

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*бакалавр*

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютерна система дистанційного виявлення присутності  
людей на основі технологій радіолокаційного сканування*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-42

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

*Фалінський А.В.*

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

*Осухівська Г.М.*

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

*Тих С.В.*

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

*Осухівська Г.М.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

*Млинко Б.Б.*

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«24» квітня 2026 р

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Фалінському Арсену Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування

Керівник роботи Осухівська Галина Михайлівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» квітня 2026 року № 4/9-188

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

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

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

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

1. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання системи



## АНОТАЦІЯ

Фалінський А.В. Комп'ютерна система дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування : робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026.

Ключові слова: радіолокаційне сканування, виявлення присутності людини, комп'ютерна система, безконтактні сенсори, IoT-платформа, дистанційний моніторинг.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування. Актуальність роботи зумовлена зростаючою потребою у безконтактних засобах моніторингу присутності людей у системах безпеки, «розумних» будівлях та автоматизованих системах керування.

У першому розділі виконано аналіз технічного завдання, сформульовано основні функціональні вимоги до системи, а також проведено огляд сучасних аналогів і існуючих технічних рішень у сфері радіолокаційного виявлення присутності людини. На основі аналізу визначено переваги та обмеження відомих підходів.

Другий розділ присвячено розробці апаратного забезпечення системи. Розроблено структурну схему та електричну принципову схему пристрою, а також обґрунтовано вибір елементної бази, зокрема радіолокаційного сенсора, мікроконтролера та допоміжних компонентів.

У третьому розділі розроблено алгоритм функціонування системи, створено програмне забезпечення для обробки даних, реалізовано інтеграцію з IoT-платформою для віддаленого моніторингу та виконано тестування працездатності розробленої системи в різних режимах роботи.

## ANNOTATION

Falinskyi A.V. Computer System for Remote Human Presence Detection Based on Radar Scanning Technologies. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2026.

Keywords: radar scanning, human presence detection, computer system, contactless sensors, IoT platform, remote monitoring.

The qualification work is devoted to the development of a computer system for remote human presence detection based on radar scanning technologies. The relevance of the work is determined by the growing demand for contactless human presence monitoring solutions in security systems, smart buildings, and automated control systems.

The first section analyzes the technical requirements, formulates the main functional system requirements, and provides a review of existing analogs and modern technical solutions in the field of radar-based human presence detection. Based on this analysis, the advantages and limitations of existing approaches are identified.

The second section focuses on the development of the system hardware. A structural diagram and an electrical schematic diagram of the device are designed, and the selection of the component base, including the radar sensor, microcontroller, and auxiliary components, is substantiated.

The third section presents the development of the system operation algorithm, the implementation of software for data processing, integration with an IoT platform for remote monitoring, and testing of the developed system under various operating conditions.

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи виявлення присутності людей ...	10
1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи виявлення присутності людей.....	12
1.3 Огляд існуючих засобів для виявлення присутності людей.....	13
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	17
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА .....	19
2.1 Структура системи дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування.....	19
2.2 Апаратне забезпечення комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей .....	21
2.2.1 Опис модуля ESP32-CAM .....	21
2.2.2 Опис давача присутності людини LD2410C .....	23
2.2.3 Опис давача руху HC-SR501.....	26
2.2.4 Опис модуля з RGB світлодіодами WS2812 .....	28
2.2.5 Опис давача освітленості BH1750.....	31
2.3 Опис електричної принципової схеми системи дистанційного виявлення присутності людей .....	33
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	36
3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного виявлення присутності людей.....	36
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	39
3.2.1 Ініціалізація апаратних модулів та запуск системи.....	39
3.2.2 Реалізація основного циклу обробки даних та реагування системи.....	40
3.2.3 Обробка даних радіолокаційного давача присутності LD2410.....	42
3.2.4 Керування світлодіодною індикацією системи.....	43

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Фалінський А.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>			5	76	
<i>Рецензент</i>		<i>Млинко Б.Б.</i>			<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
					<i>Комп'ютерна система дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування</i>		

3.2.5 Реалізація передавання зображень через Telegram.....	44
3.3 Створення та налаштування Telegram бота для реалізації системи дистанційного виявлення присутності людей.....	45
3.4 Результати моделювання та тестування системи .....	47
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	51
4.1 Надзвичайні ситуації: визначення, причини, класифікація.....	51
4.2 Вплив електромагнітних полів на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал.....	54
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг програми	

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

IoT – Internet of Things

FMCW – Frequency Modulated Continuous Wave

PIR – Passive Infrared Sensor

RGB – Red Green Blue

UART – Universal Asynchronous Receiver Transmitter

БД – база даних

ДО – давач освітленості

ДПР – давач присутності радіолокаційний

ІЧ – інфрачервоний

КСВПЛ – комп'ютерна система виявлення присутності людей

МС – мікроконтролерна система

РЛС – радіолокаційна система

СРЛС – система радіолокаційного сканування

ЦОС – цифрова обробка сигналів

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Стрімкий розвиток інформаційних технологій, систем автоматизації та концепції Інтернету речей зумовлює зростання вимог до засобів моніторингу присутності людей у різноманітних середовищах – житлових, виробничих, громадських та об'єктах критичної інфраструктури. Традиційні методи виявлення присутності, зокрема відеоспостереження, інфрачервоні та ультразвукові сенсори, мають низку обмежень, пов'язаних із залежністю від умов освітлення, наявності прямої видимості, впливу перешкод, а також питаннями конфіденційності. Тому актуальною є задача створення безконтактних, надійних і енергоефективних систем, здатних забезпечувати стабільне виявлення присутності людини незалежно від зовнішніх факторів.

Перспективним напрямом розв'язання зазначеної проблеми є застосування технологій радіолокаційного сканування, які дозволяють фіксувати присутність і рух людини навіть за наявності перешкод та без використання оптичних засобів. Поєднання радіолокаційних сенсорів із мікроконтролерними платформами та IoT-технологіями відкриває можливості для побудови розподілених систем дистанційного моніторингу з централізованим збором, зберіганням і візуалізацією даних.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей з використанням технологій радіолокаційного сканування.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно розв'язати такі задачі:

- проаналізувати технічне завдання та сформулювати вимоги до проєктованої системи;
- виконати огляд існуючих аналогів і технічних рішень у сфері радіолокаційного виявлення присутності людини;
- розробити структурну схему комп'ютерної системи та електричну принципову схему апаратної частини;

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обґрунтувати вибір елементної бази системи;
- розробити алгоритм функціонування системи;
- реалізувати програмне забезпечення для збору та обробки даних;
- виконати інтеграцію розробленої системи з платформою Telegram;
- провести тестування та оцінити працездатність і ефективність розробленої системи.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 1.1 Огляд та аналіз сфер застосування системи виявлення присутності людей

Сучасний розвиток комп'ютерних систем моніторингу та керування нерозривно пов'язаний із впровадженням безконтактних технологій збору інформації про присутність людини в контрольованих зонах. Зростання масштабів автоматизації будівель, підвищення вимог до безпеки та енергоефективності, а також активний розвиток Інтернету речей зумовлюють потребу в надійних засобах виявлення присутності людей, які не залежать від умов освітлення, прямої видимості та не порушують приватність користувачів. У цьому контексті комп'ютерні системи на основі радіолокаційного сканування набувають все більшої практичної значущості.

