлення падіння людини похилого віку на
основі IoT технологій

Виконав: студент 6 курсу, групи СІм-61
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Куляс І.І.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Паламар А.М.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Тиш Є.В.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Осухівська Г.М.</u> (підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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 систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«11» листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кулясу Івану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та засоби виявлення падіння людини похилого віку на основі IoT технологій

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» листопада 2024 року № 4/7-1144

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові літературні джерела, мова програмування C++

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

1. Аналіз наукових досліджень у сфері виявлення падіння людини похилого віку

2. Методи та засоби дистанційного виявлення падіння людей

3. Реалізація апаратно-програмної системи для виявлення падіння людини

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки

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

1. Тема кваліфікаційної роботи, актуальність і мета дослідження

2. Завдання, об'єкт і предмет дослідження

3. Наукова новизна і практична цінність дослідження

4. Структурна схема системи

5. Схема електричних з'єднань

6. Блок-схема алгоритму роботи

7. Результати роботи системи

8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Осухівська Г.М., зав.каф. КС	05.12.2024	
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 11.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих методів та засобів розв'язання науково-технічних проблем, що відповідають тематиці кваліфікаційної роботи	20.11.2024 – 30.11.2024	Викон.
2	Методи та засоби дистанційного виявлення падіння людей	01.12.2024 – 04.12.2024	Викон.
3	Реалізація апаратно-програмної системи для виявлення падіння людини	05.12.2024 – 11.12.2024	Викон.
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	12.12.2024 – 14.12.2024	Викон.
5	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	15.12.2024 – 18.12.2024	Викон.
6	Попередній захист кваліфікаційної роботи магістра	19.12.2024	Викон.
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	26.12.2024	

Студент

(підпис)

Куляс І.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Куляс І.І. Методи та засоби виявлення падіння людини похилого віку на основі IoT технологій: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія / наук.кер. А.М. Паламар. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. — 79 с.

Ключові слова: виявлення падіння, дистанційний моніторинг, Інтернет речей, мікроконтролер, давач.

Кваліфікаційна робота присвячена вирішенню проблеми підвищення безпеки осіб похилого віку шляхом автоматизованого моніторингу їхнього стану здоров'я з використанням IoT-технологій. Запропоновано та реалізовано комп'ютеризовану систему, що поєднує в собі сенсори вібрації, акселерометра, гіроскопа і GPS-модуль, забезпечуючи виявлення падінь, передачу даних у реальному часі на хмарну платформу та оповіщення через мобільний пристрій.

У роботі розроблено алгоритм обробки даних сенсорів для виявлення падінь із високою точністю. Протестовано прототип системи, що демонструє стабільну роботу та коректне інформування користувачів. Система має потенціал для впровадження у сфері догляду за людьми похилого віку, підвищення їхньої безпеки та оперативного реагування на критичні ситуації. Результати роботи можуть бути використані як основа для подальших досліджень і розробок у галузі IoT-систем моніторингу стану здоров'я.

ANNOTATION

Kulias I.I. Methods and tools for detecting falls of elderly people based on IoT technologies. Master's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering / supervisor A.M. Palamar. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2024. — 79 p.

Keywords: fall detection, remote monitoring, Internet of Things, microcontroller, sensor.

The Master's graduation thesis is devoted to solving the problem of improving the safety of the elderly by automated monitoring of their health status using IoT technologies. A computerized system that combines vibration, accelerometer, gyroscope and GPS sensors and provides fall detection, real-time data transmission to a cloud platform and alerts via a mobile device has been proposed and implemented.

An algorithm for processing sensor data to detect falls with high accuracy has been developed. A prototype of the system has been tested, demonstrating stable operation and correct user notification. The system has the potential to be implemented in the field of elderly care, improving their safety and prompt response to critical situations. The results of the work can be used as a basis for further research and development in the field of IoT health monitoring systems.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ВИЯВЛЕННЯ ПАДІННЯ ЛЮДИНИ ПОХИЛОГО ВІКУ	11
1.1. Аналіз сфери застосування систем виявлення падіння людини.....	11
1.2. Огляд наукових досліджень у сфері виявлення падіння людини.....	13
1.3. Проблеми та виклики, які виникають при розробці систем виявлення падіння на основі IoT.....	21
1.4. Перспективи розвитку систем виявлення падіння.....	23
1.5. Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ ПАДІННЯ ЛЮДЕЙ.....	26
2.1. Класифікація та порівняльний аналіз існуючих методів виявлення падіння людини.....	26
2.2. Характеристика дистанційних методів виявлення падіння.....	30
2.3. Огляд сенсорів та алгоритмів обробки даних, які використовуються для виявлення падіння людини.....	33
2.4. Теоретичні аспекти роботи акселерометра та гіроскопа	35
2.5. Метод виявлення падіння на основі використання акселерометра, гіроскопа та давача вібрації	39
2.6. Висновки до розділу 2	40
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПАДІННЯ ЛЮДИНИ	42
3.1. Апаратна реалізація системи виявлення падіння людини.....	42
3.2. Реалізація алгоритмічного та програмного забезпечення системи	50
3.3. Реалізація взаємодії з IoT платформою Blynk.....	55
3.4. Тестування розробленої системи.....	57
3.5. Висновки до розділу 3	59

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	61
4.1. Охорона праці.....	61
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	64
4.2.1. Влив електромагнітного імпульсу на функціонування обладнання на основі IoT технологій та заходи захисту	64
4.3. Висновки до розділу 4.....	66
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
Додаток А Тези конференцій	73

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВП – виявлення падіння;

ЕМІ – електромагнітний імпульс;

МК – мікроконтролер;

ОПВ – особи похилого віку;

ПЗ – програмне забезпечення;

СМ – система моніторингу;

ШІ – штучний інтелект;

IoT – Internet of Things;

IoMT – Internet of Medical Things;

GPS – глобальна системи позиціонування;

MEMS – Micro-Electro-Mechanical Systems.

ВСТУП

Актуальність роботи. Збільшення кількості осіб похилого віку зумовлює актуальність проблеми забезпечення їх безпеки і комфорту. Важливою загрозою для здоров'я та життя літніх людей є падіння, які можуть спричинити серйозні травми, обмеження рухливості, а у деяких випадках навіть до летальних наслідків. За даними ВООЗ, падіння є однією з основних причин травматизму серед осіб старшого віку. Статистика свідчить, що приблизно кожна третя людина віком понад 65 років щорічно зазнає падіння, а ризик падіння збільшується з віком. Ці падіння часто призводять до тривалого лікування, втрати рухливості, зниження якості життя і великих фінансових витрат на медичну допомогу та реабілітацію. Тому, актуальним завданням є розробка ефективних методів та засобів, здатних виявляти падіння осіб похилого віку на ранніх стадіях для своєчасного надання допомоги.

Впровадження технологій Інтернету речей (IoT) у цю сферу відкриває нові можливості, які можуть забезпечити безперервне спостереження за станом людини і негайно реагувати на критичні ситуації. Завдяки розвитку IoT технологій, з'являється можливість використання недорогих, малопотужних сенсорів, які можуть бути інтегровані у повсякденне середовище і забезпечувати безперервний збір даних про фізичну активність та стан людини. Такі системи можуть значно знизити ризики, пов'язані з падіннями, шляхом швидкого виявлення інциденту і негайного виклику допомоги, що є особливо важливим для людей, які живуть самотійно.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка методів та засобів виявлення падіння людини похилого віку на основі IoT технологій, що забезпечують високу точність і оперативність виявлення, а також зручність використання в домашніх умовах.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз наукових досліджень у сфері виявлення падінь осіб похилого віку та визначити ключові проблеми та виклики;

- розробити метод виявлення падіння на основі аналізу даних із сенсорів з використанням IoT технологій;
- розробити апаратну реалізацію IoT-системи для виявлення падінь осіб похилого віку;
- створити алгоритм обробки даних сенсорів, який забезпечує високу точність виявлення падінь і мінімізацію хибних спрацьовувань;
- розробити програмне забезпечення для мікроконтролера ESP32 з інтеграцією хмарної платформи для моніторингу та оповіщення;
- провести тестування прототипу системи для перевірки її функціональних можливостей і оцінки точності роботи.

Об'єкт дослідження: процес виявлення падіння людини похилого віку.

Предмет дослідження: методи та засоби виявлення падіння на основі IoT технологій.

Методи дослідження: аналіз літератури, математичне моделювання, експериментальні методи, методи програмування, методи системного проєктування.

Наукова новизна дослідження:

1. Вперше розроблено метод виявлення падіння осіб похилого віку, який завдяки аналізу даних від декількох типів сенсорів в реальному часі, дав змогу підвищити точність виявлення падінь.
2. Удосконалено структуру IoT-системи для виявлення падінь осіб похилого віку шляхом інтеграції GPS-модуля, що дозволило визначати точні координати місця події.

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи. Результати роботи можуть бути використані для впровадження розроблених методів та засобів в системи для реабілітації чи догляду за людьми з особливими потребами з метою підвищення рівня їх безпеки та покращення якості їхнього життя за рахунок своєчасного виявлення падінь.

Публікації. Результати дослідження апробовано на V міжнародній науково-практичній конференції учених та студентів «Цифрова економіка як фактор

інновацій та сталого розвитку суспільства» [1], XIII міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» [2].

Структура роботи. Робота складається з пояснювальної записки та графічної частини [3, 4]. Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку [5]. Обсяг роботи: пояснювальна записка – 79 арк. формату А4, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ВИЯВЛЕННЯ ПАДІННЯ ЛЮДИНИ ПОХИЛОГО ВІКУ

1.1. Аналіз сфери застосування систем виявлення падіння людини

Системи виявлення падіння для осіб похилого віку (ОПВ) є важливими технологічними рішеннями, які спрямовані на забезпечення безпеки, швидкого реагування на негативні ситуації та підвищення якості життя літніх людей. Падіння є поширеною причиною травм серед цієї групи населення, що робить розробку і впровадження таких систем надзвичайно актуальною [6]. До ключових сфер застосування цих систем можна віднести:

- медичні заклади;
- реабілітаційні центри;
- домашнє використання;
- портативні пристрої та персональні гаджети;
- смарт-будинки;
- страхові компанії;
- екстрені служби та телемедицина.

У лікарнях, будинках для літніх людей та реабілітаційних центрах системи виявлення падіння можуть використовуватися для постійного моніторингу стану пацієнтів. Це забезпечує оперативне реагування медичного персоналу у разі падіння людини, зменшує ризик серйозних ускладнень та прискорює надання допомоги. Системи можуть взаємодіяти з іншими медичними пристроями для отримання інформації про стан пацієнтів, що сприяє поліпшенню процесу реабілітації та догляду.

Системи виявлення падіння для домашнього використання стають популярними серед ОПВ, які живуть самотійно. У цьому контексті важливою є можливість автономного функціонування цих систем та їх взаємодія з мобільними пристроями або медичними сервісами. Наявність систем виявлення падіння

дозволяє миттєво повідомляти близьких родичів чи спеціалізовані служби про надзвичайну ситуацію.

Портативні пристрої, які обладнані системами виявлення падіння, набирають популярності серед користувачів похилого віку. Такі гаджети, що постійно знаходяться на тілі користувача, забезпечують цілодобовий моніторинг активності і можуть автоматично викликати екстрену допомогу у разі падіння. Вони також часто оснащені іншими функціями, такими як моніторинг серцевого ритму або рівня активності, що робить їх комплексним рішенням для моніторингу стану здоров'я.

У межах концепції "розумного будинку" системи виявлення падіння можуть бути інтегровані в інфраструктуру житлового простору. Використання сенсорів та IoT пристроїв дозволяє виявляти падіння і контролювати рух літніх людей у приміщенні. Такі системи можуть відправляти сповіщення до служб екстреної допомоги або родичів. Окрім цього, вони можуть поєднуватись з іншими елементами смарт-систем, такими як засоби для керування освітленням, що забезпечує додатковий комфорт і безпеку.

Страхові компанії можуть використовувати системи виявлення падінь для моніторингу стану застрахованих осіб похилого віку. Такі рішення можуть сприяти зниженню ризиків для страховиків, оскільки дозволяють оперативно реагувати на нещасні випадки, що в результаті скорочує витрати на лікування. Інтеграція систем виявлення падінь з платформами телемедицини або екстреними службами дозволяє забезпечити безперервний моніторинг стану літніх людей навіть на віддалених відстанях. Це особливо корисно у сільських районах, де доступ до медичних послуг може бути обмеженим. Такі системи дають змогу оперативно викликати допомогу.

Отже, системи виявлення падіння літніх людей знаходять широке застосування в різних сферах, від медицини і побуту до індустрії страхування та телемедицини. Їхнє використання не тільки сприяє покращенню безпеки літніх людей, але й допомагає оптимізувати процеси надання допомоги та зменшити витрати на лікування.

1.2. Огляд наукових досліджень у сфері виявлення падіння людини

Сфера виявлення падіння людей похилого віку активно досліджується науковцями по всьому світу. Останніми роками кількість наукових робіт і публікацій, присвячених цій темі, значно зросла, що свідчить про важливість цієї проблематики в умовах старіння населення.

Багато досліджень фокусуються на використанні портативних пристроїв, які можуть точно вимірювати прискорення і кутові швидкості тіла. Ці роботи часто включають розробку алгоритмів для виявлення падіння на основі порогових значень і аналізу рухів. Важливим аспектом є мінімізація хибних спрацьовувань, які можуть виникати під час звичайної активності, що не є падінням [7].

Інший напрямок досліджень полягає в застосуванні методів машинного навчання для підвищення точності виявлення падінь. Науковці активно працюють над створенням моделей, які навчаються на великих наборах даних та адаптуватися до індивідуальних особливостей користувачів. Особлива увага приділяється розвитку конволюційних і рекурентних нейронних мереж для обробки даних сенсорів.

Деякі роботи досліджують можливості використання камер для виявлення падінь. Цей підхід дозволяє отримати візуальну інформацію про подію та аналізувати складніші патерни поведінки. Дослідження зосереджені на розпізнаванні рухів, визначенні положення тіла та аналізі послідовностей зображень.

У статті [8] досліджується портативна система виявлення падінь на основі технологій IoT (рис. 1.1). Основна мета роботи – створення системи, яка зможе інтегруватися в "розумний дім" або медичний центр, забезпечуючи дистанційний моніторинг стану літніх людей. Це дозволить оперативно сповіщати медичний персонал або опікунів про випадки падіння. Основним методом виявлення падінь у цій системі є використання даних з тривісного акселерометра та барометричного давача. Алгоритм виявлення аналізує зміни в прискоренні тіла та зміну висоти, що дозволяє відрізнити падіння від інших активностей, наприклад, швидких рухів чи

стрибків. Поєднання цих двох типів сенсорів значно підвищує точність виявлення падінь, що є важливим для уникнення хибних спрацьовувань.

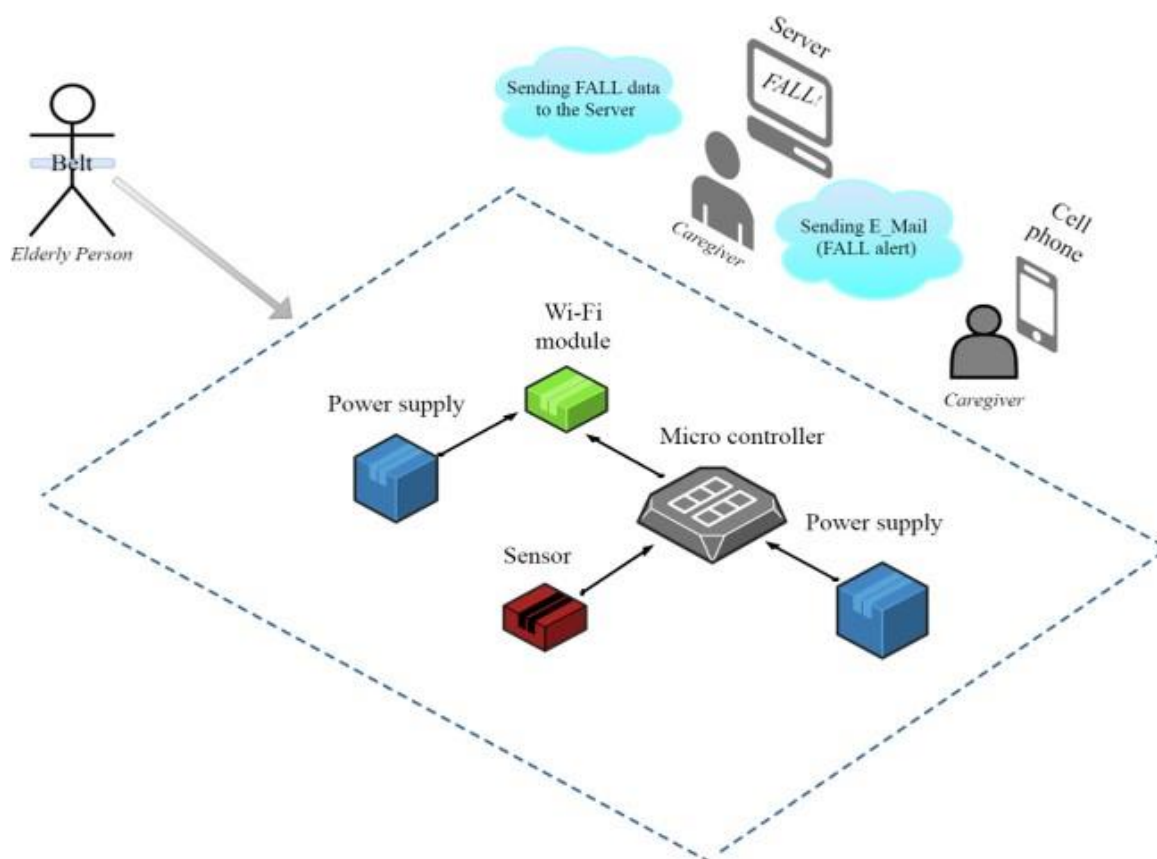


Рис. 1.1. Загальна архітектура системи виявлення падінь [8]

Проте, існують деякі недоліки та невирішені проблеми – хоча система ефективно відстежує падіння, можуть виникати проблеми з хибними спрацьовуваннями у випадках складних рухових активностей, які не є падіннями.

Стаття [9] присвячена розробці універсальної системи виявлення падінь на основі технологій IoT, яка є незалежною від типу пристроїв. Основною метою дослідження є створення системи, здатної використовувати різні пристрої, такі як смартфони, Raspberry Pi, Arduino, NodeMCU та інші вбудовані системи, для моніторингу великої кількості користувачів у режимі реального часу. Система працює за принципом клієнт-серверної архітектури, де кожен пристрій, розміщений у кишені користувача, відправляє дані акселерометра на сервер, який проводить аналіз та визначає, чи відбулося падіння (рис. 1.2).