Однією з основних сфер застосування розроблюваної системи є системи безпеки та охорони об'єктів. Використання радіолокаційних сенсорів дозволяє виявляти присутність людини в приміщеннях або на закритих територіях без необхідності встановлення відеокамер, що є особливо важливим у зонах з підвищеними вимогами до конфіденційності. На відміну від пасивних інфрачервоних датчиків, радіолокаційні рішення забезпечують стабільну роботу в умовах перепадів температури, наявності диму або пилу, що підвищує надійність систем охоронної сигналізації.

Вагомою сферою застосування є автоматизація та інтелектуальне керування будівлями. У системах «розумного дому» та «розумних» офісів інформація про присутність людей використовується для оптимізації освітлення, опалення та кондиціонування повітря. Радіолокаційні системи дозволяють не лише визначати факт присутності, але й фіксувати мінімальні рухи людини, що дає змогу уникнути помилкових спрацювань і підвищити комфорт користувачів. Інтеграція таких

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Фалінський А.В.</i>			<i>Аналіз технічного завдання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					<i>10</i>	<i>9</i>
<i>Рецензент</i>		<i>Млинко Б.Б.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

систем з IoT-платформами забезпечує централізований моніторинг та керування інженерними системами будівлі.

Перспективним напрямом використання комп'ютерної системи є контроль доступу та облік присутності в адміністративних і виробничих приміщеннях. На відміну від карткових або біометричних систем, радіолокаційне виявлення не потребує активних дій з боку користувача та дозволяє здійснювати пасивний моніторинг заповненості приміщень. Це може бути використано для аналізу завантаженості робочих зон, оптимізації використання простору та підвищення рівня безпеки.

Також доцільним є застосування таких систем у промисловості та на об'єктах критичної інфраструктури. У виробничих цехах, складських приміщеннях і технічних зонах радіолокаційні сенсори можуть використовуватися для виявлення присутності персоналу в небезпечних зонах та автоматичного запуску захисних механізмів. Стійкість до складних умов експлуатації робить такі системи ефективними в середовищах, де оптичні або контактні методи є малоефективними або ненадійними.

Окрему увагу слід приділити можливостям застосування системи в енергозберігаючих та екологічних рішеннях. Дані про присутність людей можуть використовуватися для динамічного керування споживанням електроенергії та ресурсів, що сприяє зменшенню експлуатаційних витрат і негативного впливу на навколишнє середовище. Передавання даних на IoT-платформу забезпечує накопичення статистичної інформації та можливість подальшого аналізу з використанням методів аналітики.

Отже, аналіз сфер застосування показує, що комп'ютерна система дистанційного виявлення присутності людей на основі радіолокаційного сканування є універсальним та перспективним рішенням, яке може бути використане в широкому спектрі задач. Поєднання безконтактного принципу роботи, високої надійності та можливостей інтеграції з IoT-платформами робить таку систему актуальною для сучасних інформаційно-керуючих комплексів.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Аналіз вимог до комп'ютерної системи виявлення присутності людей

Враховуючи специфіку задачі, проєктована система повинна забезпечувати надійне безконтактне виявлення присутності людини в контрольованій зоні з мінімальною залежністю від зовнішніх умов та з можливістю інтеграції в сучасні інформаційні середовища.

Першочерговими є функціональні вимоги, які передбачають автоматичний збір даних з радіолокаційного сенсора, їх первинну обробку та формування результатів щодо наявності або відсутності людини. Система повинна працювати в реальному часі або з визначеною періодичністю оновлення даних, забезпечуючи стабільність показників і зменшення кількості хибних спрацювань. Важливою вимогою є коректна робота при наявності перешкод, змін температури та освітленості, що є типовими умовами експлуатації в приміщеннях різного призначення.

Значну увагу необхідно приділити вимогам до апаратної частини системи. Вибір мікроконтролерної платформи повинен забезпечувати достатню обчислювальну потужність для обробки сигналів, підтримку необхідних інтерфейсів та низьке енергоспоживання. Радіолокаційний сенсор має відповідати вимогам щодо дальності виявлення, чутливості та стабільності роботи. Також важливою є можливість автономного живлення та компактність апаратного модуля, що розширює сфери застосування системи.

Окрему групу становлять вимоги до програмного забезпечення. Програмна частина повинна бути модульною, масштабованою та забезпечувати простоту оновлення. Алгоритми обробки даних мають бути оптимізованими для роботи на обмежених апаратних ресурсах, забезпечуючи при цьому достатню точність і швидкодію. Крім того, програмне забезпечення повинно підтримувати механізми діагностики та контролю стану системи.

Важливою вимогою є забезпечення надійного обміну даними з IoT-платформою. Система повинна підтримувати стандартні протоколи передавання даних, забезпечувати захист інформації та стабільний зв'язок у мережі. Це

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє реалізувати віддалений моніторинг, зберігання та аналіз даних у хмарному середовищі.

Загалом, комп'ютерна система повинна поєднувати надійність, гнучкість, енергоефективність і сумісність із IoT-технологіями, що визначає основні напрями її подальшого проєктування та реалізації.

### 1.3 Огляд існуючих засобів для виявлення присутності людей

Сфера виявлення присутності людей включає широкий спектр технічних рішень, що застосовуються в системах безпеки, автоматизації будівель, моніторингу та інших прикладних галузях. Існуючі засоби базуються на різних фізичних принципах: від пасивного аналізу теплового випромінювання до активного радіолокаційного сканування та обробки відеосигналів. Кожне з таких рішень має свої переваги та обмеження, які важливо враховувати при проєктуванні сучасних комп'ютерних систем виявлення присутності.

Одні з найпоширеніших датчиків присутності – пасивні інфрачервоні (PIR) сенсори, які виявляють рух шляхом фіксації зміни теплового випромінювання об'єктів у полі зору (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Пасивний інфрачервоний сенсор

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

PIR-давачі широко застосовуються в системах охоронної сигналізації, автоматичного освітлення та контролю енергоспоживання, оскільки вони прості за реалізацією, недорогі і мають низьке енергоспоживання [1]. Проте вони працюють лише за умови руху джерела тепла та вимагають прямої видимості; у статичних ситуаціях або при повільному русі людини їх ефективність суттєво знижується. Крім того, PIR-давачі чутливі до змін температури навколишнього середовища, що може спричинити хибні спрацювання або пропуски подій.

Інший популярний підхід – мікрохвильові давачі руху та присутності, що є активними пристроями, які випромінюють електромагнітні хвилі та аналізують відбиті сигнали на предмет змін, спричинених рухом об'єктів [2]. Такі давачі можуть «бачити» крізь деякі матеріали (не металеві), що дає їм перевагу над PIR-системами в умовах складної геометрії простору чи перешкод (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Системи виявлення присутності на основі міліметрового мікрохвильового радіолокаційного сканування

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Водночас активний характер роботи таких датчиків призводить до підвищеного енергоспоживання, більшої вартості й потенційної схильності до електромагнітних перешкод, що ускладнює їх використання у системах з автономним живленням. Також через здатність виявляти рух поза наміченою зоною («overshoot») вони можуть формувати хибні спрацьовування від руху у сусідніх приміщеннях, що вимагає ретельного налаштування.

Більш чутливим класом є датчики на основі міліметрового хвильового (mmWave) радіолокаційного сканування, що використовують випромінювання у діапазоні 30–300 ГГц для виявлення руху, присутності та навіть мікрорухів, таких як дихання чи серцебиття [3]. mmWave-технологія дозволяє подолати основні обмеження PIR-датчиків: вона здатна виявляти людей у стані відносного спокою, працювати за перешкодами (наприклад, крізь стіни чи штори) і ефективно діяти незалежно від рівня освітленості (рис. 1.3).

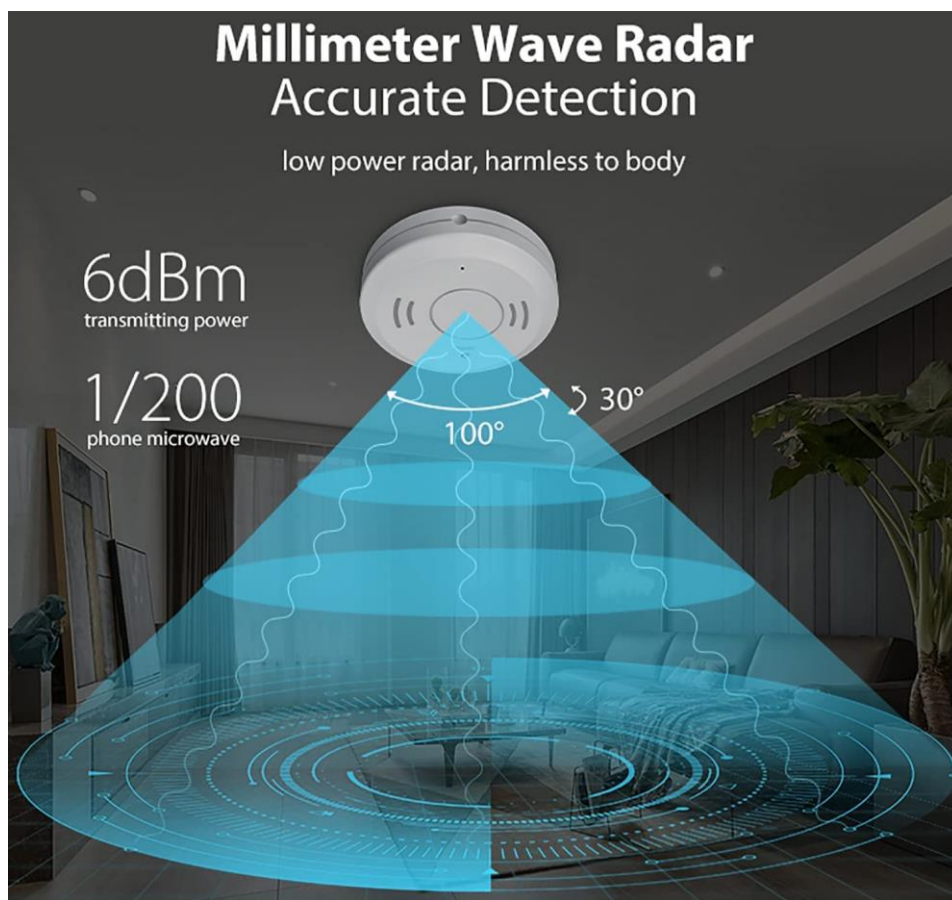


Рисунок 1.3 – Пристрій для виявлення присутності людини на основі міліметрового радіолокатора

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В сучасних системах mmWave-та інші радіолокаційні методи показують гарну якість розпізнавання присутності, дальність дії та стійкість до зовнішніх факторів. Проте вони можуть бути значно дорожчими, технологічно складнішими в реалізації та вимогливими до апаратної платформи й алгоритмів обробки даних, а також споживати більше енергії, що обмежує їх застосування в енергоефективних пристроях без постійного живлення.

Окрім того, на ринку представлені ультразвукові давачі, які використовують високочастотні звукові хвилі для виявлення змін у поверненні сигналу від об'єктів у зоні контролю [4]. Вони можуть працювати незалежно від освітлення та деяких видів перешкод, але їх чутливість сильно залежить від акустичних властивостей середовища; у шумних або складних акустичних умовах результати можуть бути нестійкими.

Класичним, але вже більш ресурсомістким підходом є відеоаналітика з використанням камер у поєднанні з алгоритмами обробки зображення, включно з методами штучного інтелекту та глибинного навчання [5]. Такі системи можуть не лише виявляти присутність людини, а й класифікувати рухи, розпізнавати обличчя та здійснювати складні поведінкові аналізи. Їх точність висока, але вони потребують значних обчислювальних ресурсів, стабільного освітлення або тепловізійного обладнання для роботи в темряві, а також є проблемними з точки зору конфіденційності, енергоспоживання та вартості.

На практиці комерційні давачі присутності часто поєднують кілька технологій для підвищення надійності. Наприклад, на ринку доступні сенсори, що інтегрують PIR та mmWave у одному корпусі, що дозволяє поєднувати низьке енергоспоживання та базове виявлення руху з розширеною здатністю визначати статичну присутність. Такі гібридні рішення демонструють кращу точність і меншу кількість хибних спрацювань, але їхня вартість і складність налаштування відповідно зростають, і вони все ще не позбавлені обмежень при нестабільних умовах середовища чи структурних перешкодах.

У цілому, огляд існуючих засобів для виявлення присутності людей показує, що жодне окреме рішення не є універсальним для всіх сценаріїв застосування: PIR-

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

давачі дешеві але обмежені умовами роботи, активні радіолокаційні рішення чутливі та гнучкі але дорожчі, а відеоаналітика найбільш функціонально багата але високовартісна та ресурсомістка. Такий аналіз підкреслює необхідність вибору або поєднання технологій залежно від конкретних вимог задачі, що і визначає напрямок розробки сучасних комп'ютерних систем виявлення присутності людей з інтеграцією IoT.

#### 1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Поставлене завдання розробки комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей передбачає вибір такого технічного рішення, яке забезпечить надійність, універсальність і можливість інтеграції з сучасними IoT-платформами. Аналіз можливих підходів до реалізації системи доцільно здійснювати з урахуванням фізичних принципів виявлення, апаратної складності, енергоспоживання, вартості та перспектив подальшого розвитку.

Одним із можливих рішень є використання систем на основі пасивних інфрачервоних давачів. Такі системи відзначаються простотою реалізації, низькою вартістю та мінімальним енергоспоживанням, що робить їх привабливими для простих задач автоматизації. Проте їх застосування в межах поставленого завдання є обмеженим, оскільки PIR-давачі не забезпечують надійного виявлення статичної присутності людини, є чутливими до температурних коливань і потребують прямої видимості. Це знижує точність і універсальність системи, особливо в умовах складної конфігурації приміщень.

Іншим підходом є застосування ультразвукових або мікрохвильових давачів руху. Ультразвукові системи можуть працювати незалежно від освітлення, однак їх ефективність залежить від акустичних характеристик середовища, а в шумних умовах можливі хибні спрацьовування. Мікрохвильові давачі мають більшу дальність дії та здатність виявляти рух за перешкодами, але характеризуються підвищеним енергоспоживанням і меншою селективністю зони контролю, що може призводити до спрацьовувань від руху поза цільовою областю.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Перспективним, але водночас складнішим рішенням є використання систем комп'ютерного зору на основі відеокамер. Такі системи забезпечують високу інформативність і можуть виконувати додаткові функції, зокрема підрахунок людей або аналіз поведінки. Однак їх реалізація потребує значних обчислювальних ресурсів, стабільних умов освітлення або застосування тепловізійних камер, а також супроводжується проблемами конфіденційності та високою вартістю. З огляду на ці фактори, відеоаналітика не є оптимальним рішенням для компактної комп'ютерної системи з акцентом на енергоефективність і простоту інтеграції з IoT.