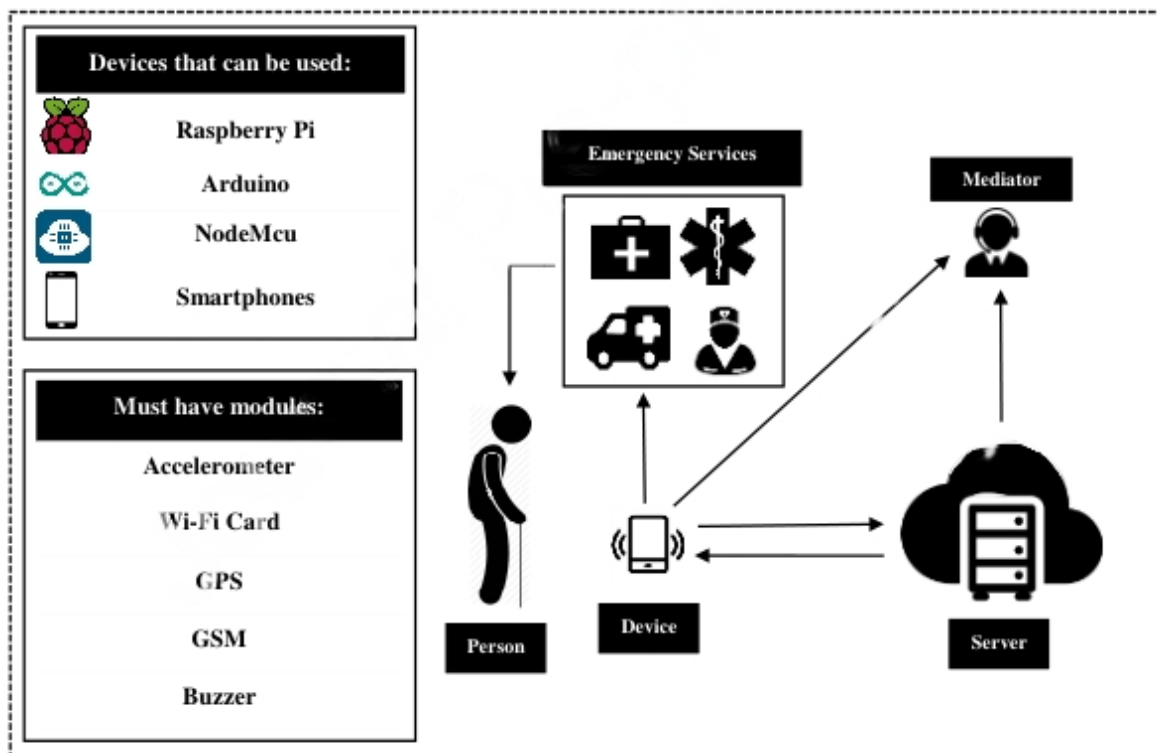


Рис. 1.2. Архітектура пропонованої системи виявлення падінь [9]

Запропонована система використовує попередньо навчений лінійний класифікатор для аналізу отриманих даних з тривісного акселерометра. У разі виявлення падіння система надсилає сповіщення про місцезнаходження користувача через SMS посереднику, який відповідає за його безпеку. Крім цього, на пристрої спрацьовує звуковий сигнал, і, якщо падіння підтверджується, надсилаються екстрені повідомлення до медичних служб, що забезпечує швидке надання медичної допомоги. Проте, незважаючи на ефективність запропонованого підходу, стаття не вирішує кілька важливих питань. Система покладається на наявність GSM модулів, що може обмежувати її застосування в місцях із поганим сигналом або відсутністю інтернет-з'єднання.

У статті [10] пропонується інноваційна система для виявлення падінь літніх людей у внутрішніх приміщеннях, що використовує технології Інтернету речей, бездротові сенсорні мережі та великі дані. Основною метою системи є забезпечення своєчасного реагування на падіння літніх людей, щоб зменшити ризики функціональних порушень та зниження якості життя, які виникають через несвоєчасну допомогу. Система базується на використанні тривісного

акселерометра, вбудованого в переносний пристрій на базі 6LowPAN. Цей сенсор відповідає за збір даних про рухи людини (рис. 1.3).

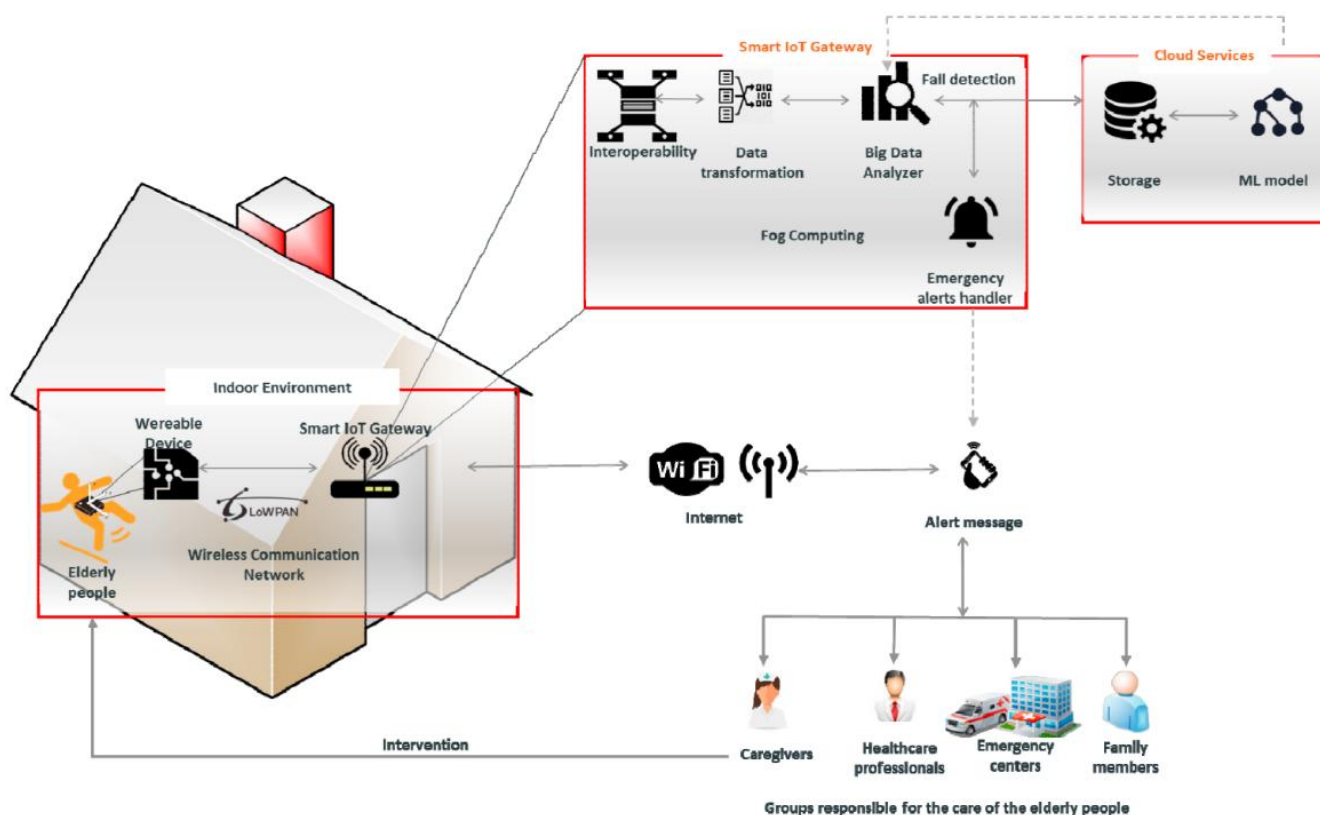


Рис. 1.3. Система виявлення падінь [10]

Для обробки та аналізу цих даних використовується модель машинного навчання на основі дерев рішень, яка виконується на Smart IoT Gateway. У разі виявлення падіння активується тривога, і система автоматично надсилає повідомлення групам, відповідальним за догляд за літніми людьми. Крім того, система інтегрується з хмарними сервісами для зберігання даних про падіння, що дозволяє медичним фахівцям аналізувати ці дані та розробляти нові моделі машинного навчання для покращення точності виявлення.

У статті [11] розглядається система виявлення падінь літніх людей, яка використовує технології Інтернету речей. Автори пропонують неінвазивне рішення, яке можна встановлювати як в приватних будинках, так і в лікарнях та реабілітаційних центрах. Основою запропонованої системи є трирівнева обчислювальна архітектура, що складається з рівнів "edge", "fog" і "cloud". Для

класифікації падінь використовуються два підходи: математична модель, заснована на вейвлетах Морле, та модель штучного інтелекту, що використовує штучні нейронні мережі. Система використовує низьковартісні мікроконтролери та сенсори, що робить її економічно вигідною для широкого впровадження. Неінвазивний характер системи дозволяє уникнути необхідності для літніх людей носити пристрої або слідкувати за їх зарядкою. Однак, цей підхід має обмеження, оскільки система працює лише в межах певних приміщень. Недоліком запропонованого рішення є його обмеження територією приміщення, а також залежність від інфраструктури IoT у приміщенні.

Автори статті [12] розглядають проблему виявлення падінь у літніх людей за допомогою портативного акселерометра, пропонуючи рішення, яке базується на легковагових нейронних мережах для використання в мобільних пристроях з обмеженими апаратними ресурсами. Основною метою дослідження є створення моделей, які мають високу точність при невеликій обчислювальній складності. Це рішення є особливо важливим для забезпечення точного і своєчасного виявлення падінь в умовах реального часу. Однак, автори зазначають кілька недоліків і проблем. Основною невирішеною проблемою є обмеження функціоналу моделі лише на виявлення падінь. У майбутньому планується розширити модель для виявлення інших людських активностей, таких як ходьба, біг та стрибки, щоб створити комплексне рішення для моніторингу стану здоров'я.

У роботі [13] описується розробка енергоефективного сенсорного вузла для мобільних пристроїв, які використовуються в системах виявлення падінь на основі Інтернету речей (рис. 1.4).

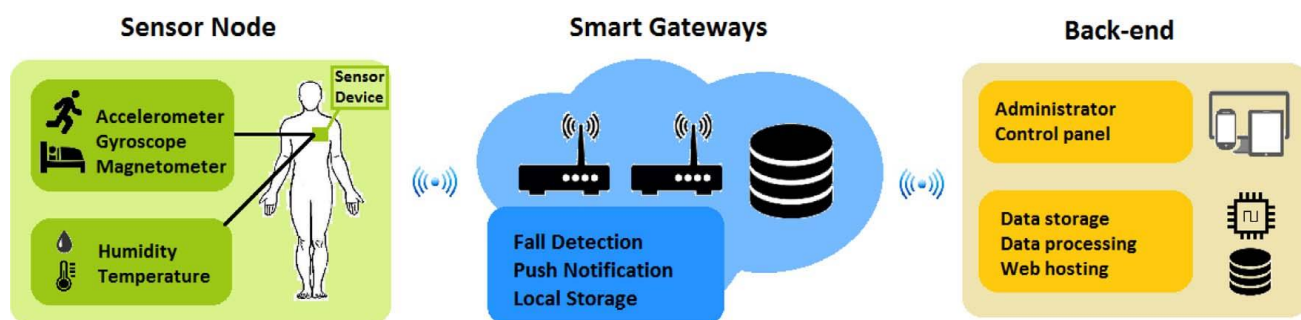


Рис. 1.4. Трирівнева архітектура системи виявлення падінь [13]

Основний акцент у статті зроблено на енергоефективності потративного сенсорного вузла. Автори пропонують дизайн маленького, легкого, гнучкого та енергоефективного пристрою. Вони досліджують різні параметри, які впливають на енергоспоживання, такі як частота вибірки, інтерфейс комунікаційної шини, протокол передачі даних та швидкість передачі. Проведено детальний аналіз споживання енергії у різних конфігураціях та робочих умовах. Крім того, у статті надано рекомендації щодо апаратних та програмних аспектів для розробників, які впроваджують оптимальні рішення для енергоефективних портативних пристроїв у системах виявлення падінь на основі IoT. Недоліками запропонованих методів є те, що дослідження здебільшого сфокусоване на енергоспоживанні, але мало уваги приділяється аналізу точності виявлення падінь у різних сценаріях. Також обмеженням є залежність від конкретних умов передачі даних.

У статті [14] розглянуто розробку розумної системи для виявлення падінь, яка має на меті мінімізувати випадкові падіння серед літніх людей, особливо в умовах приміщення. Для цього використано відео-систему, яка дозволяє зберігати приватність та одночасно моніторити фізичну активність людей. Однією з ключових складових системи є нейронна мережа, яка аналізує бінарну карту зображення людини та визначає її положення серед попередньо визначених ситуацій, таких як сидіння, стояння, нахил, колінопреклоніння та лежання. Основні методи, запропоновані в статті, базуються на відеоаналізі та використанні нейронної мережі для класифікації дій людини. Це дозволяє системі розпізнавати різні стани, що додає їй універсальності. Однак, деякі проблеми залишаються невирішеними. По-перше, система орієнтована на внутрішнє використання, тому її ефективність може знижуватися в умовах зміни зовнішніх факторів (наприклад, освітлення). По-друге, залишається відкритим питання адаптації системи для людей з різними фізіологічними особливостями руху.

Автори [15] запропонували систему моніторингу та сигналізації падінь для літніх людей, яка базується на використанні IoT технологій та 3-осьового акселерометра. Метою роботи є розробка системи, яка зможе виявляти падіння та негайно сповіщати медичних фахівців про критичні випадки (рис. 1.5).

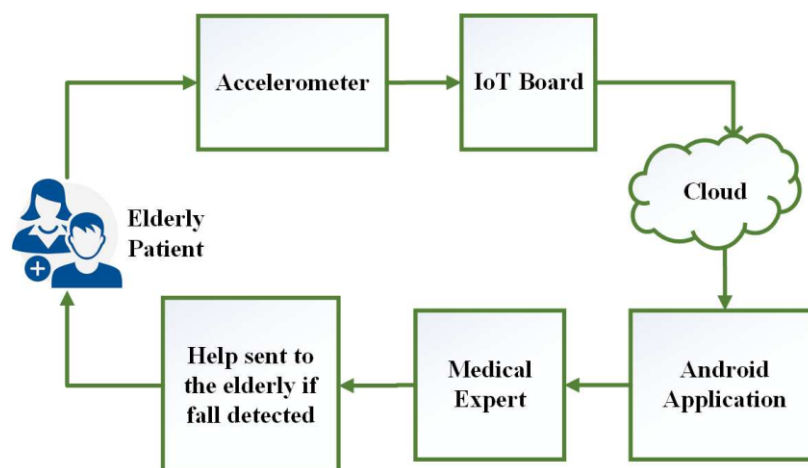


Рис. 1.5. Блок-схема системи виявлення падінь [15]

Запропонована система використовує переносний сенсор, який постійно збирає дані про прискорення пацієнта і передає їх на сервер у хмару за допомогою IoT-плати. Для зручного доступу до цих даних було створено Android-додаток, за допомогою якого медичні експерти можуть переглядати інформацію про падіння пацієнтів та надавати необхідну допомогу. Основний метод виявлення падінь ґрунтується на підході, що використовує порогові значення. Дані з акселерометра аналізуються за допомогою алгоритму, який розпізнає справжні випадки падіння на основі перевищення певних значень прискорення. Однак, запропонована система має кілька недоліків. По-перше, метод виявлення падінь, заснований на порогових значеннях, може не завжди бути точним, оскільки не всі падіння мають однакові характеристики прискорення. Це може призводити до хибних спрацювань або, навпаки, до пропуску небезпечних ситуацій. По-друге, система залежить від постійного підключення до Інтернету та правильного функціонування хмарного сервісу, що може створювати труднощі в разі перебоїв з мережею.

На основі аналізу наукових робіт можна виділити декілька ключових тенденцій та напрямів у дослідженнях в області виявлення падіння. Науковці прагнуть підвищити точність виявлення падінь через інтеграцію різних типів сенсорів, камери та радіочастотні сенсори. Такі мультисенсорні системи дозволяють зібрати більш комплексні дані та зменшити хибні спрацювання.

Останніми роками активно розробляються алгоритми на основі ШІ, здатні самостійно навчатися і адаптуватися до змін у поведінці користувача. Важливим

напрямок є розробка технологій, що враховують конфіденційність даних користувачів. Науковці досліджують можливості локальної обробки даних на пристроях, мінімізуючи необхідність передачі чутливих даних у хмару. Оскільки більшість систем виявлення падіння працює на портативних пристроях, важливою є проблема енергоефективності. Дослідження спрямовані на розробку алгоритмів, які здатні мінімізувати споживання енергії, забезпечуючи при цьому високу точність виявлення. Розробка легких, зручних у використанні та доступних за ціною пристроїв є важливим напрямом досліджень. Науковці працюють над створенням таких рішень, які легко інтегрувати у повсякденне життя літніх людей.

Аналіз існуючих наукових досліджень та рішень у сфері виявлення падіння показує, що кожен метод має особливості. Методи на основі машинного та глибинного навчання є високоточними щодо виявлення падінь, особливо у випадках складних патернів поведінки. Проте, такі системи потребують великої кількості навчальних даних і значних обчислювальних ресурсів.

Порогові методи забезпечують швидкий час реакції на падіння, оскільки базуються на простих правилах. Вони є ефективними у ситуаціях, коли необхідно оперативно сповістити про подію. Однак, вони схильні до хибних спрацьовувань. Портативні пристрої з сенсорами часто можуть викликати дискомфорт у користувачів, особливо при тривалому використанні. Безконтактні методи, такі як відеоаналіз та радіочастотні технології, мають перевагу, оскільки не потребують фізичного контакту з користувачем.

Використання камер для виявлення падіння знижує конфіденційність та приватність. Радіочастотні технології можуть бути більш прийнятними з точки зору збереження конфіденційності, хоча вони теж мають свої обмеження. Методи, що базуються на простих сенсорах, є більш доступними за ціною, ніж системи, що використовують складні алгоритми машинного навчання або високоточні камери. Це важливо враховувати при розробці комерційно доступних рішень.

Проведений порівняльний аналіз показав, що жодне існуюче рішення не є універсальним і не відповідає повністю всім вимогам. Подальші дослідження та розробки мають бути спрямовані на поєднання переваг різних підходів, що

дозволить створити ефективні та зручні системи для виявлення падіння, які можна буде застосовувати в різних умовах.

1.3. Проблеми та виклики, які виникають при розробці систем виявлення падіння на основі IoT

Важливим викликом при розробці систем виявлення падіння є забезпечення високої точності та надійності виявлення. Неточні або ненадійні системи можуть спричинити серйозні наслідки для здоров'я літніх людей, які залежать від таких рішень для своєї безпеки.

Поширеною проблемою є значна кількість хибних спрацьовувань, коли система помилково розпізнає звичайну діяльність (наприклад, різкий рух або нахил) як падіння. Це може призвести до тривожних викликів або неправильних дій, що знижує довіру до системи та її ефективність.

Інша важлива проблема полягає в тому, що система може не розпізнати справжнє падіння через недостатню чутливість або неправильне калібрування сенсорів. Це може призвести до небезпечних ситуацій, коли падіння не фіксується, і літня людина не отримує необхідну допомогу вчасно.

Ще одним викликом є адаптація до індивідуальних особливостей користувачів. Падіння можуть відрізнятися залежно від фізичного стану, маси тіла, швидкості руху та інших параметрів користувачів. Системи, які не можуть адаптуватися до цих індивідуальних відмінностей, можуть бути менш ефективними в різних ситуаціях. Зовнішні фактори та умови, такі як поверхня, на якій відбувається падіння, наявність перешкод, а також одяг користувача, можуть впливати на точність сенсорних вимірювань і виявлення падіння.

Іншою важливою проблемою у розробці IoT систем для виявлення падіння є питання етики та конфіденційності. Використання сенсорних даних, особливо тих, які включають особисту інформацію та дані про здоров'я, викликає ряд етичних занепокоєнь щодо збереження конфіденційності. Системи виявлення падіння часто збирають і передають дані, які можуть містити особисту інформацію користувача.

Зібрані дані мають використовуватися виключно для цілей, визначених під час збору, і не повинні використовуватися для інших цілей без додаткової згоди користувачів. Це включає заборону на комерційне використання даних без згоди користувачів.

Системи, що використовують камери для виявлення падіння, мають додаткові етичні виклики, пов'язані з відеозаписом у приватних приміщеннях. Необхідно розробляти такі системи, щоб мінімізувати втручання в приватне життя користувачів, наприклад, використовувати відеоаналітику, яка працює на локальних пристроях, без передачі відео на зовнішні сервери.

Інтеграція IoT технологій для виявлення падіння стикається з низкою технічних обмежень та проблем, які потрібно враховувати під час розробки таких систем. Портативні пристрої з сенсорами мають обмежені ресурси енергії. Тривале використання вимагає розробки енергоефективних алгоритмів і апаратних компонентів, щоб забезпечити довготривалу роботу пристроїв без частих зарядок.

Системи, що використовують бездротову передачу даних, можуть зіткнутися з затримками, які можуть вплинути на швидкість реагування на падіння. Це особливо важливо в умовах, коли потрібно оперативно викликати допомогу. IoT системи складаються з різноманітних сенсорів, мережевих модулів і ПЗ. Забезпечення сумісності між різними пристроями і протоколами є важливою проблемою для створення надійної та узгодженої системи.

Пристрої IoT мають працювати ефективно не лише в обмежених середовищах, але й у масштабованих рішеннях, де кількість підключених пристроїв може бути великою. Це вимагає ретельного планування архітектури мережі та методів управління даними. Важливо розробляти стійкі до таких впливів системи, що можуть працювати стабільно у різних умовах.

Загалом, розробка систем виявлення падіння на основі IoT технологій потребує не лише технічних рішень, але й ретельного підходу до питань етики, конфіденційності та інтеграції, щоб забезпечити їх ефективне та безпечне використання в реальних умовах.

1.4. Перспективи розвитку систем виявлення падіння

У сфері виявлення падіння існує кілька перспективних напрямів розвитку, які можуть значно покращити ефективність та точність цих систем. Застосування сучасних алгоритмів з елементами машинного навчання може суттєво підвищити точність виявлення падінь. Моделі на базі штучних нейронних мереж, здатні навчатися на даних великих обсягів, можуть краще розпізнавати складні патерни поведінки і руху, а також адаптуватися до індивідуальних особливостей користувачів.

Використання нових типів сенсорів, таких як біометричні сенсори, що можуть вимірювати частоту скорочень серця, рівень кисню в крові та інші показники, може підвищити ефективність виявлення падінь.

Новітні бездротові технології, такі як 5G, забезпечують вищу швидкість передачі і зменшують затримки в комунікації між сенсорами та центральними обчислювальними модулями. Це відкриває можливості для створення швидких і надійних систем виявлення падіння.

Моніторинг фізичної активності є важливим аспектом виявлення падіння, і нові підходи можуть розширити можливості таких систем. Вбудовані сенсори в одяг або взуття дозволяють безперервно моніторити фізичну активність користувача. Це дозволяє не тільки виявляти падіння, але й аналізувати ходу, положення тіла, рівновагу.

Системи виявлення падіння можуть стати частиною широких платформ для розумного дому або розумного міста, де інформація з різноманітних джерел (сенсорів, камер, мобільних пристроїв) використовується для комплексного моніторингу та забезпечення безпеки літніх людей.

Використання мікроелектромеханічних систем MEMS-акселерометрів і гіроскопів у портативних пристроях дозволяє створювати компактні, легкі та енергоефективні сенсори, що забезпечують точний моніторинг рухів і положення тіла. Поєднання сенсорів з хмарними обчислювальними ресурсами дозволяє

забезпечити постійний моніторинг стану людей на відстані. Це актуально для нагляду за людьми, які живуть самотійно, з боку медичних працівників або родичів.

Існуючі системи виявлення падіння можуть бути вдосконалені завдяки впровадженню нових технологій та підходів. Удосконалення методів фільтрації та обробки сигналів з сенсорів може значно знизити рівень хибних спрацьовувань і підвищити точність виявлення реальних падінь. Наприклад, використання адаптивних фільтрів може дозволити краще відокремити реальні падіння від шуму та інших видів рухів.

Використання ІІІ для аналізу звичайної поведінки користувача може допомогти системам краще розпізнавати аномалії, які можуть свідчити про підвищений ризик падіння. Це дасть змогу попереджати про можливість падіння заздалегідь, а не лише реагувати на вже факт падіння.

Системи можуть бути налаштовані для врахування індивідуальних потреб і поведінкових моделей користувачів. Це дозволить адаптувати порогові значення та алгоритми виявлення для кожного користувача окремо, що зменшить хибні спрацьовування і підвищить ефективність системи.

Поліпшення енергоефективності та впровадження технологій бездротової зарядки дозволить створювати автономніші пристрої, що можуть довго працювати без потреби у частих зарядках. Це особливо важливо для літніх людей, які можуть мати труднощі з обслуговуванням пристроїв. Зручні інтерфейси, які дозволяють легко налаштовувати та керувати системами, можуть зробити їх більш доступними для літніх людей.

Отже, перспективи розвитку систем виявлення падіння є надзвичайно широкими і включають не лише технологічні вдосконалення, але й інноваційні підходи до забезпечення безпеки літніх людей. Ці перспективи відкривають нові можливості для покращення якості життя та здоров'я старшого покоління.

1.5. Висновки до розділу 1

У першому розділі було проаналізовано основні напрямки досліджень та практичних розробок у сфері виявлення падінь ОПВ. Розглянуто сфери застосування таких систем, які охоплюють медичний моніторинг, домашню автоматизацію, пристрої для реабілітації та системи забезпечення безпеки для людей похилого віку. Зазначено, що ці системи спрямовані на підвищення якості життя та оперативного реагування у критичних ситуаціях.

Огляд наукових досліджень дозволив виділити ключові підходи до виявлення падінь. Аналіз сучасних методів виявив, що системи на основі Інтернету речей забезпечують значні переваги, такі як можливість віддаленого моніторингу, зберігання даних у хмарних сервісах та інтеграція з мобільними додатками. Разом із цим було виявлено певні проблеми та виклики при розробці таких систем. Відзначено необхідність оптимізації алгоритмів аналізу даних для роботи в реальному часі.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ ПАДІННЯ ЛЮДЕЙ

2.1. Класифікація та порівняльний аналіз існуючих методів виявлення падіння людини

Методи виявлення падіння людей можна класифікувати за різними критеріями, зокрема за типом сенсорів, місцем їх розміщення, способом отримання даних, та алгоритмічними підходами до їх аналізу, типом взаємодії з користувачем та технологіями, що використовуються (рис. 2.1). Залежно від цих факторів, методи виявлення поділяються на пасивні та активні, контактні та безконтактні, а також на дистанційні методи [7].

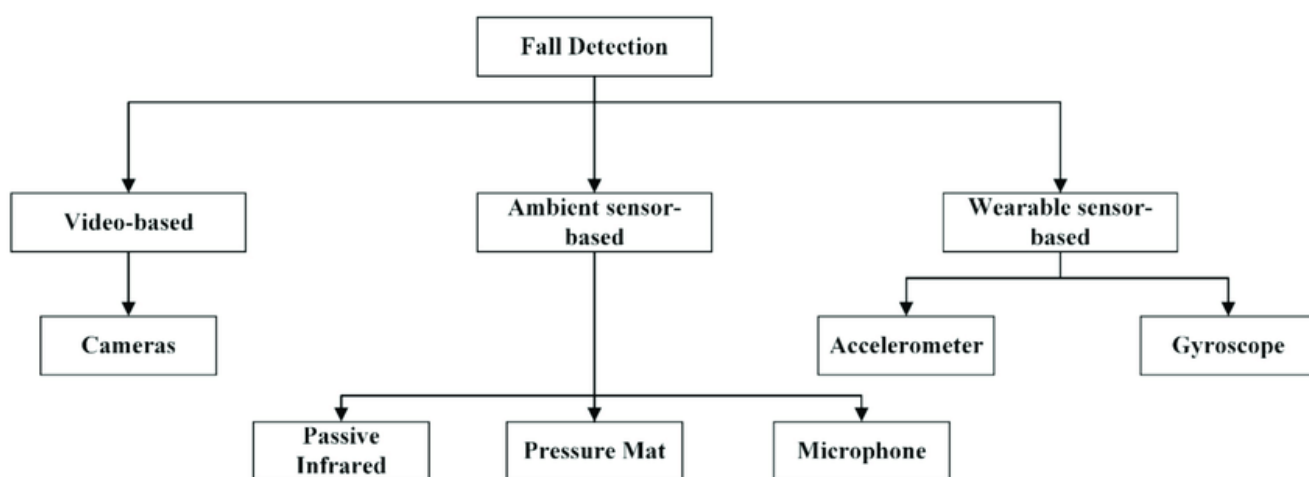


Рис. 2.1. Класифікація методів виявлення падіння людини

За типом сенсорів бувають контактні та безконтактні методи. Контактні методи виявлення падіння передбачають використання пристроїв, які фізично контактують із тілом користувача. Найпоширенішими контактними методами є портативні пристрої з вбудованими сенсорами, такими як акселерометри, гіроскопи та барометри. Ці пристрої кріпляться до тіла або одягу і постійно відстежують рухи користувача. Контактні методи забезпечують високу точність, оскільки сенсори безпосередньо вимірюють рухи тіла. Вони підходять для

використання у будь-яких умовах, зокрема вдома, на роботі або на вулиці. Однак недоліком контактних методів може бути дискомфорт, пов'язаний з необхідністю носити пристрої, а також можливість їх пошкодження або втрати.

До безконтактних належать методи, які використовують сенсори, які не потребують фізичного контакту з користувачем. Це можуть бути камери, інфрачервоні сенсори, ультразвукові давачі або радарні системи, які встановлюються в приміщеннях або на відкритих просторах і відслідковують рухи користувача на відстані. Безконтактні методи дозволяють проводити моніторинг без втручання у повсякденне життя людини, що підвищує комфорт і непомітність системи. Вони особливо корисні в умовах, де носіння контактних пристроїв може бути незручним або небезпечним, наприклад, у медичних закладах. Основними недоліками безконтактних методів є залежність від умов, таких як освітлення або перешкоди на шляху сенсора, а також складність забезпечення конфіденційності.

Дистанційні методи виявлення падіння спрямовані на забезпечення можливості моніторингу здоров'я і безпеки літніх людей на відстані, без необхідності постійної присутності доглядачів або медичного персоналу. Основою дистанційних методів є використання IoT технологій та хмарних сервісів, які забезпечують передачу даних з сенсорів у реальному часі на віддалені сервери для обробки і аналізу. Дані про рухи користувача можуть передаватися на мобільні пристрої родичів або медичних працівників для оперативної реакції на потенційно небезпечні ситуації.

До дистанційних методів можна віднести як контактні, так і безконтактні системи, що інтегровані у мережу і підключені до інтернету. Наприклад, потративні пристрої з сенсорами можуть збирати інформацію про рухи та передавати їх через Bluetooth на смартфон користувача, який, у свою чергу, передає ці дані на хмарний сервер для аналізу. Безконтактні системи, такі як камери або радарні сенсори, можуть передавати відеопотік на сервери для аналізу та виявлення падінь. Основною перевагою дистанційних методів є можливість моніторингу стану користувача віддалено, що робить їх особливо актуальними для осіб, які проживають самотійно або у далеких регіонах.

Сенсори можуть бути розміщені безпосередньо на тілі людини, забезпечуючи безперервний моніторинг її стану. Портативні пристрої є популярним вибором для систем виявлення падіння завдяки мобільності та точності, яку вони забезпечують. Пристрої можуть бути інтегровані в повсякденні аксесуари, такі як годинники, браслети або навіть одяг.

Стаціонарні сенсори розміщуються у фіксованих точках в приміщеннях, наприклад, на стелі або стінах. Такі системи зазвичай використовуються для моніторингу великих приміщень і можуть одночасно спостерігати за кількома людьми. Основною перевагою стаціонарних сенсорів є можливість безперервного спостереження без потреби носити пристрої, що може бути зручним для літніх людей.

За способом збору даних розрізняють активні та пасивні методи. Активні методи вимагають участі користувача, наприклад, натискання кнопки або активування певного давача, що сигналізує про падіння. Ці методи менш популярні, оскільки в разі реального падіння користувач може бути не в змозі активувати пристрій.

Активні методи вимагають певної взаємодії користувача з системою для підтвердження або спростування факту падіння. Наприклад, системи, що використовують активні методи, можуть надсилати запити на мобільний пристрій користувача з проханням підтвердити, чи все гаразд. Якщо користувач не відповідає, система передбачає можливість падіння і може повідомити про це родичів або медичні служби. Активні методи мають вищу точність і знижують кількість хибних тривог, але є менш зручними, оскільки потребують додаткових дій від користувача.

Пасивні методи збирають дані автономно без втручання користувача. Вони є зручними та надійними для виявлення падіння, оскільки автоматично реєструють критичні події та надсилають сигнал тривоги. Пасивні методи виявлення падіння передбачають використання сенсорів та інших пристроїв, які не вимагають від користувача активної участі в процесі моніторингу. До пасивних методів належать акселерометри, гіроскопи, магнітометри та інші типи сенсорів, вбудованих у

пристрої, які носяться на тілі, наприклад, у браслетах або смарт-годинниках. Ці сенсори постійно відслідковують рухи користувача, і на основі аналізу зібраних даних визначають падіння.

Перевага пасивних методів полягає в їхній непомітності та постійному моніторингу, що дозволяє своєчасно виявити небезпечні ситуації. Однак їх обмеженням може бути висока кількість хибних спрацьовувань, що виникають через помилки у вимірюванні або інтерпретації рухів.

За алгоритмічними підходами можна виділити: порогові методи, методи машинного та глибинного навчання. Порогові методи базуються на використанні сенсорних даних, коли параметри руху, такі як прискорення, швидкість чи кут нахилу, перевищують заздалегідь встановлені порогові значення. Ці методи вирізняються простотою реалізації та не потребують суттєвих обчислювальних ресурсів, що робить їх придатними для використання у різних пристроях. Перевагами порогових методів є низька складність та невисокі вимоги до апаратного забезпечення, а також швидка реакція на події. Однак ці методи мають обмежену точність виявлення та схильні до частих хибних спрацьовувань, особливо під час активних рухів, що не є падінням.

Методи на основі машинного навчання використовують алгоритми, які навчаються на даних для класифікації падінь та інших подій. Такі алгоритми дозволяють аналізувати складніші патерни руху, підвищуючи точність порівняно з пороговими методами. Вони також враховують індивідуальні особливості рухів користувача, що зменшує кількість хибних спрацьовувань. Недоліком таких підходів є необхідність наявності даних для навчання та підвищені вимоги до обчислювальних ресурсів, що може ускладнювати впровадження таких систем.

Методи на основі глибинного навчання є вдосконаленим варіантом машинного навчання. Вони використовують багатошарові нейронні мережі для аналізу складних патернів у даних, що дозволяє враховувати як поточні, так і попередні сигнали від сенсорів. Це забезпечує високу точність виявлення падінь, проте потребує значних обчислювальних ресурсів для оптимальної роботи. Ці

методи також відрізняються складністю налаштування та вищою вартістю реалізації.

Методи на основі аналізу відео та зображень включають використання камер та технологій комп'ютерного зору для виявлення падіння. Вони дозволяють отримати візуальні дані про події та мають високу точність виявлення, проте потребують значних ресурсів і викликають питання щодо конфіденційності користувачів. Ці методи також мають обмеження у використанні за умов поганого освітлення або у закритих приміщеннях.

Методи на основі радіочастотних технологій, такі як RFID або UWB, аналізують зміни у радіосигналах, викликані рухом тіла. Вони є перспективними через можливість безконтактного моніторингу, зокрема у затемнених приміщеннях або через стіни. Однак радіочастотні методи можуть бути чутливими до перешкод та шумів, а також потребують спеціалізованого обладнання та складного налаштування.

Отже, класифікація методів виявлення падіння показує широкий спектр можливостей і підходів, що дозволяють забезпечити безпеку літніх людей. Вибір конкретного методу залежить від умов використання, потреб користувача і вимог до точності, зручності використання, доступності обладнання та умов експлуатації системи. Для ефективного виявлення падіння людей похилого віку застосовуються різні методи. Порівняльний аналіз існуючих методів допоміг визначити, які з них є найбільш ефективними у конкретних умовах використання.

2.2. Характеристика дистанційних методів виявлення падіння

Дистанційні методи виявлення падіння є важливим напрямом у забезпеченні безпеки і здоров'я літніх людей. Ці методи дозволяють проводити постійний моніторинг стану людини без необхідності її фізичної присутності біля медичного персоналу або доглядачів. Дистанційні методи активно використовують можливості сучасних інформаційних технологій, забезпечуючи своєчасне виявлення падінь. Це дає змогу швидко реагувати на такі ситуації (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Можливості дистанційних методів виявлення падіння

Основною перевагою дистанційного моніторингу є можливість здійснювати безперервне спостереження за станом літньої людини без потреби в її постійному контролі з боку медичних працівників або членів родини. Це дозволяє знизити навантаження на персонал і забезпечити незалежність та комфорт для користувача. Традиційні методи, які передбачають регулярні огляди, візити до лікаря або опитування, можуть бути недостатньо ефективними, оскільки не завжди здатні оперативно виявити падіння чи інші небезпечні ситуації.

Дистанційні методи, навпаки, здатні забезпечити моніторинг у реальному часі. Це дозволяє реагувати на випадки падіння або інші критичні зміни в стані здоров'я, що надзвичайно важливо для людей, які проживають самотійно або в умовах, де швидка допомога недоступна. Крім того, дистанційні методи забезпечують можливість збереження даних про здоров'я користувача на протязі тривалого часу, що сприяє більш точному діагностуванню і ефективному плануванню лікування. Загалом, дистанційний моніторинг поєднує в собі високий рівень безпеки з комфортом і незалежністю користувача.

Сенсорні пристрої відіграють ключову роль у системах дистанційного виявлення падіння. Вони дозволяють збирати точні дані про рухи тіла, позицію, орієнтацію та інші параметри, що можуть вказувати на падіння. Найбільш поширеними сенсорами, що використовуються у таких системах, є акселерометри та гіроскопи, які можуть бути інтегровані у портативні пристрої (смарт-годинники, фітнес-браслети) або спеціальні медичні давачі. Ці сенсори вимірюють кутову

швидкість та прискорення тіла, що дозволяє виявити різкі зміни, характерні для падіння.