Найбільш обґрунтованим рішенням для поставленого завдання є застосування радіолокаційних технологій, зокрема міліметрового хвильового сканування. Радіолокаційні сенсори здатні виявляти як рухому, так і малорухому або статичну людину, працюють незалежно від освітлення та можуть функціонувати за наявності перешкод. Поєднання таких сенсорів із мікроконтролерною платформою дозволяє реалізувати ефективну обробку сигналів без необхідності використання ресурсомістких обчислень. Недоліками цього підходу є вища вартість сенсорів і складність алгоритмів, однак ці фактори компенсуються значно вищою точністю та універсальністю системи.

Отже, використання радіолокаційного сканування в поєднанні з IoT-технологіями є найбільш доцільним для реалізації комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей. Такий підхід забезпечує оптимальний баланс між функціональністю, надійністю та перспективами подальшого розвитку системи.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>18</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Структура системи дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування

Структурна схема проєктованої системи (рис. 2.1) відображає взаємозв'язки між основними функціональними блоками та демонструє загальний принцип її роботи.

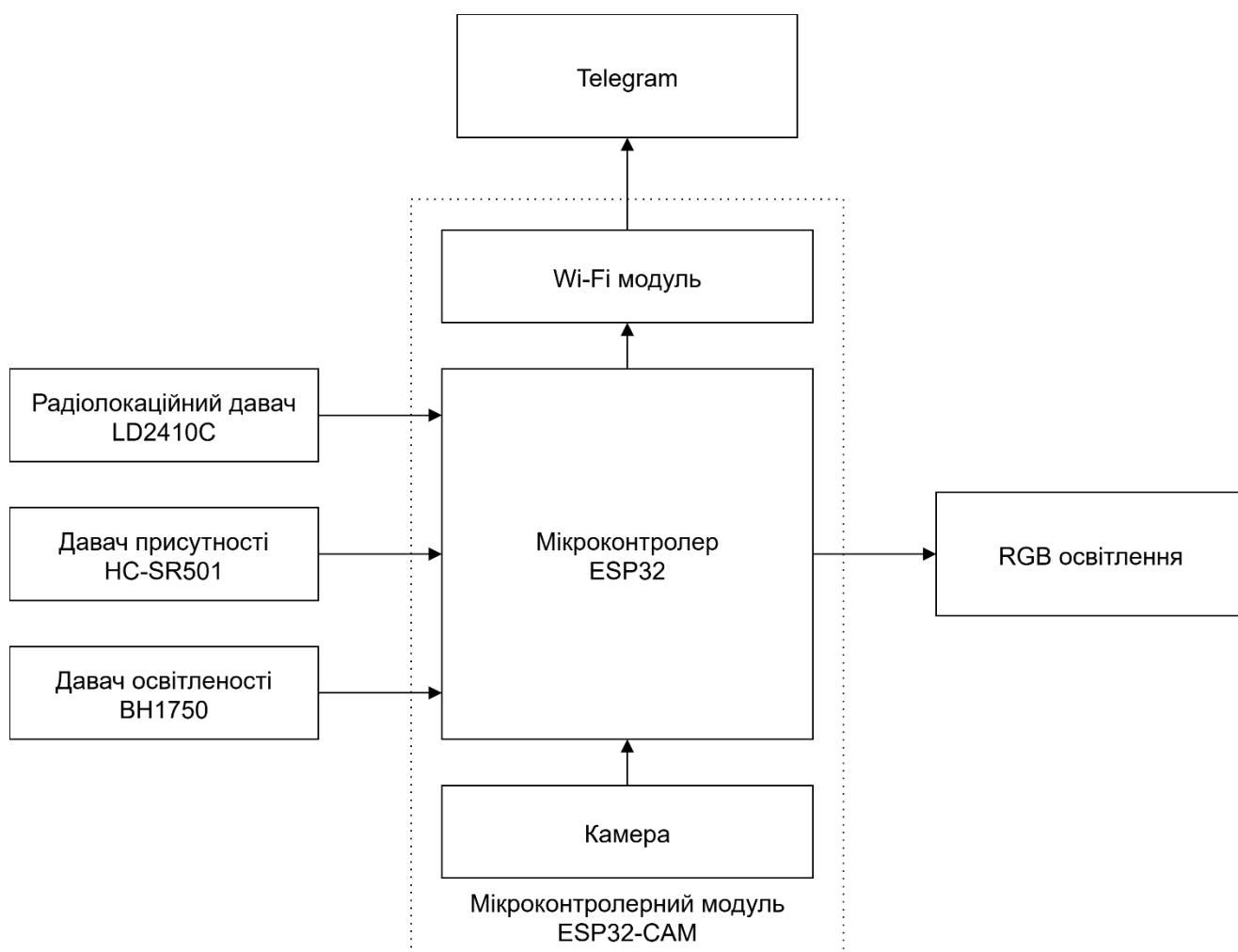


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Фалінський А.В.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>				19	17
<i>Рецензент</i>		<i>Млинко Б.Б.</i>			<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
<i>Проектна частина</i>							

В основі системи лежить мікроконтролерний модуль ESP32-CAM, який виконує роль центрального обчислювального вузла. Він забезпечує збір даних із підключених датчиків, їх обробку відповідно до заданого алгоритму, формування керуючих сигналів, а також організацію бездротового зв'язку через мережу Wi-Fi. Крім того, модуль реалізує функцію відеоспостереження, здійснюючи захоплення зображень або відеопотоку у разі виявлення подій, що відповідають умовам спрацювання системи.

До вхідних інформаційних підсистем належать датчик присутності людини LD2410C та датчик руху HC-SR501. Датчик присутності забезпечує виявлення об'єктів навіть за відсутності активного руху, використовуючи радіохвильовий принцип дії, що дозволяє фіксувати як статичну, так і динамічну присутність людини в зоні контролю. У свою чергу, датчик руху виконує функцію додаткового підтвердження події за рахунок реєстрації змін інфрачервоного випромінювання, що підвищує достовірність прийняття рішень та зменшує ймовірність хибних спрацювань системи. Сигнали з обох датчиків надходять до центрального модуля, де здійснюється їх спільний аналіз.

Додатковим інформаційним елементом системи є датчик освітленості BH1750, який вимірює рівень навколишнього освітлення. Отримані дані використовуються для адаптації режимів роботи системи, зокрема для зміни чутливості виявлення або умов активації відеофіксації залежно від часу доби чи рівня освітлення. Це дозволяє підвищити ефективність функціонування системи в різних експлуатаційних умовах.

До вихідних виконавчих елементів належить пристрій індикації на базі адресних RGB світлодіодів WS2812. Керування світлодіодами здійснюється безпосередньо центральним модулем шляхом формування цифрових сигналів.

Окремим важливим блоком є підсистема віддаленого сповіщення, реалізована на базі сервісу Telegram. Через бездротове підключення до мережі Інтернет центральний модуль передає повідомлення користувачу у вигляді текстових сповіщень та зображень, отриманих з камери. Це забезпечує оперативне інформування про події в зоні контролю незалежно від перебування користувача.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Апаратне забезпечення комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей

### 2.2.1 Опис модуля ESP32-CAM

У якості центрального обчислювального елемента проєктованої системи використано модуль ESP32-CAM з камерою, який є компактною мікроконтролерною платформою з інтегрованими засобами бездротового зв'язку та відеофіксації. Даний модуль побудований на базі мікроконтролера сімейства ESP32, що використовує двоядерну архітектуру Xtensa LX6 і забезпечує достатню продуктивність для реалізації задач збору, обробки та передачі даних у реальному часі (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Модуль ESP32-CAM