Для підвищення точності виявлення падінь, у системах можуть використовуватися додаткові типи сенсорів, такі як магнітометри, барометри, а також оптичні або ультразвукові давачі. Вони забезпечують додаткову інформацію, наприклад, про зміну висоти (що може вказувати на падіння), або допомагають виявити положення тіла у просторі. Використання комбінованих сенсорних даних дозволяє створювати складні моделі для точного розпізнавання падінь і зменшення кількості хибних спрацьовувань.

Інтеграція сенсорних пристроїв з IoT технологіями дозволяє передавати зібрані дані у хмарні сервіси для аналізу. Дані можуть оброблятися за допомогою алгоритмів ШІ, що виявляють шаблони, характерні для падінь, і автоматично генерують сповіщення у разі виявлення небезпечної ситуації. Це забезпечує не лише виявлення падінь, але й дозволяє аналізувати тенденції в зміні фізичної активності користувача, що є корисним для попередження майбутніх падінь.

Мережеві технології також відіграють важливу роль у системах виявлення падіння, забезпечуючи передачу даних від сенсорів до оброблювальних центрів та кінцевих користувачів. Сучасні системи виявлення падіння зазвичай використовують бездротові технології або мобільні мережі для передачі даних з портативних пристроїв до хмарних серверів.

Для інтеграції великої кількості сенсорів і забезпечення масштабованості систем виявлення падіння все більшого значення набуває використання Інтернету речей. IoT платформи дозволяють не лише передавати дані від сенсорів, але й забезпечують їхню обробку, зберігання та аналіз у хмарних сервісах. Це забезпечує гнучкість, високу масштабованість та можливість інтеграції з іншими медичними системами та сервісами.

Отже, сучасні дистанційні методи виявлення падіння у поєднанні з ефективними мережевими технологіями дозволяють створювати високонадійні системи виявлення падіння, що забезпечують своєчасну і точну реакцію на надзвичайні ситуації. Використання дистанційних методів із сенсорними

пристроями для виявлення падіння забезпечує ефективний і надійний моніторинг здоров'я літніх людей.

2.3. Огляд сенсорів та алгоритмів обробки даних, які використовуються для виявлення падіння людини

У системах виявлення падіння використовуються різноманітні сенсори, що дозволяють точно ідентифікувати падіння та інші потенційно небезпечні ситуації. Сенсори відіграють ключову роль у зборі даних про рухи та положення тіла користувача, забезпечуючи надійність і точність таких систем. Сучасні системи виявлення падіння покладаються на декілька типів сенсорів, які мають свої унікальні принципи роботи і переваги (рис. 2.3).

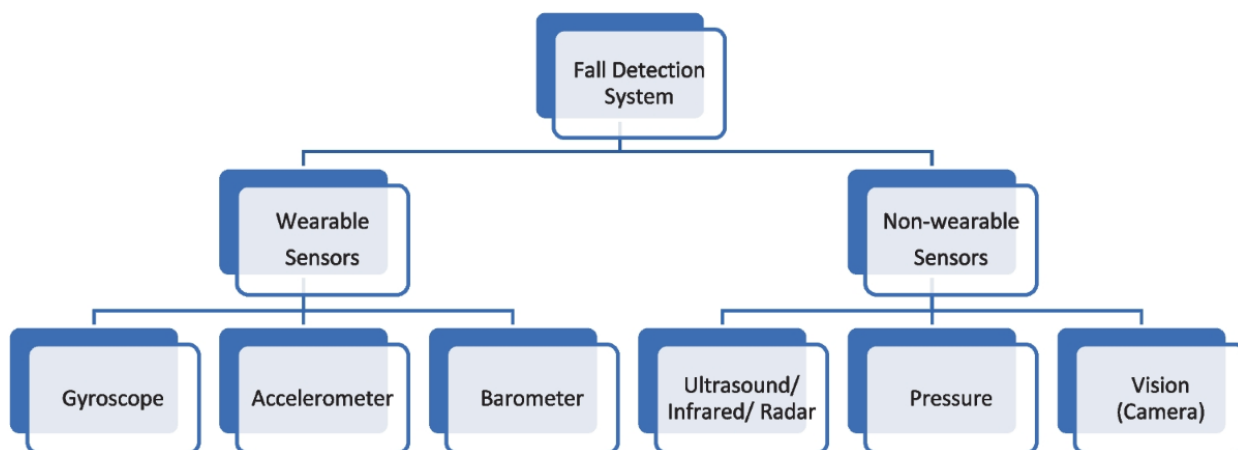


Рис. 2.3. Типи сенсорів, які використовуються для виявлення падіння

Акселерометри – це найпоширеніші сенсори, що використовуються для виявлення падіння. Вони визначають прискорення в трьох осях (x, y, z) і можуть визначати раптові зміни швидкості або напрямку руху, характерні для падіння. Акселерометри володіють високою чутливістю і швидкістю реакції. Тому вони ефективні для негайного виявлення подібних подій.

Гіроскопи вимірюють кутову швидкість обертання і зазвичай використовуються разом з акселерометрами для точнішого визначення положення та руху тіла в просторі. Комбінація даних з гіроскопів і акселерометрів дозволяє

точно розпізнавати тип руху і виявляти падіння з мінімальною кількістю хибних спрацьовувань.

Магнітометри фіксують магнітне поле Землі і допомагають визначати орієнтацію тіла в просторі. Використання магнітометрів разом з акселерометрами та гіроскопами дозволяє реалізовувати точніші моделі руху і положення тіла.

Барометричні сенсори вимірюють атмосферний тиск і можуть використовуватися для визначення зміни висоти, що є важливим при виявленні падіння з висоти, наприклад, зі сходів або ліжка.

Використання оптичних сенсорів і камер дозволяє проводити візуальний моніторинг середовища та рухів користувача. Камери можуть забезпечити додаткову інформацію для підтвердження падіння, але вимагають більш складної обробки даних і підходів до забезпечення конфіденційності. Біометричні сенсори – це давачі, що вимірюють такі важливі показники, як частота серцебиття, рівень кисню в крові, температура тіла тощо. Вони надають додаткову інформацію про фізичний стан користувача до, під час і після падіння.

Інтеграція сенсорів в IoT-системи відбувається шляхом їх підключення до мережі для передачі даних у реальному часі на центральний обчислювальний модуль або хмарну платформу для подальшої обробки. Це дозволяє забезпечити постійний моніторинг, своєчасне виявлення падінь та оперативне інформування про необхідність надання допомоги. Завдяки можливостям IoT технологій дані можуть передаватися на смартфони, планшети або інші пристрої, що дозволяє отримати зручний доступ до інформації для медичних працівників або родичів.

Обробка даних від давачів є критичним аспектом виявлення падіння. Використовуються різні алгоритми для аналізу сенсорної інформації, що дозволяють точно розпізнавати падіння і відрізняти їх від звичайних рухів.

Пороговий аналіз є одним з найпростіших методів, де падіння визначається на основі встановлених порогових значень для прискорення, кутової швидкості чи інших параметрів. Коли значення перевищує визначений поріг, система інтерпретує це як падіння. Хоча порогові методи є швидкими і ефективними, вони

часто генерують хибні спрацьовування через неможливість адаптації до індивідуальних особливостей рухів користувача.

Метод аналізу шаблонів руху використовує моделі, побудовані на основі даних про типові патерни руху під час падіння. Такі моделі створюються на етапі навчання, коли система аналізує велику кількість прикладів падінь і нормальної активності. Аналіз шаблонів дозволяє точніше розрізняти падіння від інших рухів.

Сучасні підходи до виявлення падіння все частіше використовують алгоритми машинного навчання або нейронних мереж. Ці алгоритми можуть навчатися на великих наборах даних, аналізуючи складні взаємозв'язки між різноманітними параметрами руху, що дозволяє підвищити точність виявлення падінь.

Використання комбінованої обробки даних з сенсорів різних типів (наприклад, акселерометра, гіроскопа, барометра) дозволяє створювати більш надійні системи виявлення падіння. Інтеграція даних різних сенсорів дозволяє зменшити вплив шуму і підвищити точність розпізнавання падінь.

Алгоритми, що враховують контекст, в якому відбувається падіння, можуть поліпшити точність виявлення. Наприклад, врахування часу доби, місця знаходження користувача (в приміщенні чи на вулиці), та інших факторів може допомогти системі точніше інтерпретувати дані з сенсорів. Ці технології дозволяють підвищити безпеку літніх людей, знижуючи ризики серйозних травм і своєчасно реагуючи на небезпечні ситуації.

2.4. Теоретичні аспекти роботи акселерометра та гіроскопа

Акселерометр – це прилад, що вимірює прискорення об'єкта, до якого він прикріплений. Він реєструє не тільки лінійне прискорення, але й зміну швидкості руху та сили, що діють на об'єкт, у якому встановлений пристрій.

Принцип роботи акселерометра заснований на вимірюванні сил інерції. Коли пристрій рухається або змінює своє положення, внутрішні компоненти

акселерометра реагують на цю зміну, і ці сигнали інтерпретуються як дані про прискорення. Основні частини акселерометра зазвичай включають масу, яка реагує на прискорення (часто називається «вільною масою»), та сенсори, що фіксують її рух відносно фіксованої основи пристрою.

MEMS акселерометри – це мікроелектромеханічні пристрої, які поєднують в собі електронні й механічні компоненти на мікроскопічному рівні. Їхні особливості включають мініатюрні розміри, низьке енергоспоживання, високу точність та інтеграцію з іншими електронними системами (рис. 2.4).

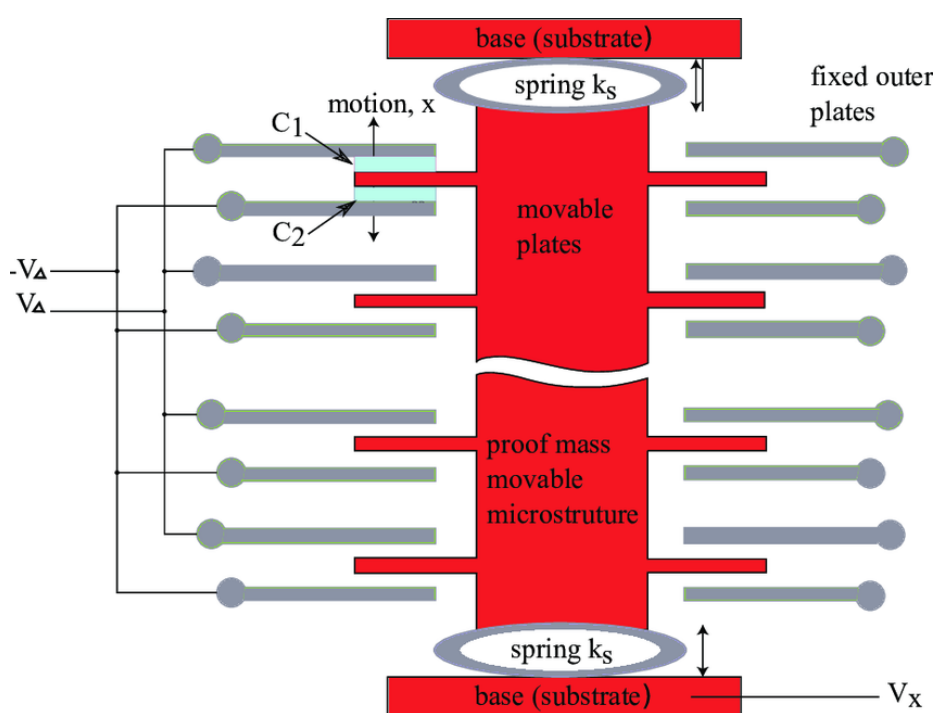


Рис. 2.4. Приклад одноосьового MEMS акселерометра

Основні елементи MEMS акселерометра включають мікроскопічну масу (мембрану), яка підвішена на пружинах всередині пристрою. При прискоренні або зміні положення ця маса зсувається. Ємнісні сенсори вимірюють зміни положення маси щодо фіксованої точки. Ці зміни реєструються як зміни електричного сигналу, що пропорційні до прискорення. Електронна система обробки сигналів інтерпретує зміни ємності та перетворює їх у цифрові дані, які можуть бути оброблені або передані на інші пристрої (рис. 2.5).

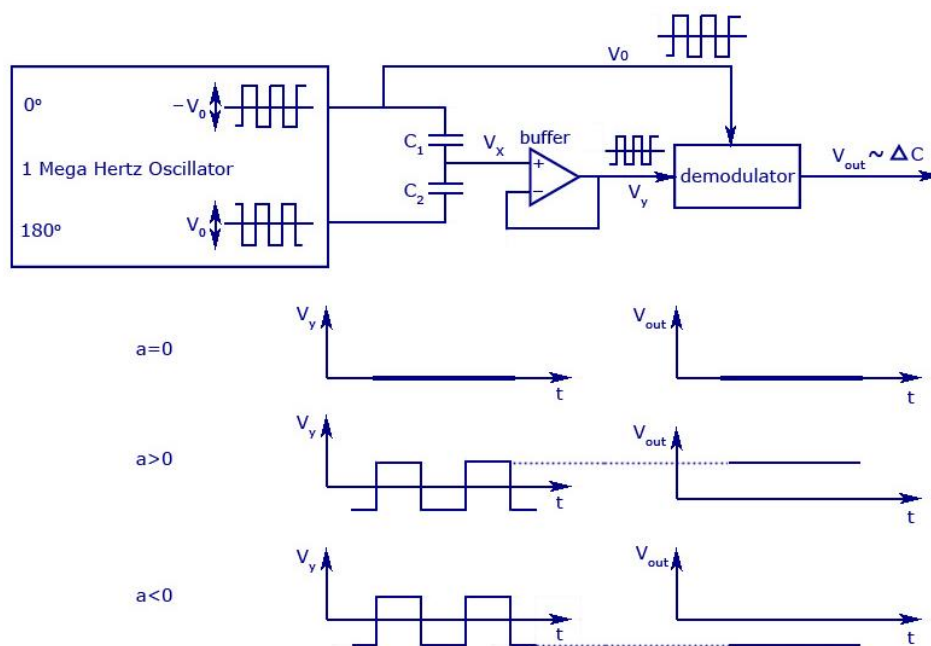


Рис. 2.5. Визначення прискорення за допомогою MEMS акселерометра

До особливостей MEMS акселерометрів можна віднести малі розміри та вагу. Завдяки мікромасштабним компонентам, MEMS акселерометри можуть бути інтегровані в компактні пристрої (смартфони, фітнес-трекери, медичні прилади). MEMS акселерометри можуть реєструвати навіть незначні зміни у русі або положенні. Більшість сучасних MEMS акселерометрів можуть вимірювати прискорення у трьох осях (X, Y, Z), що дозволяє точно визначати орієнтацію та рух об'єкта.

Завдяки своїй універсальності та точності, MEMS акселерометри широко застосовуються в різних сферах, від смартфонів до автомобільних систем безпеки, систем моніторингу здоров'я та IoT пристроїв.

Гіроскоп – це пристрій, що вимірює кутову швидкість і орієнтацію об'єкта в просторі. Принцип його роботи ґрунтується на фізичних законах інерції та моменту імпульсу. Коли об'єкт починає обертатися, гіроскоп фіксує зміни в напрямку цього обертання. Він часто використовується в навігаційних системах, авіації, смартфонах, ігрових консолях та інших пристроях для точного визначення положення.

Класичний гіроскоп складається з маси, яка швидко обертається навколо власної осі. Завдяки властивості інерції, ця обертова маса прагне зберігати своє

положення в просторі, навіть якщо сам гіроскоп рухається або обертається разом з об'єктом. Сили, що з'являються під час зміни орієнтації об'єкта, впливають на обертову масу, і ці зміни вимірюються сенсорами.

MEMS гіроскопи працюють на тому ж принципі, що й класичні гіроскопи, але вони побудовані на мікроскопічному рівні і використовують крихітні механічні елементи для вимірювання кутової швидкості (рис. 2.6).

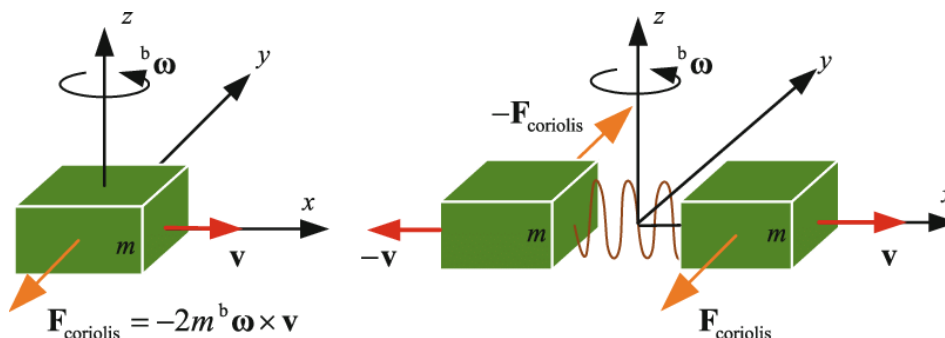


Рис. 2.6. Принцип функціонування MEMS гіроскопа

Замість обертальної маси, як у традиційних гіроскопах, MEMS гіроскоп використовує вібрацію крихітних механічних структур. Коли пристрій змінює орієнтацію або починає обертатися, ця вібрація змінюється внаслідок ефекту Коріоліса, що виникає при русі об'єкта. Вони фіксують зміни в русі або положенні віброуючих елементів та перетворюють ці зміни на електричний сигнал, що відображає кутову швидкість об'єкта. Ці сигнали аналізуються та перетворюються у дані, які застосовуються для визначення обертання чи орієнтації об'єкта в просторі.

Незважаючи на малі розміри, MEMS гіроскопи можуть забезпечувати високу точність вимірювань, що є важливим у навігаційних та стабілізаційних системах. MEMS гіроскопи можуть бути чутливими до температурних змін або механічних впливів, тому для отримання точних даних необхідне додаткове калібрування або компенсація цих факторів.

Завдяки компактності та високій ефективності, MEMS гіроскопи широко використовуються в технологіях, де важливо вимірювати кутову швидкість і стабілізувати рух об'єкта, таких як авіація, робототехніка та мобільні пристрої.

2.5. Метод виявлення падіння на основі використання акселерометра, гіроскопа та давача вібрації

Метод реалізації комп'ютеризованої IoT-системи для моніторингу стану осіб похилого віку базується на аналізі даних, отриманих з акселерометра, гіроскопа, давача вібрації та GPS-модуля, з використанням обчислювальних алгоритмів для виявлення падінь і визначення координат користувача.

Алгоритм роботи методу включає п'ять етапів. На першому етапі дані з акселерометра та гіроскопа зчитуються через інтерфейс I²C. Акселерометр вимірює прискорення вздовж осей X , Y , Z , які позначимо як a_x , a_y , a_z . Розраховується модуль повного прискорення:

$$a_{total} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}. \quad (1)$$

Це дозволяє визначити зміни руху тіла, що супроводжують падіння.

Паралельно з акселерометром, гіроскоп надає дані про кутові швидкості ω_x , ω_y , ω_z . Кутовий рух обчислюється за допомогою:

$$\omega_{total} = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2}. \quad (2)$$

Давач вібрації надає інформацію про сильні удари, подаючи цифровий сигнал, коли рівень вібрації перевищує встановлений поріг. Для аналізу падіння використовується комбінація даних. Умовою падіння є виконання таких нерівностей:

$$a_{total} < a_{min} \text{ і } \omega_{total} > \omega_{thresh}, \quad (3)$$

де a_{min} — мінімальний рівень прискорення (близький до 0), а ω_{thresh} — поріг кутової швидкості, який відповідає сильним рухам під час падіння.

Додатково враховується сигнал з вібраційного датчика V , де $V = 1$ означає наявність вібрації. Якщо всі умови виконані, система реєструє подію падіння.

Коли зафіксовано падіння, GPS-модуль визначає координати користувача. Вони задаються широтою ϕ та довготою λ , отриманими з NMEA-форматованих даних модуля. Інформація про подію, координати користувача та статус системи передається на сервер IoT-платформи через протокол HTTP у вигляді JSON-запиту. Передача здійснюється за допомогою вбудованого Wi-Fi модуля ESP32. JSON-пакет містить наступну структуру:

$$\text{Data} = \{ "fall" : 1, "latitude" : \phi, "longitude" : \lambda \} \quad (4)$$

Результати обробки виводяться на OLED-дисплей. Якщо падіння не виявлено, на дисплеї показуються поточні координати користувача та статус системи. У разі падіння, відображається повідомлення про небезпеку та координати.

Цей метод забезпечує ефективне та надійне виявлення падінь завдяки використанню різних типів сенсорів, що дозволяє враховувати різні аспекти руху та удару під час падіння. Наявність GPS-модуля спрощує визначення місцезнаходження користувача, а IoT-з'єднання гарантує оперативне передавання інформації зацікавленим сторонам. Запропонований метод дозволяє розробити ефективну систему моніторингу, яка забезпечує високий рівень надійності та функціональності для підтримки осіб похилого віку.

2.6. Висновки до розділу 2

У другому розділі виконано аналіз існуючих методів і засобів для дистанційного виявлення падіння осіб похилого віку. Проведено класифікацію цих методів. Порівняльний аналіз виявив, що сенсорні методи є найбільш доцільними для використання в системах IoT завдяки їхній доступності, компактності та можливості інтеграції з хмарними платформами.

Детально розглянуто дистанційні методи виявлення падінь, що базуються на даних акселерометрів, гіроскопів і давачів вібрації. Проаналізовано переваги та обмеження кожного підходу. Встановлено, що використання кількох сенсорів у комбінації дозволяє підвищити точність визначення падінь та зменшити кількість хибних спрацьовувань.

Особливу увагу приділено характеристикам акселерометрів, гіроскопів та давачів вібрації. Описано їхні принципи роботи, технічні характеристики та роль у виявленні падінь. Розглянуто алгоритми обробки даних сенсорів, які забезпечують аналіз руху та визначення критичних ситуацій.

На основі проведеного аналізу запропоновано метод виявлення падіння, що використовує комбіновані дані акселерометра, гіроскопа та давача вібрації. Цей підхід дозволить збільшити точність системи завдяки аналізу як кінематичних параметрів руху, так і зовнішніх механічних впливів.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПАДІННЯ ЛЮДИНИ

3.1. Апаратна реалізація системи виявлення падіння людини

3.1.1. Структура системи виявлення падіння людини представлена на рис. 3.1.

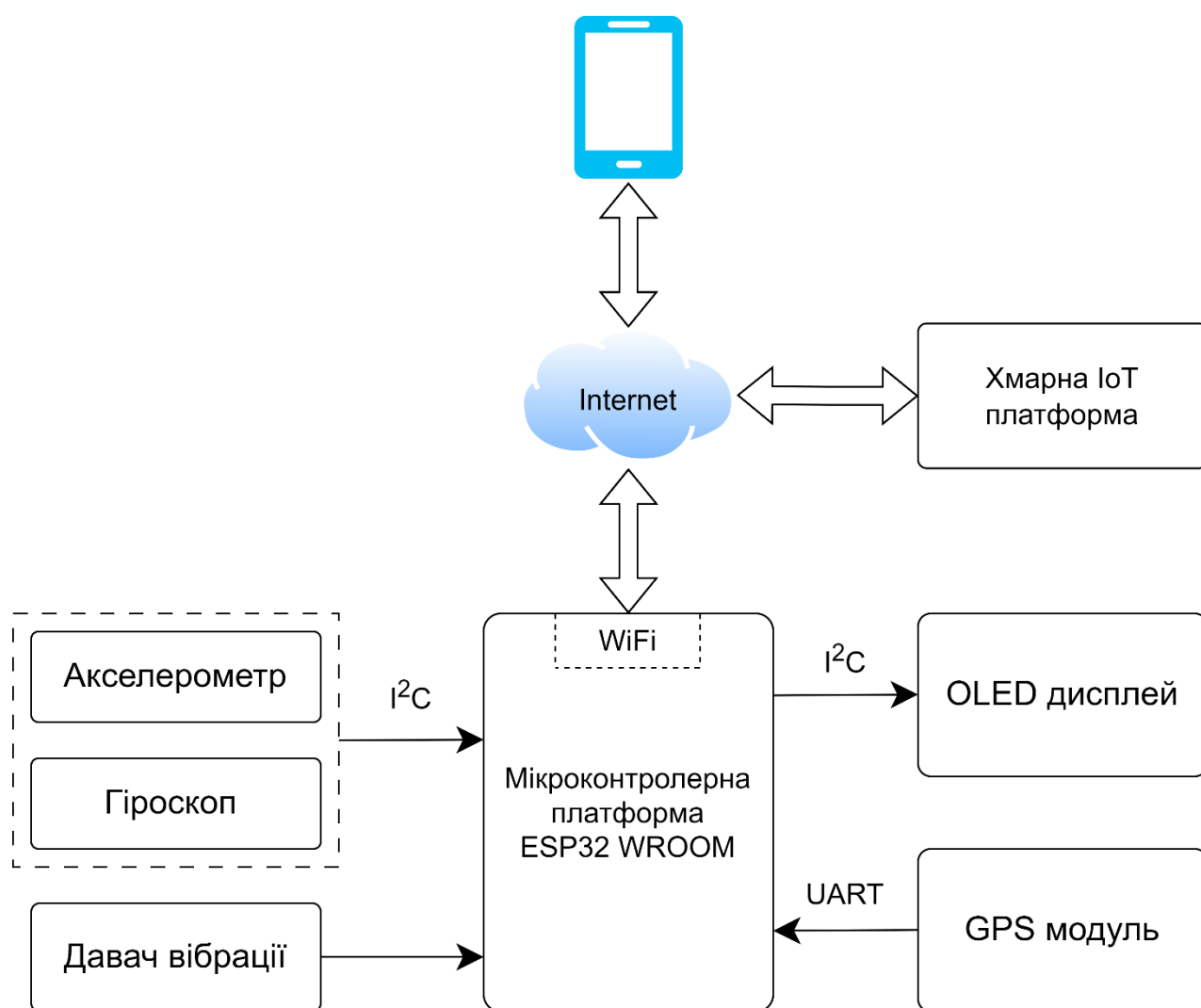


Рис. 3.1. Структура системи дистанційного виявлення падіння людини

Структурна схема запропонованої IoT-системи для виявлення падінь ОПВ включає кілька основних компонентів, які виконують свою функцію для

забезпечення коректної роботи. Головний елемент системи — мікроконтролерний модуль ESP32, який координує роботу всіх підключених сенсорів і забезпечує зв'язок із сервером для обробки даних. До ESP32 підключено кілька давачів, зокрема акселерометр і гіроскоп, давач вібрації, OLED дисплей, а також GPS-модуль.

Акселерометр і гіроскоп відстежують зміни положення тіла та прискорення, що дозволяє визначити стан користувача. Дач вібрації SW-420 додатково підтверджує факт падіння, фіксуючи сильні удари. GPS-модуль використовується для визначення місцеположення користувача, що є особливо корисним у ситуаціях, коли особа знаходиться поза межами будинку або переміщується. Отримані GPS-координати дозволяють точно вказати місце падіння, що полегшує надання допомоги. OLED дисплей забезпечує локальну візуалізацію інформації про стан системи. Він показує поточний статус і координати користувача, отримані від GPS-модуля.

При виявленні падіння ESP32 обробляє дані з усіх сенсорів і надсилає їх на сервер, де відбувається остаточний аналіз та ухвалення рішення про небезпеку. У випадку підтвердженого падіння система надсилає повідомлення через мобільний додаток із координатами GPS для швидкої реакції медичних працівників або родичів.

3.1.2. Wi-Fi модуль ESP-32 — це потужний та багатофункціональний мікроконтролерний модуль, який широко використовується для реалізації проєктів Інтернету речей завдяки поєднанню можливостей бездротового зв'язку та високої продуктивності. (рис. 3.2).

Однією з важливих характеристик ESP-32 є його енергоефективність. Завдяки можливості переходу в режим *deep sleep*, модуль може споживати всього 10 мкА енергії, що є важливим для автономних IoT пристроїв, які живляться від акумуляторів. Велика кількість GPIO портів (34 програмовані входи/виходи) дозволяє підключати різноманітні сенсори та давачі, що розширює його функціональні можливості. Крім того, він може працювати як клієнт, точка доступу або у режимі P2P, що дає гнучкість у налаштуванні мережевої архітектури.



Рис. 3.2. Wi-Fi модуль ESP-32

Завдяки своїй обчислювальній потужності, бездротовим можливостям, енергоефективності, низькій вартості та сумісності з різноманітними сенсорами цей модуль було обрано для реалізації проекрованої системи.

3.1.3. Модуль MPU-6050 є популярним сенсором, який містить акселерометр та гіроскоп (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Модуль MPU-6050

MPU-6050 є невеликим модулем, що дозволяє інтегрувати його в різні пристрої. Основними компонентами цього модуля є 3-осьовий акселерометр і гіроскоп, інтегровані на одному кристалі. Це дозволяє сенсору забезпечувати одночасне вимірювання лінійних прискорень та кутових швидкостей. На модулі також розташовані електронні компоненти для керування живленням та стабілізації сигналу, що забезпечує стабільну і точну роботу сенсора. Інтерфейс

модуля представлений стандартним протоколом I2C, що забезпечує легку інтеграцію з мікроконтролерами.

MPU-6050 використовує мікромеханічні електромеханічні системи (MEMS) для вимірювання прискорення і кутової швидкості. Акселерометр вимірює рівень прискорення, що діє на сенсор, яке може виникати через рух або зміну положення об'єкта. Гіроскоп, у свою чергу, вимірює швидкість обертання навколо кожної з осей, що дозволяє визначати орієнтацію та кутову швидкість об'єкта. За допомогою цифрових інтерфейсів дані з акселерометра і гіроскопа передаються до мікроконтролера, де вони можуть оброблятися і аналізуватися для виявлення падінь.

Акселерометр дозволяє налаштовувати його чутливість залежно від вимог проекту. Це важливо для точної реєстрації падінь та інших динамічних рухів. Гіроскоп забезпечує вимірювання кутової швидкості в діапазоні від ± 250 до ± 2000 градусів за секунду. Така широкість діапазону дозволяє точно визначати навіть невеликі обертання, що критично для аналізу положення тіла. 16-бітний АЦП гарантує високу точність вимірювань.

Вибір модуля MPU-6050 для проєктованої системи є обґрунтованим з кількох причин. По-перше, інтеграція акселерометра і гіроскопа на одному кристалі дозволяє отримувати повний набір даних про рухи тіла, що необхідно для точного розпізнавання падінь. Поєднання визначення прискорення та кутової швидкості забезпечує можливість аналізу складних патернів руху, що особливо важливо для виявлення падінь, які можуть відрізнятися за характером та інтенсивністю. По-друге, висока роздільна здатність і точність вимірювань, які забезпечує MPU-6050, сприятиме підвищенню надійності системи. Низьке енергоспоживання модуля сприяє його тривалій автономній роботі.

Підтримка стандартного інтерфейсу I2C спрощує інтеграцію MPU-6050 з іншими компонентами системи, такими як мікроконтролер. Це дозволяє швидко розробляти прототип і впроваджувати систему в реальні умови з мінімальними витратами на апаратне забезпечення та розробку програмного забезпечення.

Отже, MPU-6050 є ефективним і надійним рішенням для створення системи виявлення падіння людей похилого віку, забезпечуючи необхідну точність, енергозбереження і простоту інтеграції.

3.1.4. Модуль давача вібрації SW-420 є простим та ефективним рішенням для виявлення вібрацій чи різких рухів у різноманітних системах, включаючи системи моніторингу падінь (рис. 3.4). Його будова базується на використанні механічного контакту всередині циліндричної капсули, який реагує на вібрацію або різкі коливання. Коли пристрій перебуває у стані спокою, контакти залишаються розімкнутими. У разі виникнення вібрації або удару, внутрішній елемент пересувається і замикає контакт, що генерує сигнал на виході.

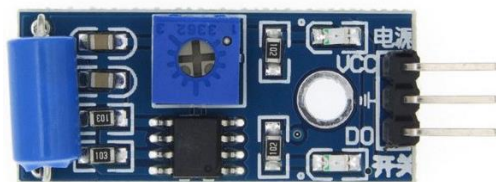


Рис. 3.4. Модуль давача вібрації SW-420

Основними технічними характеристиками модуля SW-420 є робоча напруга в межах від 3.3 до 5 В та вихідний сигнал у вигляді низького рівня при спрацьовуванні. Модуль також має вбудований потенціометр для налаштування чутливості, що дозволяє адаптувати його під конкретні умови експлуатації. Структура пристрою включає власне давач вібрації SW-420 та операційний підсилювач, який використовується для посилення сигналу і подачі чітких логічних рівнів на контролер.

Під час виявлення вібрації або поштовху контакти всередині давача замикаються, і на виході генерується сигнал низького рівня. Цей сигнал можна використовувати для активування певних дій у системі, наприклад, виклику аварійної служби або активації сигналізації. Завдяки своїй простій конструкції та ефективності, модуль SW-420 добре підходить для завдань, де необхідно виявляти раптові зміни стану об'єктів.

Вибір модуля SW-420 для реалізації системи виявлення падіння людей є обґрунтованим через його здатність швидко та надійно реагувати на падіння або сильні удари. У поєднанні з акселерометром та гіроскопом, які використовуються для моніторингу положення тіла, модуль вібрації може виступати додатковим елементом підтвердження факту падіння, що знижує ймовірність хибних спрацьовувань системи. Завдяки своїй низькій вартості, компактним розмірам та енергоефективності, цей модуль підходить для інтеграції у системи безперервного моніторингу стану людей похилого віку, де критично важлива надійність та оперативність виявлення надзвичайних ситуацій.

3.1.5. GPS модуль GY-NEO6MV2 – це компактний пристрій для визначення географічних координат об'єктів за допомогою GPS (рис. 3.5). Він побудований на основі чіпа NEO-6M від компанії U-blox, що забезпечує надійну роботу і високу точність позиціонування навіть за слабких сигналів. Модуль працює на частоті 1 ГГц та підтримує отримання даних від супутників у реальному часі, дозволяючи визначати координати (широту і довготу), а також висоту над рівнем моря, швидкість руху і точний час.

Структурно модуль складається з основного чіпа, що обробляє сигнали з супутників, а також вбудованої активної антени, яка дозволяє покращити прийом сигналу. Крім того, модуль оснащений резервним акумулятором, який зберігає останню позицію і налаштування, прискорюючи відновлення зв'язку після перезапуску. GY-NEO6MV2 також має UART-інтерфейс, що дозволяє зручно інтегрувати його з контролерами, зокрема з ESP32, для передачі координат на мікроконтролер для подальшої обробки.



Рис. 3.5. GPS модуль GY-NEO6MV2

Модуль має високу точність позиціювання до 2,5 метрів за сприятливих умов, що є достатнім для використання в системах відстеження місця знаходження людей. Час холодного старту становить близько 27 секунд, а гарячого — близько 1 секунди, що дозволяє швидко відновити роботу після вмикання або тимчасової втрати сигналу. Модуль працює від напруги 3,3–5 В, що дозволяє підключити його до стандартних мікроконтролерів без додаткових перетворювачів напруги. Модуль споживає близько 45 мА в активному режимі, що є економним показником для GPS пристроїв.

Принцип роботи GPS модуля GY-NEO6MV2 полягає в обробці сигналів, які надходять від супутників GPS. Для точного визначення координат модуль повинен отримати сигнали щонайменше від 4 супутників, що дозволяє чіпу NEO-6М виконати триангуляцію і визначити положення в просторі. Дані, які отримує модуль, передаються через UART, що дозволяє контролеру легко отримувати і обробляти ці дані для подальшого використання, наприклад, відправлення координат у разі виявлення падіння особи похилого віку.

Вибір модуля GY-NEO6MV2 для реалізації системи виявлення падіння ОПВ обґрунтований його високою точністю, компактністю і надійністю роботи в умовах змінного сигналу, які можуть виникати всередині приміщень або поблизу будівель. Завдяки своїм характеристикам, модуль може швидко надавати інформацію про місце перебування особи, що дозволяє своєчасно повідомити рідних або медичний персонал про можливу небезпеку. Крім того, сумісність з популярними мікроконтролерами, низьке споживання енергії та наявність резервного живлення роблять його оптимальним вибором для автономної системи з тривалим часом роботи, яка забезпечує постійний моніторинг стану користувача і його місцезнаходження у разі виявлення падіння.

3.1.6. На рис. 3.6 зображено схему електричну принципову пристрою для виявлення падінь осіб похилого віку, що включає модуль ESP32 (U3), акселерометр і гіроскоп MPU-6050 (U1), давач вібрації SW-420 (U2), GPS-модуль GY-NEO6MV2 (U4) та OLED дисплей (H1). Кожен з компонентів підключений до мікроконтролера.