Конструктивно модуль складається з кількох основних функціональних блоків. Центральним елементом є мікроконтролер ESP32-S, який містить процесорні ядра, оперативну пам'ять, периферійні інтерфейси та апаратні засоби Wi-Fi і Bluetooth. До нього підключено камеру на базі сенсора OV2640, яка забезпечує захоплення зображень і відеопотоку. Також на платі розміщено слот microSD для карти пам'яті, що дозволяє здійснювати локальне збереження даних, стабілізатор напруги, кварцовий генератор та набір виводів загального призначення для підключення зовнішніх пристроїв. Основні технічні характеристики модуля наведено у таблиці 2.1.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Характеристики модуля ESP32-CAM

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ESP32-S (Xtensa LX6, 2 ядра)
Тактова частота	до 240 МГц
Оперативна пам'ять	~520 КБ SRAM + PSRAM (до 4 МБ)
Flash пам'ять	4 МБ
Камера	OV2640, до 2 Мп
Максимальна роздільна здатність	1600×1200
Бездротовий зв'язок	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2
Інтерфейси	UART, SPI, I2C, PWM, ADC
Слот для пам'яті	microSD (до 32 ГБ і більше)
Робоча напруга	5 В (живлення), 3,3 В (логіка)
Споживаний струм	до 160–300 мА (залежно від режиму)
Кількість GPIO	обмежена (частина зайнята камерою)
Робоча температура	-20...+85 °С

Мікроконтролер отримує сигнали від підключених датчиків, обробляє їх відповідно до заданого алгоритму та приймає рішення щодо подальших дій. У випадку виявлення події, наприклад присутності людини, активується камера, яка здійснює захоплення зображення або формує відеопотік. Отримані дані можуть передаватися через бездротову мережу Wi-Fi на віддалений сервер або безпосередньо користувачу, наприклад через месенджер. Таким чином, модуль виконує одночасно функції обчислювального центру, комунікаційного вузла та пристрою відеофіксації.

Важливою особливістю ESP32-CAM є підтримка різноманітних периферійних інтерфейсів, таких як UART, SPI, I2C та PWM, що забезпечує можливість під'єднання додаткових датчиків і виконавчих пристроїв. При цьому значна частина виводів використовується для роботи камери, що обмежує кількість доступних GPIO, однак для реалізації проектованої системи їх достатньо за умови раціонального розподілу ресурсів (рис. 2.3).

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Призначення пінів модуля ESP32-CAM

Вибір модуля ESP32-CAM для реалізації комп'ютерної системи є обґрунтованим з кількох причин. По-перше, він поєднує в собі функції мікроконтролера та камери, що дозволяє уникнути використання додаткових обчислювальних пристроїв і зменшити загальну складність системи. По-друге, наявність вбудованого Wi-Fi забезпечує можливість бездротової передачі даних, що є ключовою вимогою для систем дистанційного моніторингу. По-третє, достатня обчислювальна потужність дозволяє реалізувати алгоритми обробки сигналів від датчиків та керування периферією.

Крім того, модуль характеризується низькою вартістю, компактними розмірами та широкою підтримкою ПЗ, що значно спрощує процес розробки. Наявність камери відкриває можливість реалізації функцій фото- та відеофіксації подій, що суттєво підвищує інформативність та функціональність системи.

### 2.2.2 Опис датчика присутності людини LD2410C

Датчик присутності людини HLK-LD2410C є високочутливим радарним модулем міліметрового діапазону, призначеним для виявлення присутності людини в зоні контролю незалежно від наявності руху. Він реалізує сучасний принцип радіолокаційного зондування, що суттєво відрізняє його від традиційних інфрачервоних датчиків (рис. 2.4).

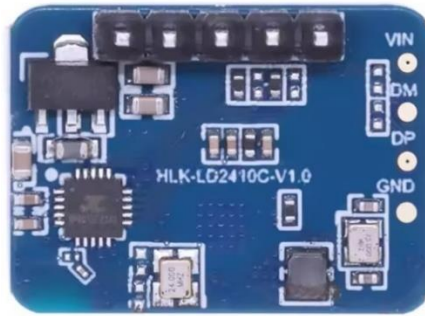


Рисунок 2.4 – Давач присутності людини LD2410C

Конструктивно модуль складається з кількох ключових елементів. Основу становить радіочастотний передавач і приймач, інтегровані в єдиний мікрохвильовий радарний чіп, який формує і приймає електромагнітні хвилі. На платі також розміщено антенну систему у вигляді мікросмужки, мікроконтролер для обробки радарних сигналів, стабілізатор живлення та інтерфейсні вузли. Така інтеграція дозволяє модулю виконувати повний цикл обробки сигналу — від генерації хвилі до формування готових даних про присутність людини.

Принцип роботи давача базується на використанні технології FMCW, тобто сигналу з частотною модуляцією. Модуль випромінює радіохвилі в діапазоні 24 ГГц, які відбиваються від об'єктів у зоні контролю та повертаються назад до приймача. На основі різниці частот між переданим і прийнятим сигналами, а також ефекту Доплера, система визначає наявність об'єкта, його рух і відстань до нього. Використання алгоритмів цифрової обробки сигналів дозволяє модулю розрізняти рухомі та нерухомі об'єкти, зокрема виявляти навіть мікрорухи, такі як дихання людини.

Однією з ключових особливостей LD2410C є здатність працювати в умовах, де традиційні сенсори є малоефективними. На відміну від PIR-давачів, він не залежить від температури, освітлення або наявності прямих оптичних перешкод. Крім того, радіохвилі можуть проходити через неметалеві матеріали (наприклад, пластик або тонкі стіни), що розширює можливості його встановлення. Дальність виявлення може досягати приблизно 5–6 метрів, при цьому зона контролю поділяється на декілька сегментів (зазвичай до 8 зон), що дозволяє отримувати інформацію про відстань до об'єкта.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуль підтримує як цифровий вихід (логічний сигнал присутності), так і послідовний інтерфейс UART для передачі детальнішої інформації, включаючи рівень сигналу, відстань та параметри зон. Це дозволяє інтегрувати його у складні комп'ютерні системи з реалізацією адаптивних алгоритмів обробки даних. Основні технічні характеристики давача наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики давача LD2410C

Характеристика	Значення
Тип сенсора	мм-хвильовий радар (mmWave)
Робоча частота	24 ГГц
Дальність виявлення	до 5–6 м
Роздільна здатність по відстані	~0,75 м
Кількість зон	до 8 зон
Виявлення руху	так
Виявлення нерухомої людини	так
Інтерфейси	UART, GPIO
Швидкість UART	до 256000 бод
Напруга живлення	3-3,6 В
Кут огляду	60°

Вибір давача LD2410C для реалізації комп'ютерної системи є технічно обґрунтованим і доцільним. Основною причиною є його здатність виявляти не лише рух, а і статичну присутність особи, що є критично важливим для систем моніторингу та безпеки. Це дозволяє уникнути ситуацій, коли людина знаходиться в зоні контролю, але не рухається, і тому не фіксується традиційними сенсорами.

Крім того, висока чутливість і можливість отримання додаткових параметрів, таких як відстань до об'єкта, відкривають можливості для реалізації інтелектуальних алгоритмів аналізу поведінки. Інтеграція з мікроконтролером через UART забезпечує гнучкість налаштування та обробки даних, що є важливим для побудови адаптивної системи.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатковою перевагою є незалежність від умов освітлення та температури, що робить систему більш універсальною та стабільною в різних середовищах експлуатації. Враховуючи компактність, невисоку вартість і широкий функціонал, давач LD2410C є оптимальним вибором для побудови сучасної комп'ютерної системи виявлення присутності людини з елементами інтелектуального аналізу.