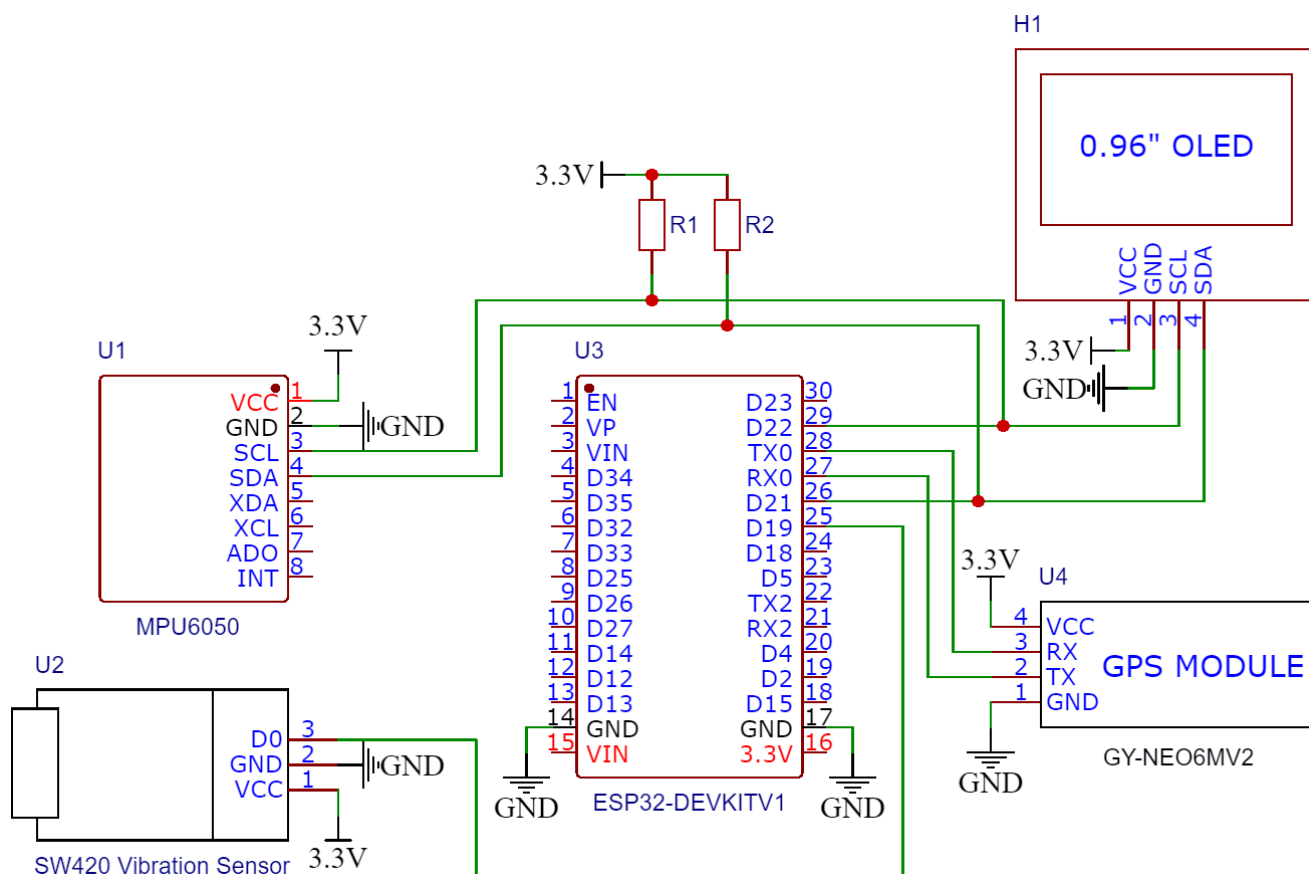


Рис. 3.6. Схема електрична принципова пристрою для виявлення падіння людини

Основний елемент схеми – це мікроконтролер ESP32, який забезпечує живлення та з'єднання з іншими компонентами. Модуль акселерометра та гіроскопа MPU-6050 підключається до ESP32 через інтерфейс I2C. Подача живлення на MPU-6050 здійснюється через контакт VCC, підключений до +3,3V ESP32, а спільне заземлення забезпечується через GND. Для передачі даних використовуються лінії SCL та SDA, підключені до GPIO 22 і GPIO 21 відповідно.

Давач вібрації SW-420 підключається до ESP32 через цифровий вихід D0, який підключено до GPIO19 мікроконтролера. GPS-модуль з'єднано з ESP32 через UART інтерфейс, забезпечуючи точне визначення місцеположення користувача, а OLED дисплей підключено до ESP32 також через I2C для виведення інформації про стан системи та GPS-координат. На схемі чітко зображені усі електричні з'єднання між компонентами та особливості підключення всіх модулів.

На рис. 3.7 зображено електричну схему з'єднань компонентів пристрою для виявлення падінь осіб похилого віку, промодельовану в редакторі Fritzing. Ця

модель відображає послідовне та зручне розташування компонентів, демонструючи всі основні з'єднання та спрощуючи візуальне розуміння зв'язків між модулями пристрою.

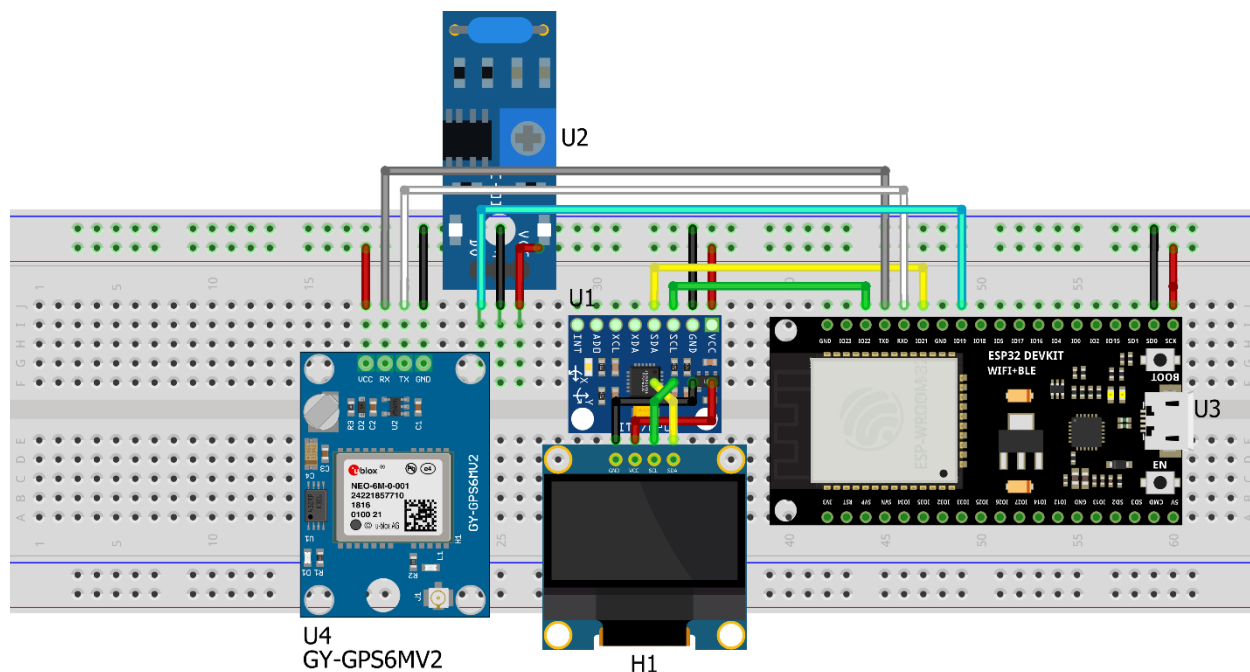


Рис. 3.7. Схема електричних з'єднань модуля для виявлення падіння людини

3.2. Реалізація алгоритмічного та програмного забезпечення системи

3.2.1. Алгоритм роботи програми для мікроконтролера ESP32 в пристрої для виявлення падінь осіб похилого віку розпочинається з ініціалізації основних компонентів (рис. 3.8).

Спочатку налаштовується послідовний інтерфейс для відлагодження та моніторингу пристрою, що дозволяє отримувати необхідну інформацію під час роботи. Далі через інтерфейс I2C налаштовується модуль MPU-6050, який містить акселерометр і гіроскоп для визначення змін у положенні пристрою. Ініціалізується також OLED дисплей для відображення статусів пристрою, GPS-модуль через UART для зчитування координат, а також модуль давача вібрації SW-420, який спрацьовує на значні коливання.

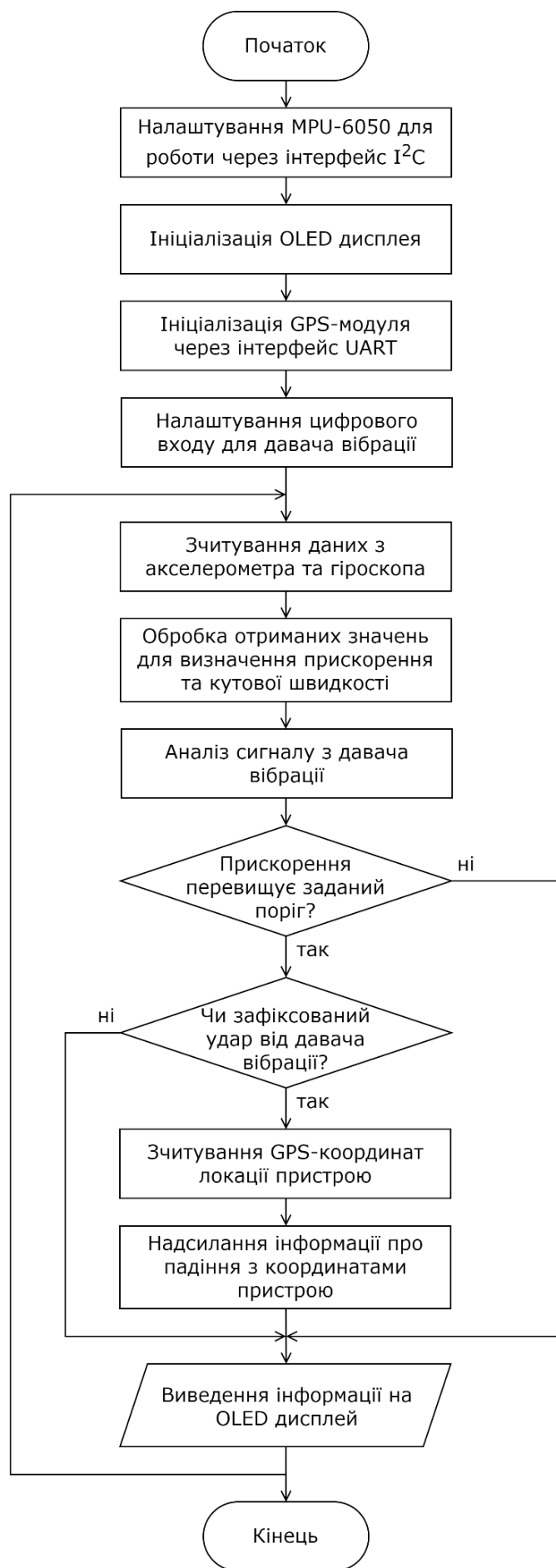


Рис. 3.8. Блок-схема алгоритму

Програма працює в основному циклі, де виконується періодичне зчитування даних із сенсорів та їх обробка для виявлення можливих падінь. MPU-6050 зчитує значення прискорення по осях X, Y та Z, а також кутову швидкість. Програма обчислює результуюче прискорення, використовуючи ці значення, і порівнює його із заданим порогом. Якщо значення перевищує поріг, це може свідчити про різке падіння. Паралельно аналізується сигнал із давача вібрації. У випадку виявлення сильної вібрації, яка вказує на удар, пристрій підтверджує, що подія була істотним падінням, оскільки сигнали з обох сенсорів збігаються.

Коли падіння підтверджено, активується GPS-модуль для отримання поточних координат. GPS-модуль зчитує дані про місцеположення, після чого координати передаються на мікроконтролер ESP32. Ці координати можуть бути використані для віддаленого повідомлення про місцеперебування особи, яка зазнала падіння, що особливо корисно у випадках, коли людина не може самотійно викликати допомогу.

На OLED дисплеї відображається повідомлення про зафіксоване падіння, а також GPS-координати. Крім того, на дисплеї можуть виводитися індикатори поточного стану пристрою, що робить систему зручною для моніторингу. За наявності підключення до мережі, ESP32 може також відправити інформацію про падіння і координати через Wi-Fi на сервер та мобільний додаток для дистанційного моніторингу.

Після обробки події система повертається до звичайного режиму моніторингу. Якщо падіння не підтверджене, програма продовжує зчитувати дані, готова до нової події. При виникненні помилок, наприклад втрати сигналу GPS чи несправності давача, на дисплеї з'являється відповідне повідомлення. Програма може спробувати автоматично ініціалізувати несправний модуль або перезапустити його.

Цей алгоритм забезпечує надійну роботу пристрою для виявлення падінь, враховуючи комбінацію даних із кількох сенсорів і можливість передавати інформацію на віддалений сервер, що підвищує безпеку та забезпечує своєчасне повідомлення про падіння осіб похилого віку.

3.2.2. Програма для мікроконтролера ESP32 реалізує функціонал комп'ютеризованої IoT-системи для моніторингу падіння ОПВ. Основними компонентами програми є функції зчитування даних з сенсорів, обробка інформації, відображення на дисплеї, передача даних на IoT-платформу та надсилання сповіщень. Програма складається з кількох функціональних блоків, які забезпечують повний цикл роботи системи.

У першому блоці програми відбувається підключення мікроконтролера до Wi-Fi. Функція `connectToWiFi()` (рис. 3.9) здійснює ініціалізацію з'єднання з мережею, використовуючи задані параметри SSID та пароллю. У разі успішного підключення до мережі, програма переходить до основних операцій.

```
void connectToWiFi() {
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(1000);
        Serial.println("Connecting to WiFi...");
    }
    Serial.println("Connected to WiFi");
}
```

Рис. 3.9. Лістинг функції `connectToWiFi()`

Для збору даних з давача руху MPU-6050 використовується функція `readMPU6050()` (рис. 3.10). Вона зчитує значення прискорення по трьох осях, використовуючи інтерфейс I2C, та нормалізує отримані дані. Ця інформація потрібна для аналізу стану користувача та виявлення можливих падінь.

```
void readMPU6050() {
    Wire.beginTransmission(MPU_ADDR);
    Wire.write(0x3B); // Початковий регістр
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(MPU_ADDR, 6, true);

    ax = (Wire.read() << 8 | Wire.read()) / 16384.0;
    ay = (Wire.read() << 8 | Wire.read()) / 16384.0;
    az = (Wire.read() << 8 | Wire.read()) / 16384.0;
}
```

Рис. 3.10. Лістинг функції `readMPU6050()`

Дані про місцезнаходження отримуються з GPS-модуля за допомогою функції `readGPSData()` (рис. 3.11). Функція зчитує дані з апаратного послідовного порту мікроконтролера, обробляє їх та перевіряє на валідність. У разі успішного отримання координат, вони зберігаються для подальшого використання.

```
void readGPSData() {  
    while (gpsSerial.available() > 0) {  
        gps.encode(gpsSerial.read());  
    }  
}
```

Рис. 3.11. Лістинг функції `readGPSData()`

Відображення стану системи, координат користувача та результатів аналізу здійснюється функцією `updateDisplay()`. На OLED-дисплеї виводиться повідомлення про нормальний стан системи або сповіщення про виявлене падіння. У випадку наявності координат GPS, вони також відображаються на дисплеї.

Передача даних на IoT-платформу виконується через функції `sendFallStatus()` та `notifyFall()`. Для аналізу стану користувача використовується функція `checkFall()`. Вона аналізує показники акселерометра та давача вібрації. Якщо система виявляє низькі значення прискорення разом із сигналом з давача вібрації, це інтерпретується як падіння.

Основний цикл програми `loop()` виконує послідовний виклик усіх описаних функцій. Спочатку програма зчитує дані з давачів, перевіряє стан користувача, оновлює відображення на дисплеї, а потім передає дані на IoT-платформу. Цикл повторюється з інтервалом в 1 секунду, забезпечуючи постійний моніторинг стану.

Розроблена програма забезпечує безперервний збір, аналіз, відображення та передачу даних, необхідних для функціонування системи моніторингу. Вона дозволяє виявляти падіння, оперативно повідомляти про це через смартфон, а також надавати інформацію про місцезнаходження користувача, що є критично важливим у контексті підтримки осіб похилого віку.

3.3. Реалізація взаємодії з IoT платформою Blynk

Для забезпечення моніторингу стану користувача та надсилання сповіщень у разі падіння було обрано хмарну IoT платформу Blynk. По-перше, Blynk пропонує безкоштовний тарифний план, який достатній для реалізації основного функціоналу системи. По-друге, платформа підтримує інтеграцію з широким спектром мікроконтролерів, зокрема ESP32, що є основою розробленого прототипу. По-третє, Blynk забезпечує просте налаштування інтерфейсу, можливість передачі даних, а також надсилання push-сповіщень на смартфон, що критично важливо для оперативного інформування про стан користувача.

Процес налаштування Blynk для інтеграції із системою передбачав завантаження мобільного додатку. Після входу в додаток було створено проєкт, у якому вказувалась назва, тип апаратної платформи (у даному випадку ESP32) та генерувався унікальний токен авторизації. Він використовується для прив'язки мікроконтролера до хмарної платформи.

У веб-версії налаштований графічний інтерфейс. Для цього були додані віджети, які відповідають функціоналу системи. Наприклад, для відображення поточного стану системи використовувався віджет Label, де виводиться текстовий статус, такий як “Normal” чи “Fall Detected”. Для надсилання сповіщень був налаштований елемент Notification, який конфігурується для генерації push-сповіщень у разі виявлення падіння (рис. 3.12).

Після налаштування інтерфейсу платформу Blynk була інтегрована із мікроконтролером ESP32. Це реалізовано шляхом додавання у код програми відповідних бібліотек та налаштування параметрів мережі Wi-Fi. У програмному коді також прописані функції для передачі даних про стан системи у віртуальні піни, які відповідають за зв'язок із віджетами у додатку.

Для надсилання сповіщень у код інтегрується функція `Blynk.notify()`, яка активується у разі виявлення падіння. Це забезпечує миттєве інформування про критичну ситуацію. У разі нормального стану системи інформація також передається на платформу, що дозволяє постійно моніторити стан користувача.

Add New Event

General
Notifications
Settings
Expose to Automations

EVENT NAME

Fall Detected

EVENT CODE

fall_detected

ⓘ

TYPE

Info

Warning

Critical

Content

DESCRIPTION (OPTIONAL)

Fall Detected!!!

16 / 300

Fall Detected

General
Notifications
Settings
Expose to Automations

☒ Enable notifications

Default recipients

E-MAIL TO

Device Owner ×

PUSH NOTIFICATIONS TO

Device Owner ×

SMS TO

Device Owner ×

☒ Deliver push notifications as alerts

When turned on, push notifications will use critical alert sounds. End-users will need to turn this setting on in their app settings. They can also change a sound.

Notifications Management

When turned ON, end-users will access advanced notification management for this event

☒ Enable notifications management

Рис. 3.12. Процес налаштування Notification в Blynk

Інтеграція розробленого прототипу із платформою Blynk забезпечила необхідний функціонал для моніторингу, аналізу даних та оперативного реагування у випадку надзвичайних ситуацій. Простота налаштування, гнучкість інтерфейсу зробили цю платформу оптимальним вибором для реалізації системи виявлення падіння людини.

3.4. Тестування розробленої системи

На рис. 3.13 зображено прототип пристрою для виявлення падіння особи під час тестування. Компоненти пристрою з'єднані між собою за допомогою провідників на макетній безпасчній платі, що дозволяє швидко змінювати конфігурацію та налаштування під час тестування. Такий макетний спосіб складання забезпечує зручність у тестуванні та налаштуванні пристрою, дає можливість швидко замінювати компоненти та проводити оцінку різних конфігурацій перед остаточним монтажем. Основні модулі включають мікроконтролер ESP32, акселерометр і гіроскоп, давач вібрації, GPS-модуль та OLED дисплей.

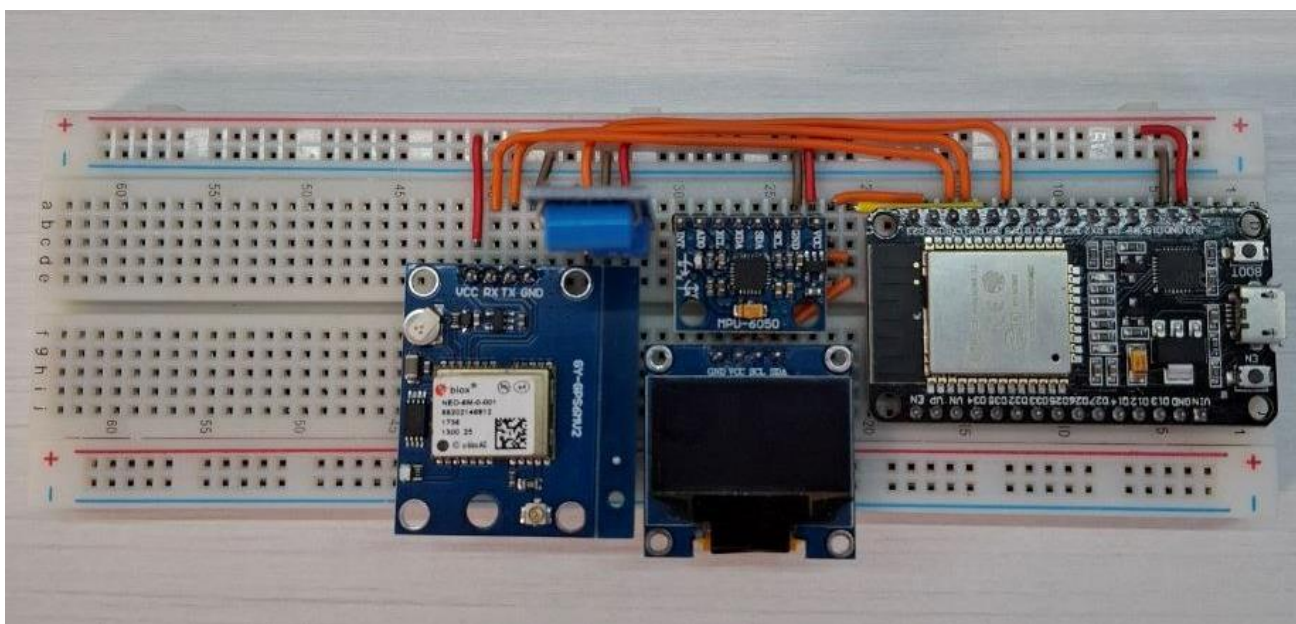


Рис. 3.13. Прототип пристрою для виявлення падіння людей похилого віку

Прототип побудований таким чином, щоб ефективно виявляти падіння та передавати інформацію про це через IoT платформу. ESP32, отримуючи дані з акселерометра, гіроскопа та давача вібрації, обробляє їх для виявлення падіння. Завдяки поєднанню показників прискорення, кутової швидкості та вібрації система може з високою точністю виявляти інциденти падіння. Якщо падіння

підтверджується, ESP32 через Wi-Fi надсилає сповіщення на заздалегідь визначений сервер або додаток медичного персоналу або родичів для швидкої реакції. Уся система працює від живлення 3,3 В, що дозволяє використовувати стандартне живлення від літій-іонної батареї або через USB-порт для тестування прототипу. OLED дисплей використовується для виведення даних про стан системи та координати, отримані з GPS-модуля.

Результати тестування розробленої системи показали її ефективність у виявленні падіння та наданні оперативної інформації користувачу. Всі зібрані дані оброблялися мікроконтролером ESP32, після чого відображались на OLED-дисплеї пристрою, що дозволяло отримати миттєвий зворотний зв'язок безпосередньо на пристрої.

Перевірка взаємодії прототипу з платформою Blynk здійснювалася після завершення програмування ESP32 та налаштування хмарної платформи. Основною метою тестування було підтвердити коректну передачу даних від сенсорів до мобільного додатку Blynk, відображення статусу системи в реальному часі та функціонування механізму оповіщення у разі виявлення падіння.

На першому етапі тестування ESP32 було підключено до мережі Wi-Fi з вказаними параметрами. Після успішного підключення до платформи Blynk система почала передавати дані у віртуальні піни, що стало підтвердженням коректної ініціалізації з'єднання. У нормальному стані система передає статус "Normal," який оновлюється кожні кілька секунд.

Далі було перевірено функцію обробки даних сенсорів для виявлення падіння. Для цього система моделювалася у ситуаціях різких змін положення, що відповідали умовам падіння. У разі спрацювання алгоритму виявлення падіння на мобільний пристрій надходило push-сповіщення з текстом "Fall Detected!". Сповіщення з'являлося майже миттєво після спрацювання алгоритму, що підтверджує низьку затримку у передачі даних.

Загалом, тестування продемонструвало високу ефективність інтеграції системи з платформою Blynk, що забезпечує зручний інтерфейс для моніторингу стану користувача та своєчасне сповіщення у разі критичних ситуацій.

Після обробки даних у разі виявлення падіння система автоматично надсилала сповіщення через IoT-платформу на смартфон відповідальній особи. Інформація, яка відображалася в повідомленні, включала поточні координати постраждалого, дату та час інциденту, що дозволяло оперативно реагувати на можливу небезпеку для здоров'я користувача. Крім того, результати вимірювань і стан пристрою відображалися у веб-інтерфейсі IoT-платформи, що дало змогу віддалено контролювати стан користувача та забезпечити постійний моніторинг його безпеки.

У процесі тестування система продемонструвала стабільну роботу у різних сценаріях, включаючи симуляцію падіння та звичайну активність. Дані відображалися на дисплеї пристрою без затримок, а у веб-інтерфейсі – з мінімальною затримкою, що підтвердило надійність бездротового передавання даних. Тестування також підтвердило високу точність GPS модуля в умовах відкритого простору і достатню точність у приміщенні. Таким чином, розроблена система виявлення падінь з використанням IoT-технологій продемонструвала ефективність, швидкодію та надійність, що дозволяє рекомендувати її для використання з метою моніторингу стану осіб похилого віку та забезпечення їхньої безпеки.

3.5. Висновки до розділу 3

У третьому розділі було реалізовано практичну частину розробленої системи для виявлення падінь осіб похилого віку. Проведено програмування мікроконтролера ESP32, створено апаратну реалізацію прототипу з використанням датчиків та інших компонентів, а також інтегровано систему з хмарною платформою Blynk.

Реалізовано алгоритм обробки даних сенсорів, що забезпечує високу точність виявлення падінь та мінімізацію хибних спрацьовувань. Налаштовано передачу даних про стан системи та користувача до веб-інтерфейсу платформи Blynk з можливістю віддаленого моніторингу. Забезпечено функціонал надсилення сповіщень на смартфон у разі виявлення критичних ситуацій. Проведено тестування системи, яке підтвердило її функціональність, надійність передачі даних та стабільність роботи.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає у розробці методів та засобів виявлення падіння людини похилого віку на основі IoT технологій. Оскільки в процесі виконання роботи використовувався персональний комп'ютер, тому необхідно забезпечити дотримання вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки при використанні ПК.

Основними регламентуючими нормативними документами охорони праці користувачів ПК є:

- НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями»;
- Примірня інструкція з охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджена наказом Міністерства доходів і зборів України від 5 вересня 2013 р. № 443;
- ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

Вимоги до приміщень, згідно з [36], щодо розташування робочого місця передбачають виконання наступних вимог:

- мінімальна площа, яка виділяється на одне робоче місце повинна становити мінімум $6,0 \text{ м}^2$, при об'ємі – мінімум $20,0 \text{ м}^3$;
- розташування робочих місць користувачів ПК заборонено у цокольних або підвальних приміщеннях.

При організації робочих місць у НПАОП 0.00-7.15-18 передбачена наявність природного і штучного освітлення. Зазвичай, природне освітлення поступає у приміщення через вікна та світлові прорізи і забезпечує коефіцієнт освітленості на рівні не менше 1,5 %. Орієнтація вікон – на північ або північний схід. Штучне освітлення забезпечують відповідні джерела, наприклад, люмінесцентні лампи.

Приміщення з комп'ютерною технікою не повинні межувати з будівлями, де рівень шуму чи вібрації перевищує визначені допустимі значення. Покриття підлоги повинне бути матовим з коефіцієнтом відбиття 0,3-0,5. Для внутрішнього оздоблення приміщень слід використовувати дифузно-відбивні матеріали з коефіцієнтами відбиття для стелі 0,7-0,8, для стін 0,5-0,6 [36].

У приміщеннях, де організовано робочі місця користувачів ПК, повинні бути забезпечені аптечками першої медичної допомоги. Вологе прибирання у таких приміщеннях є обов'язковим кожного дня.

Щодо ергономічної організації робочого місця, то воно також повинно відповідати вимогам, наведеним у [36]. Конструкція робочого місця повинна забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. У відповідності до НПАОП 0.00-7.15-18, обладнання і організація робочого місця працюючих з ЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного, розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності.

Екран комп'ютера повинен бути розміщений на відстані 600...700 мм від очей користувача. Розташування монітору має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працівника [37].

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ПК потрібно виконувати за магістральною схемою. При організації робочих місць електромережу штепсельних розеток для живлення ПК у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах [37].

Щодо безпеки при роботі з ПК, щодня перед початком роботи необхідно очищати монітор від пилу та інших забруднень. Після закінчення роботи з ПК, він та периферійні пристрої повинні бути відключені від електричної мережі. У разі виникнення певної аварійної ситуації необхідно негайно відключити ПК від електричної мережі. Не допускається виконувати обслуговування, ремонт та налагодження ПК безпосередньо на робочому місці [37].

Основні вимоги до пожежної безпеки вказані в НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Згідно з [36], на та під приміщеннями, в яких розміщені ЕОМ, а також у суміжних із ними приміщеннях не дозволяється розташування приміщень категорій А та Б за вибухопожежною небезпекою.

Фальш підлога у приміщеннях з ЕОМ має бути з негорючих матеріалів або матеріалів груп горючості Г1, Г2 з межею вогнестійкості не менше 0,5 год. Простір під нею слід розділяти негорючими діафрагмами на відсіки площею не більше 250 м². Діафрагми повинні мати межу вогнестійкості не менше 0,75 год. Звукопоглинаюче облицювання стін та стель цих приміщень слід виготовляти з негорючих матеріалів або матеріалів груп горючості Г1, Г2.

Персональні комп'ютери після закінчення роботи повинні відключатися від мережі. Не рідше одного разу на квартал необхідно очищати від пилу агрегати та вузли, кабельні канали та простір між підлогами. Приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, а саме вогнегасниками, що використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку [38].

Вогнегасники слід встановлювати у легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень тощо), а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява осередків пожежі. При цьому необхідно забезпечити їх захист від попадання прямих сонячних променів та безпосередньої (без загороджувальних щитків) дії опалювальних та нагрівальних приладів. Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників визначається відповідно до типових норм належності вогнегасників.

У кваліфікаційній роботі розроблялась система виявлення падіння людини похилого віку за допомогою програмного забезпечення для ПК. Через це важливо було провести аналіз основних вимог до приміщень та робочих місць з ПК, що дозволило забезпечити комфортні і безпечні умови праці інженерам комп'ютерних систем. Також проаналізовано правила електробезпеки під час роботи з ПК та вимоги до пожежної безпеки в приміщенні. Усі ці правила і вимоги були враховані під час розробки системи виявлення падіння людини похилого віку.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Вплив електромагнітного імпульсу на функціонування обладнання на основі IoT технологій та заходи захисту. Електромагнітний імпульс (ЕМІ) – в телекомунікаційній галузі і фізиці це явище означає факт створення і поширення електромагнітного імпульсного випромінювання широкого спектру частот та великої напруженості протягом короткого відрізка часу [38].

Електромагнітний імпульс, що виникає під час ядерних вибухів є до такої міри потужним, що розглядається як один з чинників ураження цієї зброї. Електромагнітний імпульс ядерного вибуху є потужним не тривалим полем з довжинами хвиль від 1 до 1000 м і більше, що виникає в момент вибуху. При наземному і низькому повітряному вибухах вплив від ураження ЕМІ спостерігається на відстані до кількох кілометрів від епіцентру вибуху [39].

ЕМІ здатний викликати потужні імпульси струмів і напруг у проводах і кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізацій, управління, електропередачі, в антенах радіостанцій. Вплив ЕМІ може призвести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаних з великими антенами чи відкритими проводами, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, зазвичай без необоротних змін.

Для найбільш важливих пристроїв треба застосовувати заходи захисту та підвищувати їх стійкість до ЕМІ. Ступінь ушкодження залежить в основному від амплітуди наведеного імпульсу напруги чи струму і електричної міцності обладнання. Особливо схильна до впливу ЕМІ радіоелектронна апаратура, виконана на напівпровідникових та інтегральних системах, працюючих на малих струмах і напругах і, чутливих до впливу зовнішніх електричних і магнітних полів.

ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем радіоапаратури, викликає коротке замикання в радіопристроях, іонізацію діелектриків, спотворює або повністю стирає магнітний запис, позбавляє пам'яті ЕОМ.

Інженерно-технічні заходи мають забезпечити підвищену стійкість виробничих споруд, технологічних ліній, устаткування, комунікацій об'єкта до

впливу уражаючих факторів під час надзвичайних ситуацій. При проведенні цих заходів необхідно враховувати конкретні умови підприємства. Проте є загальні організаційні інженерно-технічні заходи, які мають проводитись на всіх об'єктах.

Захистити цінне і унікальне устаткування можна завдяки проведенню інженерно-технічних заходів, щоб зменшити небезпеку пошкодження і руйнування цінного й унікального устаткування, комп'ютерної техніки, станків з програмним керуванням, шліфувальних, токарних, розточних, зубофрезерних, пресових станків, автоматичних конвеєрних ліній та іншого устаткування. Варіантами такого захисту є розміщення зазначеного устаткування в заглиблених приміщеннях, а також використання спеціальних захисних пристосувань, закріплення станків на фундаментах, застосування контрфорсів для підвищення стійкості проти перекидання обладнання [39].

Створення резерву енергетичних потужностей за рахунок автономних пересувних електростанцій, а також місцевих джерел електроенергії. Підготовка автономних електростанцій до роботи за спеціальним режимом (графіком) для забезпечення технологічних процесів виробництва, для яких неможливі тривалі перерви в електропостачанні. З метою попередження аварій на електричних мережах необхідно установити автоматичну систему відключення при виникненні перенапруги.

Повітряні лінії електропостачання замінити на підземно-кабельні. Створення необхідних запасів (резервів) паливно-мастильних матеріалів та інших видів палива й організація їх безпечного зберігання. Щоб не допустити зупинки підприємства через дефіцит палива, необхідно підготуватись для роботи на різних видах палива: нафта, вугілля, газ.

В загальному, методи і засоби захисту від електромагнітних полів можна умовно розділити на інженерно-технічні, організаційні та лікувально-профілактичні. Згідно зі встановленою процедурою, захист людини від такого небезпечного впливу повинен здійснюється такими способами [40]:

- зменшення випромінювання від джерела;
- екранування джерела випромінювання та робочого місця;

– встановлення санітарно-захисної зони.

Залежно від джерел випромінювання та того, де саме вони знаходяться – ззовні чи в середині приміщення, можна оптимально підібрати захист від ЕМП. Якщо джерело забруднення електромагнітним випромінюванням знаходиться ззовні приміщення (трансформатора підстанція чи електрощитова, вишка стільникового зв'язку, тощо), надійним засобом захисту від електромагнітного випромінювання у цьому випадку є спеціально розроблена для захисту від ЕМП екрануюча сітка. Цю сітку кріплять до стіни за допомогою спеціального клею, що також має екрануючі властивості. Сітка забезпечує захист від ЕМП високих частот та від малих електричних полів, сітка потребує заземлення.

Якщо ж джерело ЕМП знаходиться в середині приміщення, оптимальним засобом захисту від електромагнітного випромінювання є екрануюча фарба.. Вона не токсична, відтак, придатна до використання як в середині приміщення, так і ззовні.

Окрім функції захисту від електромагнітного випромінювання, ці засоби можна також використовувати і для захисту даних з комп'ютерних мереж та комп'ютерів. Окрім того, захист офісу від ЕМП ззовні дасть можливість заблокувати зовнішні мережі WiFi, та захистити від проникнення ззовні власну мережу WiFi, що актуально для офісів, розміщених у великих офісних центрах.

4.3. Висновки до розділу 4

В даному розділі описані актуальні питання щодо безпеки в надзвичайних ситуаціях та охорони праці. Була опрацьована інформація стосовно вимог з охорони праці і техніки безпеки, пожежної та електробезпеки. Також, розглянуте питання щодо впливу електромагнітного імпульсу на функціонування обладнання на основі IoT технологій та заходи захисту.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі були розроблені та досліджені методи і засоби виявлення падіння осіб похилого віку на основі IoT технологій. Проведене дослідження дозволило досягти поставлених завдань та зробити такі висновки:

1. Проведено аналіз наукових досліджень у сфері виявлення падінь осіб похилого віку та визначено ключові проблеми та виклики, встановлено, що більшість існуючих рішень мають обмеження у точності роботи через хибні спрацьовування або складність апаратної реалізації.

2. Розроблено метод виявлення падіння на основі аналізу даних із сенсорів з використанням IoT-технологій, що дозволяє враховувати як кінематичні параметри руху, так і механічні впливи для підвищення точності виявлення падінь.

3. Розроблено апаратну реалізацію IoT-системи для виявлення падінь людини, створено прототип пристрою на базі мікроконтролера ESP32, що включає датчик руху, вібрації, GPS-модуль.

4. Створено алгоритм обробки даних, який забезпечує високу точність виявлення падінь і мінімізацію хибних спрацьовувань завдяки інтеграції даних з різних датчиків для аналізу руху і обробці сигналів за допомогою порогових значень.

5. Розроблено ПЗ для мікроконтролера ESP32 з інтеграцією хмарної платформи для моніторингу та оповіщення, створено функціонал для передачі даних про стан користувача на веб-інтерфейс IoT-платформи, а також надсилання сповіщень на смартфон у разі падіння.

6. Проведено тестування прототипу системи для перевірки її функціональних можливостей і оцінки точності роботи, пристрій коректно інтегрується з хмарною платформою і забезпечує оперативне сповіщення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Куляс І., Паламар А. Використання технологій інтернету речей для моніторингу стану здоров'я осіб похилого віку в умовах сталого розвитку суспільства. Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції учених та студентів «Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 28-29 листопада 2024 року), Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 114-115.

2. Паламар А., Куляс І., Тимошенко Ю. Розробка комп'ютеризованої IoT-системи для підтримки безпеки людей похилого віку. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XIII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року), Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С. 417.

3. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Програма та методичні рекомендації з проходження практики за тематикою кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ. 2024. 45 с.

4. Луцик Н.С., Луцків А.М., Осухівська Г.М., Тиш Є.В. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи магістра для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання. Тернопіль. 2024. 44 с.

5. Варавін А.В., Лещишин Ю.З., Чайковський А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Дослідження і проєктування комп'ютерних систем та мереж» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 32 с.

6. Лазарева О.Б., Шевчук Ю.Б. Фактори ризику падінь у розробленні стратегій втручання ерготерапевта для осіб похилого та старечого віку. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія, № 2, 2021. С. 127-132.