### 2.2.3 Опис давача руху HC-SR501

Давач руху HC-SR501 є одним із найбільш поширених пасивних інфрачервоних (PIR) сенсорів, що застосовується в системах автоматизації, безпеки та енергоефективного керування освітленням. Його основне призначення полягає у виявленні руху об'єктів, які випромінюють теплову енергію, зокрема людини. Завдяки простоті конструкції, низькій вартості та достатній функціональності цей модуль широко використовується у вбудованих комп'ютерних системах (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Давач руху HC-SR501

Конструктивно модуль HC-SR501 складається з кількох ключових компонентів. Центральним елементом є піроелектричний сенсор, який реагує на зміну інфрачервоного випромінювання в полі зору. Перед сенсором розміщена спеціальна лінза Френеля, що формує зону чутливості та фокусує інфрачервоне випромінювання з різних напрямків на чутливий елемент. На друкованій платі

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також розташовано мікросхему обробки сигналу на базі контролера BISS0001, стабілізатор напруги, а також два підлаштувальні резистори для регулювання чутливості та часу затримки. Крім того, передбачено перемичку для вибору режиму роботи (одноразове або повторюване спрацювання). Основні технічні характеристики давача наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики давача руху HC-SR501

Характеристика	Значення
Тип сенсора	пасивний інфрачервоний (PIR)
Робоча напруга	5–20 В
Споживаний струм	< 50 мкА
Дальність виявлення	3–7 м (регульована)
Кут огляду	до 120°
Вихідний сигнал	цифровий (HIGH/LOW)
Час затримки	5–300 с (регульований)
Час ініціалізації	~30–60 с
Робоча температура	від -15 °С до +70 °С
Режими роботи	одноразовий / повторюваний
Рівень вихідного сигналу	3,3 В (сумісний з ESP32)

Принцип роботи давача базується на реєстрації змін інфрачервоного випромінювання в зоні спостереження. Піроелектричний сенсор не випромінює сигнал самостійно, а лише приймає теплове випромінювання від об'єктів. У стані спокою рівень випромінювання є стабільним, однак при переміщенні людини відбувається зміна теплового фону, що фіксується сенсором як диференційний сигнал. Лінза Френеля розбиває зону контролю на сегменти, тому при русі людини сигнал періодично змінюється, що дозволяє точно визначити факт руху. Обробка сигналу виконується аналогово-цифровою схемою, після чого на виході формується цифровий сигнал високого рівня.

HC-SR501 має можливість налаштування параметрів роботи. Зокрема, можна змінювати чутливість (тобто дальність виявлення) в межах приблизно від 3 до 7 метрів, а також час утримання вихідного сигналу (від декількох секунд до кількох хвилин). Давач має кут огляду близько 120°, що забезпечує достатньо широку зону покриття. Він працює в широкому діапазоні напруг живлення, зазвичай від 5 до 20 В, що спрощує його інтеграцію з різними мікроконтролерними платформами, зокрема з ESP32.

Використання давача HC-SR501 у проєктованій комп'ютерній системі є доцільним з технічної точки зору. Незважаючи на наявність більш сучасного радарного давача LD2410C, PIR-сенсор виконує важливу допоміжну функцію — швидке виявлення руху. Він забезпечує миттєву реакцію на переміщення людини, що дозволяє оперативно активувати інші компоненти системи, наприклад, запуск відеозйомки або передачу повідомлення.

Комбіноване використання PIR-давача та радарного сенсора дозволяє підвищити надійність системи. HC-SR501 ефективно фіксує рух, тоді як LD2410C здатний визначати навіть статичну присутність. Такий підхід забезпечує більш повний контроль ситуації та зменшує ймовірність пропуску подій.

Крім того, HC-SR501 має низьке енергоспоживання, простий інтерфейс підключення та не потребує складної обробки сигналів, що зменшує навантаження на мікроконтролер. Його доступність і перевірена на практиці надійність також є важливими факторами при виборі компонентів для реалізації системи.

#### 2.2.4 Опис модуля з RGB світлодіодами WS2812

Модуль на основі RGB світлодіодів WS2812 являє собою керовану світлодіодну стрічку або модуль, у якому кожен світлодіод має вбудований драйвер і може керуватися індивідуально. У даному випадку використовується модуль із 8 послідовно з'єднаних світлодіодів, що забезпечує компактне та гнучке рішення для візуалізації стану комп'ютерної системи. Такі пристрої широко застосовуються в системах індикації, декоративного підсвічування та інтерактивних електронних проєктах (рис. 2.6).

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.6 – Модуль з RGB світлодіодами WS2812

Конструктивно кожен елемент WS2812 складається з трьох компонентів: трьох кристалів світлодіодів, інтегрованого драйвера керування та корпусу з прозорого або напівпрозорого матеріалу. Вбудований драйвер включає регістри зсуву, ШІМ-генератор і логіку прийому даних, що дозволяє керувати яскравістю кожного кольорового каналу незалежно. Світлодіоди з'єднані між собою послідовно, формуючи коло передачі даних, у якому кожен елемент отримує інформацію, обробляє свою частину та передає залишок сигналу далі.

Принцип роботи WS2812 базується на послідовній передачі цифрових даних по одному сигнальному проводу. Мікроконтролер формує спеціальний протокол передачі, у якому кожен світлодіод отримує 24-бітний пакет даних. Після прийому свого пакета світлодіод зберігає значення яскравості та передає решту даних наступному елементу. Завдяки цьому реалізується адресне керування всіма світлодіодами без необхідності використання великої кількості виводів мікроконтролера.

Керування яскравістю кожного кольору здійснюється за допомогою ШІМ, що дозволяє формувати понад 16 мільйонів відтінків кольорів. Важливою особливістю є точність таймінгів передачі даних, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до некоректного відображення кольорів.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуль WS2812 працює зазвичай при напрузі живлення 5 В і може споживати значний струм при максимальній яскравості всіх світлодіодів (до 60 мА на один світлодіод). Тому при використанні декількох елементів необхідно враховувати енергоспоживання та забезпечити стабільне живлення. Також рекомендується використовувати резистор у лінії даних і конденсатор для згладжування імпульсів живлення. Основні технічні характеристики модуля наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри модуля з RGB світлодіодами WS2812

Характеристика	Значення
Тип світлодіодів	RGB, адресні
Кількість світлодіодів	8
Напруга живлення	5 В
Споживаний струм	до 60 мА на світлодіод
Інтерфейс керування	однопровідний цифровий
Кількість біт на світлодіод	24 (8 біт на канал)
Кольорова глибина	24 біти (~16,7 млн кольорів)
Тип керування яскравістю	ШИМ
Частота ШИМ	~400–800 Гц
Робоча температура	від -20 °С до +80 °С
Кут випромінювання	~120°
Підтримка каскадування	так

Використання WS2812 у проєктованій комп'ютерній системі є обґрунтованим з огляду на його функціональні можливості. По-перше, адресне керування дозволяє реалізувати гнучку систему індикації різних станів — наприклад, відображення режимів роботи, наявності або відсутності людини, рівня освітленості чи інших подій. По-друге, використання лише одного сигнального проводу значно спрощує апаратну реалізацію та зменшує кількість необхідних виводів мікроконтролера.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, WS2812 дозволяє реалізувати складні світлові ефекти, що підвищує інформативність і зручність взаємодії з системою. Наприклад, можна використовувати різні кольори для сигналізації подій або плавні анімації для індикації процесів. Висока яскравість і широкий кут випромінювання забезпечують добру видимість навіть у різних умовах освітлення.