7. Karar M.E., Shehata H.I., Reyad O. A survey of IoT-based fall detection for aiding elderly care: Sensors, methods, challenges and future trends. *Applied Sciences*. 12(7). 2022 3276.
8. Radmanesh E., Delrobaei M., Habachi O., Chamani S., Pousset Y., Meghdadi V. A wearable IoT-based fall detection system using triaxial accelerometer and barometric pressure sensor. In *Ubiquitous Networking: 5th International Symposium*. 2020. P. 158-170.
9. Nooruddin S., Islam M.M., Sharna F. A. An IoT based device-type invariant fall detection system. *Internet of Things*. Vol. 9. 2020. 100130.
10. Yacchirema D., De Puga J.S., Palau C., Esteve M. Fall detection system for elderly people using IoT and big data. *Procedia computer science*. Vol. 130. 2018. P. 603-610.
11. Ribeiro O., Gomes L., Vale Z. IoT-based human fall detection system. *Electronics*. 11(4). 2022. 592.
12. Wang G., Li Q., Wang L., Zhang Y., Liu Z. Elderly fall detection with an accelerometer using lightweight neural networks. *Electronics*. 8(11). 2019. P. 1354.
13. Gia T. N., Sarker V. K., Tcareenko I., Rahmani A. M., Westerlund T., Liljeberg P., Tenhunen H. Energy efficient wearable sensor node for IoT-based fall detection systems. *Microprocessors and Microsystems*. Vol. 56. 2018. P. 34-46.
14. Alhimale L., Zedan H., Al-Bayatti A. The implementation of an intelligent and video-based fall detection system using a neural network. *Applied Soft Computing*. Vol. 18. 2014. P. 59-69.
15. Gupta A., Srivastava R., Gupta H., Kumar B. IoT based fall detection monitoring and alarm system for elderly. In *2020 IEEE 7th Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering*. 2020. P. 1-5.
16. Паламар А.М., Сомін Д.С. Комп'ютеризована система моніторингу рівня насичення киснем крові людини на основі ІоМТ. *Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології»*, Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 177.

17. Stadnyk M., Palamar A. Project management features in the cybersecurity area. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 106, No 2. P. 54–62.
18. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
19. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.
20. Palamar A., Karpinsky M., Vodovozov V. Design and Implementation of a Digital Control and Monitoring System for an AC/DC UPS. 7th International Conference-Workshop «Compatibility and Power Electronics» (CPE 2011), June 1-3, 2011. P. 173–177.
21. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.
22. Palamar A., Karpinsky M. Control of an Uninterruptible Power Supply in a DC Microgrid System. 10th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 10-15, 2011), Pärnu, Estonia, 2011. P. 80-84.
23. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 98, No 2. P. 129–136.
24. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 11-16, 2010), Pärnu, Estonia, 2010. P. 54-61.

25. Погребенник В.Д., Клим Г.І., Бордун І.М., Пташник В.В., Паламар А.М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.

26. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 99, No 3. P. 133–141.

27. Паламар М., Пастернак Ю., Паламар А. Дослідження динамічних похибок системи прецизійного керування антеною з асинхронним електроприводом. Вісник ТНТУ, Тернопіль: ТНТУ, 2014. Вип. 76, № 4. С. 164–173.

28. Паламар А.М., Купратий І.Г. Система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі інтернету медичних речей. Матеріали Х науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 85.

29. Palamar A., Palamar M. Fire Safety Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2023. 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023), Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. Vol. 3468. P. 164-172.

30. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.

31. Voloskyi V., Leshchyshyn Y., Romanysheyn N., Palamar A., Tarasenko L. Method and algorithm for efficient cell balancing in the lithium-ion battery control system. CEUR Workshop Proceedings, The 1st International Workshop on Bioinformatics and Applied Information Technologies (BAIT 2024), Zboriv, Ukraine, October 02-04, 2024. Vol. 3842. P. 258-267.

32. Palamar A., Stadnyk M., Palamar M. Adaptive PID regulation method of uninterruptible power supply battery charge current based on artificial neural network. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 107, No 3. P. 5–13.

33. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.

34. Palamar M., Horyn T., Palamar A., Batuk V. Method of calibration MEMS accelerometer and magnetometer for increasing the accuracy determination angular orientation of satellite antenna reflector. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 108, No 4. P. 79–88.

35. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

36. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 551 с.

37. Желібо Є. П., Сагайдак І. С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для аудиторної та практичної роботи. К.:ЕКОМЕН. 2011. 200 с.

38 Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка". 2010. 417с.

39. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.

40. Навчальний посібник «Техноекоекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.

Додаток А

Тези конференцій

Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя, Україна
Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна
Вінницький національний аграрний університет, Україна
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна
Донецький національний університет імені Василя Стуса, Україна
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, Україна
Аграрний університет ім. Гуго Коллонтая (Краків, Польща)
Економічний університет в Кракові, Польща
Варшавський Політехнічний Університет, Польща
Ягеллонський університет (Краків, Польща)
Вища школа бізнесу (Домброва Гурніча, Польща)

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

V міжнародної науково-практичної конференції
учених та студентів
**«ЦИФРОВА ЕКОНОМІКА ЯК ФАКТОР
ІННОВАЦІЙ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ
СУСПІЛЬСТВА»**

28-29 листопада 2024 року



ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА 2024

V міжнародна науково-практична конференція учених та студентів	
«Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства»	
	28-29 листопада 2024 р.

В.В. Мазур ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ: МОЖЛИВОСТІ ТА ВИКЛИКИ	96
Н.О. Мельник ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ AGILE В БІЗНЕСІ	99
Д. П. Саулко МЕТОДИКА СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТКУ «СМАРТ» ПРОМІСЛОВОСТІ В АПК	101
І.І. Черній ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ, ТЕРИТОРІАЛЬНОЮ ГРОМАДОЮ ТА ДЕРЖАВОЮ	103
О. О. Гарматюк, А. Т. Горохівський МЕНЕДЖМЕНТ В СТОМАТОЛОГІЇ: ІНТЕГРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ	105
В.Кіцак ФІНАНСОВО-ЕКОНОМОГІЧНИХ АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ДЕРЖАВНОГО БАНКУ АТ ОЦАДБАНК В УМОВАХ ЗОВНІШНІХ ЗАГРОЗ	106
Т.Черкас РЕЙТИНГОВЕ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ	109

Секція 5. Інноваційний розвиток економічних систем в умовах цифрової економіки

Б. М. Андрушків, О. Б. Бойко, Н. А. Боярчук, П. В. Якимук ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЮ ЗА РЕАЛІЗАЦІЄЮ СТРАТЕГІЇ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ГОСПОДАРСЬКО-ФІНАНСОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗЕРНОВИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ (Аспекти використання цифровізації та роль засобів комп'ютерного моделювання у формуванні повоєнних, Про Європейських перспектив розвитку переробної галузі)	111
І.І. Куляс, А.М. Паламар ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ОСІБ ПОХИЛОГО ВІКУ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА	114
О. В. Клювак, О. В. Грендус АНАЛІЗ РІВНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОБМІНУ МИТТЄВИМИ ПОВІДОМЛЕННЯМИ	116
Ю.С. Гарбич, Р.М.Рогатинський AGILE - ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ БІЗНЕСОМ ТА ПРОЕКТАМИ	119
В.Р.Фецак LEAN-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ	121

УДК 681.518.3

I.I. Куляс, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти

А.М. Паламар, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ОСІБ ПОХИЛОГО ВІКУ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА

I. Kulias, the 2nd (master's) level of higher education applicant

A. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof.

Тernopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

USING INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES FOR HEALTH MONITORING OF ELDERLY PEOPLE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE SOCIETAL DEVELOPMENT

Сучасний розвиток цифрових технологій створює нові можливості для підвищення якості життя населення, особливо людей похилого віку. Однією з найбільш актуальних проблем є моніторинг їхнього стану здоров'я, адже з віком зростає ймовірність падінь, загострень хронічних захворювань та інших небезпечних для життя ситуацій. Інтернет речей (IoT) надає можливість створювати комплексні системи спостереження, які забезпечують оперативну передачу інформації про стан здоров'я пацієнта до медичного персоналу чи родичів [1]. Ці рішення є важливим інструментом у розвитку цифрового суспільства і сприяють сталому розвитку шляхом покращення охорони здоров'я.

На сьогодні існує безліч технологій для моніторингу стану здоров'я осіб похилого віку [2], проте більшість із них потребують покращення точності та швидкості виявлення критичних ситуацій та можливості передачі даних у реальному часі [3]. Окрім цього, актуальною є потреба у створенні доступних та енергоефективних рішень, що могли б інтегруватися у сучасне цифрове середовище для зручного використання. Мета даного дослідження – розробити IoT-систему для моніторингу стану здоров'я осіб похилого віку, яка забезпечуватиме швидке виявлення потенційно небезпечних подій та інформування відповідних осіб у реальному часі.

Запропонована система побудована на основі IoT-платформи з використанням мікроконтролера ESP32, акселерометра, гіроскопа та сенсора вібрації (рис. 1). Така комбінація давачів дозволяє фіксувати рухи користувача та визначати, чи відбулося падіння або інша критична подія. Дані з акселерометра та гіроскопа зчитуються у реальному часі і передаються на сервер, де обробляються за допомогою алгоритму, який визначає тип руху користувача. За потреби система формує сповіщення, яке надсилається медичним працівникам або родичам через мобільний додаток або веб-інтерфейс, тим самим дозволяючи швидко реагувати на небезпечні ситуації.

Система також включає GPS-модуль, що надає можливість визначення місцезнаходження користувача у разі виникнення критичної ситуації. Інформація про місце розташування та дані сенсорів передаються у хмару, що дає змогу зберігати історію активності користувача та забезпечувати до неї доступ у будь-який час. Окрім цього, система обладнана OLED-дисплеєм, який інформує користувача про поточний статус підключення до мережі, рівень заряду та інші показники, що підвищує комфорт у користуванні.

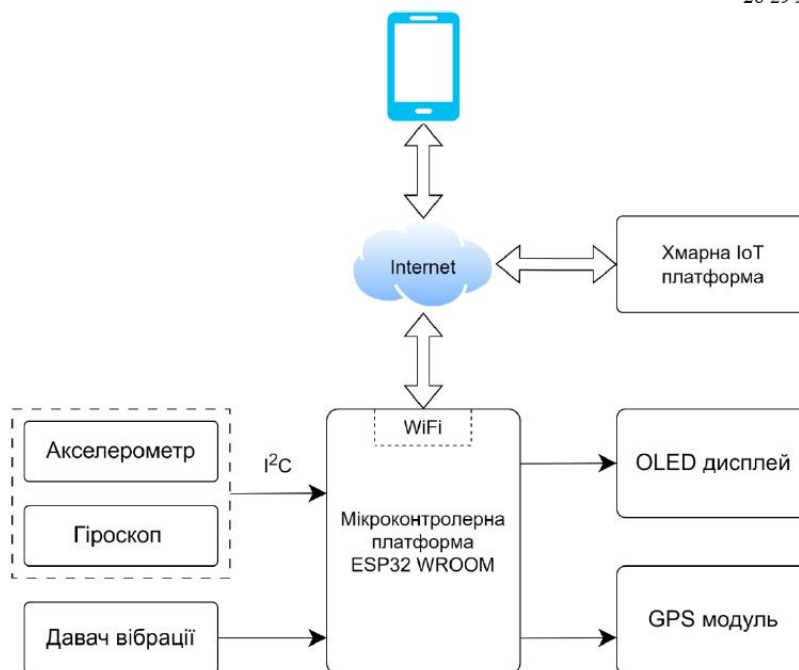


Рис. 1. Структурна схема IoT системи для виявлення падіння

Серед основних переваг запропонованої системи слід відзначити її доступність, компактність та енергоефективність. Використання стандартних компонентів IoT дозволяє забезпечити високу мобільність та низьке енергоспоживання, що є важливим для портативних пристроїв. Завдяки використанню GPS-модуля система підвищує рівень безпеки користувача, а наявність веб-інтерфейсу та мобільного додатка спрощує процес моніторингу і дає змогу контролювати стан здоров'я в реальному часі.

Таким чином, розроблена система для моніторингу стану здоров'я осіб похилого віку на основі технологій інтернету речей є ефективним інструментом для покращення безпеки користувачів. Вона дозволяє оперативно реагувати на критичні ситуації, забезпечує зручність користування та підтримує концепцію сталого розвитку через впровадження інноваційних технологій у систему охорони здоров'я.

Література

1. Паламар А.М., Сомін Д.С. Комп'ютеризована система моніторингу рівня насичення киснем крові людини на основі IoMT. *Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя* (Тернопіль, 13-14 грудня 2023 року), Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 177.
2. Купратий І.Г., Паламар А.М. Комп'ютерна система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів. *Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів* (Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року), Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. С. 142.
3. Паламар А.М., Купратий І.Г. Система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів на основі інтернету медичних речей. *Матеріали X науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя* (Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року), Тернопіль: ТНТУ, 2022. С. 85.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
11-12 грудня 2024 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2024

11. **Nadiia SKLIAROVA, Tymophii LANEVYCH** **408**
DEVELOPMENT AND MANAGEMENT STRATEGIES FOR THE ADMIN WEBSITE
12. **А. В. Островський, Р. І. Корольок** **409**
ДОСЛІДЖЕННЯ ДАВАЧІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ РОЄВОГО СТАНУ
БДЖОЛОСІМ'І
13. **А. Луцків, А. Люлька** **410**
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ БЕЗПЕРЕРВНОГО ХЕШУВАННЯ У ПЛАНУВАННІ
ВИКОНАННЯ ПОСЛІДОВНИХ ПРОЦЕСІВ
14. **А.В. Зінченко** **411**
ТЕЛЕРАДІОЛОГІЯ ЯК НЕВІДЄМНА СКЛАДОВА ТЕЛЕМЕДИЦИНИ
15. **А.Є. Олексяк; В.М. Семисюк, В.В. Левицький** **413**
ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ
16. **А.М. Ковтко; В.Б. Савків, І.Р. Козбур** **415**
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМИ ГЕНЕРАЦІЇ МОДУЛЬНИХ ТЕСТІВ НА ОСНОВІ
ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МУТАЦІЙНОГО ТЕСТУВАННЯ
17. **А.М. Паламар, І.І. Куляс, Ю.О. Тимошенко** **417**
РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІОТ-СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ БЕЗПЕКИ
ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ
18. **А.М. Паламар, О.Р. Вергун, М.Р. Франків** **418**
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІОТ-СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ІОНІЗУЮЧОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ
19. **О.В. Палка** **419**
ІНФОРМАЦІЙНІ ПАНЕЛІ ЯК ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ
ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ КРІ У РОЗУМНОМУ МІСТІ
20. **А.С. Луговий, Є.В. Тиш** **420**
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РОБОТИ ETL-ПРОЦЕСІВ В УМОВАХ ВИСОКИХ
НАВАНТАЖЕНЬ
21. **Башняк В.Т., Дунець В.І** **421**
ДОСЯГНЕННЯ ТА ВИКЛИКИ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ БЕЗПЛОТНИКІВ
22. **В.А. Готович, Д.В. Граб** **424**
АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧІ РОЗРОБКИ МОДУЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ
УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЄКТАМИ
23. **В.А. Готович, В.С. Бондаренко** **426**
АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАДАЧІ РОЗРОБКИ ДОДАТКУ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЇ ПІД
МОБІЛЬНІ ПРИСТРОЇ НА БАЗІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANDROID
24. **В.А. Лабчук** **428**
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ОБРОБКИ ДАНИХ У PLINQ В
ПОРІВНЯННІ З LINQ ДЛЯ РІЗНИХ РОЗМІРІВ ВХІДНИХ ДАНИХ
25. **В.Г. Хомишин** **430**
ЗАХИСТ ASP.NET CORE ВЕБ-ДОДАТКІВ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ SQL-КОДУ
26. **В.З. Шеремета, Р.О. Жаровський** **432**
МЕТОДИ І ІНСТРУМЕНТИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-ДОДАТКІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ SPRING BOOT
27. **В.З. Шеремета, Р.О. Жаровський** **434**
ВИКОРИСТАННЯ SPRING BOOT ТА ІНТЕГРАЦІЯ ДРУГОРЯДНИХ
ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ВЕБ-ДОДАТКІВ

УДК 681.518.3

А.М. Паламар, канд. техн. наук, доц.; І.І. Куляс; Ю.О. Тимошенко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІОТ-СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ БЕЗПЕКИ ЛЮДЕЙ ПОХИЛОГО ВІКУ

A.M. Palamar, Ph.D, Assoc. Prof.; I.I. Kulias; Y.O. Tymoshenko

DEVELOPMENT OF A COMPUTERIZED IOT SYSTEM TO SUPPORT THE SAFETY OF THE ELDERLY

Падіння є однією з головних причин травм серед осіб похилого віку, що часто призводить до серйозних наслідків для здоров'я, таких як переломи чи черепно-мозкові травми. Традиційні засоби виявлення падінь включають кнопки тривоги, які потрібно натиснути після падіння, але у випадку серйозної травми або втрати свідомості людина може не мати можливості повідомити про небезпеку самостійно. Крім того, деякі рішення вимагають носіння важких пристроїв, що є незручним для користувачів.

Сучасні технології на основі Інтернету речей (IoT) відкривають нові можливості для реалізації комп'ютеризованих систем виявлення падінь, що здатні реагувати на небезпечні ситуації і забезпечувати швидке інформування медичних служб або рідних. Такі системи дозволяють проводити моніторинг здоров'я користувача та своєчасно повідомляти про критичні події, що робить їх важливим інструментом для забезпечення безпеки осіб похилого віку. Технології на основі IoT [1] надають можливість створити легкі та зручні у використанні системи, які здатні автоматично розпізнавати факт падіння, фіксувати дані про стан користувача, та безперервно моніторити його активність без потреби в активних діях з його боку. Метою даного дослідження є розробка комп'ютеризованої системи, яка базується на сучасних IoT-технологіях для автоматичного виявлення падінь людини та відправлення сповіщень.

Пропонована система складається з декількох основних компонентів, зокрема, модуля для збирання даних (акселерометр, гіроскоп і давач вібрації), Wi-Fi модуля ESP32 для зв'язку через інтернет. Модуль з акселерометром і гіроскопом використовується для фіксації раптових змін положення тіла користувача. Давач вібрації забезпечує додатковий рівень надійності при розпізнаванні падінь, оскільки він активується при різкому ударі. Модуль ESP32 виконує функцію комунікації та відправки даних на сервер, де вони аналізуються спеціальними алгоритмами.

Принцип роботи системи полягає у безперервному зборі даних з давачів та їх аналізі для виявлення можливого падіння. У разі, якщо виявлено падіння, система відправляє повідомлення на зареєстровані контактні дані – наприклад, на смартфон лікаря або близьких родичів, використовуючи мобільний додаток.

У результаті проведення даного дослідження була розроблена та протестована комп'ютеризована система для виявлення падінь, яка дозволяє проводити безперервний моніторинг та своєчасно інформувати про небезпечні події, що робить її зручною та надійною у використанні. Поеднання IoT-технологій з комплексом давачів надає нові можливості для створення високотехнологічних систем захисту здоров'я, зокрема, для віддаленого моніторингу стану осіб, які потребують постійної уваги та підтримки.

Література

1. Паламар А.М., Сомін Д.С. Комп'ютеризована система моніторингу рівня насичення киснем крові людини на основі ІоМТ. Матеріали XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль: ТНТУ, 2023. С. 177.