### 2.2.5 Опис давача освітленості BH1750

Давач освітленості BH1750 є цифровим фотометричним сенсором, призначеним для вимірювання рівня освітленості у фізичних одиницях – люксах (lx). Він широко застосовується в системах автоматичного керування освітленням, розумних будинках та IoT-пристроях завдяки високій точності, простоті підключення та відсутності необхідності складної обробки сигналів. У проєктованій комп'ютерній системі цей давач використовується для визначення рівня природного освітлення з метою адаптивного керування світлодіодним підсвічуванням (рис. 2.7).

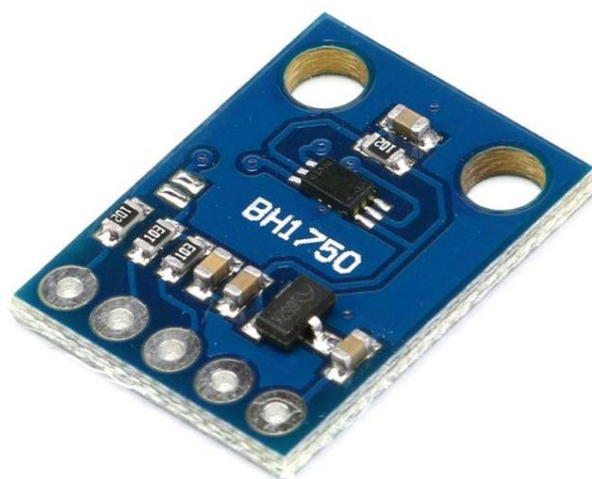


Рисунок 2.7 – Давач освітленості BH1750

Конструктивно модуль BH1750 містить інтегральний сенсор BH1750FVI, фотодіод, підсилювач сигналу, АЦП та інтерфейс I2C для обміну даними з мікроконтролером. Фоточутливий елемент перетворює світловий потік у електричний струм, який далі підсилюється та оцифровується вбудованим АЦП.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливістю цього сенсора є те, що він одразу видає готове цифрове значення освітленості, що значно спрощує програмну реалізацію.

Принцип роботи ВН1750 базується на фотометричному методі вимірювання освітленості. Світло, що падає на фотодіод, генерує струм, пропорційний інтенсивності освітлення. Вбудований підсилювач формує сигнал необхідного рівня, після чого він оцифровується. Отримані дані передаються через інтерфейс I2C у вигляді 16-бітного значення. Сенсор підтримує декілька режимів роботи, зокрема безперервний та одноразовий вимір, а також різні режими роздільної здатності, що дозволяє балансувати між точністю та швидкістю вимірювання.

Однією з переваг ВН1750 є його спектральна чутливість, яка наближена до чутливості людського ока. Це означає, що результати вимірювання більш точно відображають реальне сприйняття освітленості людиною, на відміну від багатьох аналогових фоторезисторів. Крім того, сенсор має низький рівень шуму та високу стабільність показів, що є важливим для систем автоматизації. Основні технічні характеристики давача наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики давача освітленості ВН1750

Характеристика	Значення
Тип сенсора	цифровий фотометричний
Діапазон вимірювання	1 – 65535 лк
Напруга живлення	3,3 – 5 В
Інтерфейс	I2C
Розрядність АЦП	16 біт
Час вимірювання	~120–180 мс
Режими роботи	одноразовий, безперервний
Адреса I2C	0x23 або 0x5C
Спектральна чутливість	наближена до людського ока
Робоча температура	від -40 °С до +85 °С
Споживаний струм	~0,12 мА

Модуль ВН1750 працює від напруги живлення 3,3–5 В, що робить його повністю сумісним із мікроконтролерами сімейства ESP32. Обмін даними здійснюється через стандартний інтерфейс I2C, що дозволяє інтегрувати його в систему разом з іншими цифровими сенсорами, використовуючи лише дві сигнальні лінії (SDA та SCL). Це суттєво спрощує апаратну реалізацію та зменшує кількість необхідних контактів.

Вибір датчика ВН1750 для реалізації даної комп'ютерної системи є обґрунтованим з кількох причин. По-перше, він забезпечує високу точність вимірювання освітленості без необхідності складного калібрування або математичної обробки, що зменшує навантаження на мікроконтролер. По-друге, цифровий інтерфейс I2C дозволяє легко інтегрувати сенсор у вже існуючу структуру системи разом з іншими компонентами.

Крім того, використання ВН1750 дає можливість реалізувати адаптивне керування освітленням залежно від зовнішніх умов, що підвищує енергоефективність системи та комфорт користувача. Наприклад, при достатньому рівні природного освітлення система може зменшувати яскравість або вимикати штучне освітлення, а при його недостатності – автоматично активувати підсвічування.

### 2.3 Опис електричної принципової схеми системи дистанційного виявлення присутності людей

Електрична принципова схема проєктованої комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей (рис. 2.3) базується на використанні мікроконтролерного модуля ESP32-CAM як центрального обчислювального та керуючого елемента, до якого підключені всі периферійні датчики та виконавчі пристрої. Живлення всієї системи організовано від стабілізованого джерела напругою 5 В. Модуль ESP32-CAM живиться через відповідний вхід 5V, при цьому внутрішній стабілізатор забезпечує необхідну напругу 3,3 В для роботи мікроконтролера.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



встановлено послідовний резистор номіналом 330 Ом, який зменшує перешкоди та захищає вхід світлодіода від імпульсних перенапруг.

Уся система працює за принципом збору даних з різномірних датчиків: радіолокаційний датчик LD2410C забезпечує високоточне виявлення присутності навіть при відсутності руху, PIR-датчик HC-SR501 використовується для швидкого реагування на рух, а датчик освітленості BH1750 дозволяє оцінити зовнішні умови освітлення. Отримані дані обробляються мікроконтролером ESP32-CAM, який у відповідь керує RGB-світлодіодами та ініціює передачу інформації (включаючи фото) через мережеві інтерфейси.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						35
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Алгоритм роботи системи дистанційного виявлення присутності людей

Алгоритм роботи розробленої комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей базується на комплексній обробці даних, отриманих від радіолокаційного давача присутності, інфрачервоного давача руху, давача освітленості та подальшому прийнятті рішень щодо активації виконавчих елементів і передачі інформації користувачу. Центральним елементом реалізації алгоритму є мікроконтролер ESP32-CAM, який забезпечує збір, аналіз і передачу даних, а також керування периферійними пристроями.

На початковому етапі після подачі живлення відбувається ініціалізація всіх апаратних і програмних компонентів системи. Зокрема, налаштовуються GPIO-виводи, ініціалізуються інтерфейси UART для зв'язку з радіолокаційним давачем LD2410C та I2C для роботи з давачем освітленості BH1750. Також виконується підключення до бездротової мережі Wi-Fi та ініціалізація камери модуля ESP32-CAM. Паралельно здійснюється налаштування бібліотек для роботи зі світлодіодами WS2812 та встановлення початкового стану системи, при якому всі виконавчі пристрої вимкнені.

Після завершення ініціалізації система переходить у режим безперервного моніторингу навколишнього середовища (рис. 3.1). На цьому етапі з певною періодичністю зчитуються дані з давача освітленості BH1750 для визначення рівня освітлення у приміщенні. Отримані значення використовуються для прийняття рішення щодо доцільності активації підсвічування, що дозволяє реалізувати адаптивне керування освітленням і зменшити енергоспоживання.

Основним елементом виявлення присутності є радіолокаційний давач LD2410C, який здійснює постійне сканування простору та передає до

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Фалінський А.В.</i>			<i>Практична частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					36	15
<i>Рецензент</i>		<i>Млинко Б.Б.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

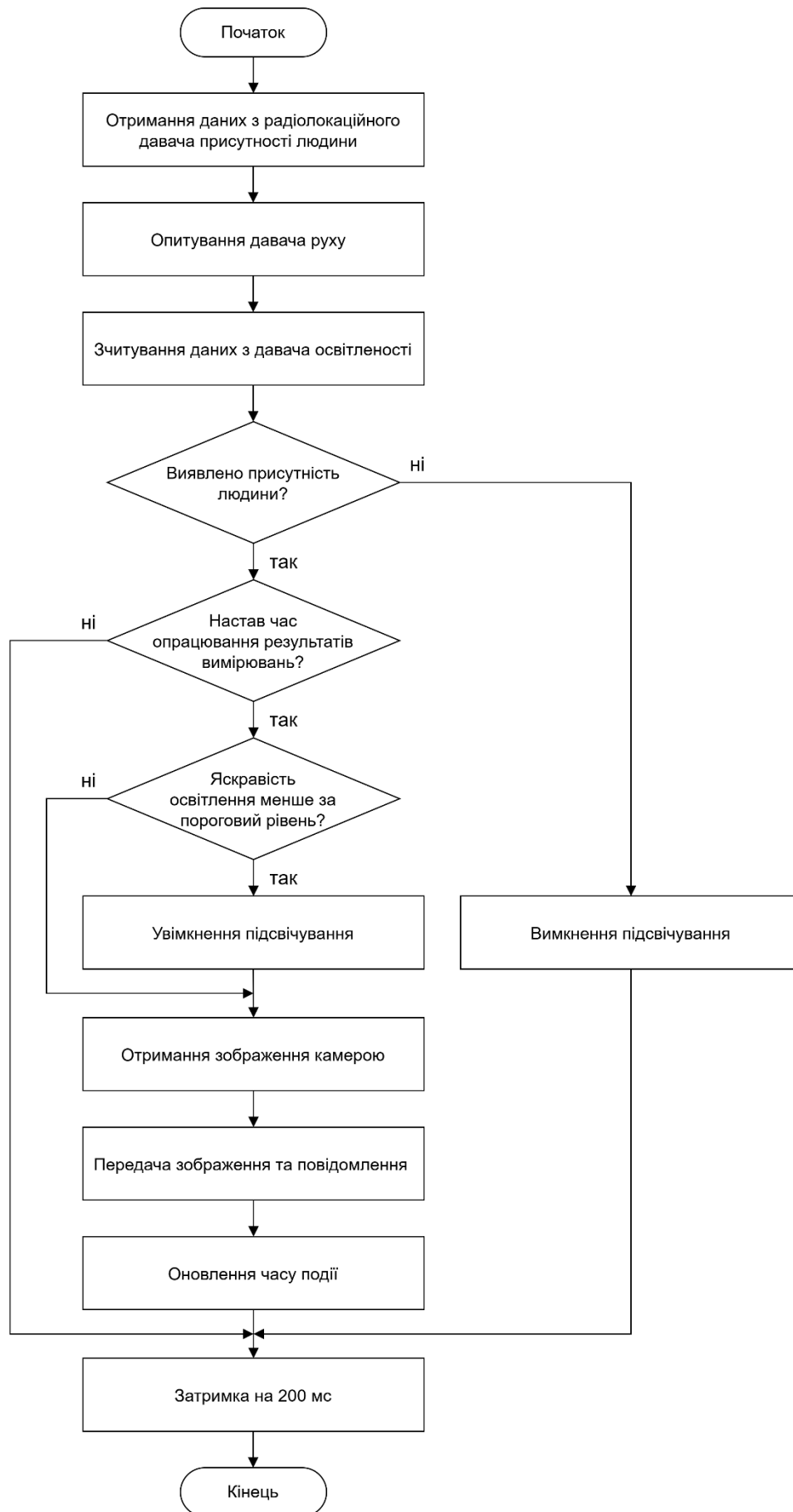


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи основної підпрограми системи дистанційного виявлення присутності людей

мікроконтролера інформацію про наявність об'єкта, його відстань і характер руху. На відміну від традиційних давачів, цей сенсор здатний фіксувати навіть статичну присутність людини, що значно підвищує надійність системи. Паралельно функціонує інфрачервоний давач руху HC-SR501, який забезпечує швидке реагування на динамічні зміни в зоні контролю.

Алгоритм передбачає логічну обробку сигналів від обох давачів. У разі, якщо LD2410C фіксує присутність людини або HC-SR501 реєструє рух, система переходить у активний режим. При цьому виконується додаткова перевірка рівня освітленості: якщо він нижчий за заданий поріг, активується RGB-підсвічування на базі світлодіодів WS2812. Колір і яскравість світлодіодів можуть змінюватися залежно від стану системи, наприклад, індикація присутності або режим тривоги.

У момент підтвердження присутності людини ініціюється захоплення зображення за допомогою камери ESP32-CAM. Отримане фото обробляється та передається через мережу Wi-Fi до користувача за допомогою Telegram-бота. Разом із зображенням можуть передаватися додаткові дані, такі як рівень освітленості та, за потреби, оцінка відстані до об'єкта, отримана з радіолокаційного давача.

Після виконання дій, пов'язаних із фіксацією події, система не повертається одразу до початкового стану, а переходить у режим утримання активності протягом заданого інтервалу часу. Це дозволяє уникнути частих спрацьовувань і надмірної кількості повідомлень у разі постійної присутності людини. Якщо протягом цього часу нових подій не зафіксовано, система повертається у режим моніторингу.

Додатково алгоритм передбачає фільтрацію помилкових спрацьовувань шляхом аналізу тривалості сигналів або комбінування даних з різних давачів. Зокрема, короткочасний сигнал від PIR-давача без підтвердження від радіолокаційного сенсора може ігноруватися як шум або випадковий вплив.

Розроблений алгоритм забезпечує комплексний підхід до виявлення присутності людини, поєднуючи переваги різних типів давачів, адаптивне керування освітленням та можливість дистанційного сповіщення користувача.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3.2 Розробка програмного забезпечення

### 3.2.1 Ініціалізація апаратних модулів та запуск системи

У процедурі `setup()` реалізовано початкову ініціалізацію всіх апаратних компонентів та програмних інтерфейсів системи (рис. 3.2).

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  pinMode(PIR_PIN, INPUT);  
  strip.begin();  
  strip.show();  
  Wire.begin(14, 15);  
  lightMeter.begin();  
  LD2410.begin(256000, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);  
  startCamera();  
  connectWiFi();  
}
```

Рисунок 3.2 – Лістинг процедури `setup()`

На початку виконується налаштування режиму роботи цифрового входу, до якого підключений інфрачервоний датчик руху. За допомогою функції `pinMode()` відповідний GPIO-вивід конфігурується як вхід, що дозволяє зчитувати логічний сигнал від датчика HC-SR501. Це забезпечує можливість оперативного реагування системи на появу руху в зоні контролю.

Наступним кроком є ініціалізація модуля адресних світлодіодів WS2812. Виклик функції `strip.begin()` активує внутрішні механізми бібліотеки для керування світлодіодами, а функція `strip.show()` встановлює початковий стан світлодіодів, зазвичай вимкнений. Це необхідно для уникнення випадкового світіння після запуску системи.

Після цього ініціалізується інтерфейс I2C за допомогою виклику `Wire.begin(14,15)`, де задаються пini SDA та SCL відповідно. Це дозволяє організувати зв'язок із датчиком освітленості BH1750. Подальший виклик `lightMeter.begin()` виконує ініціалізацію самого сенсора, переводячи його у робочий режим та забезпечуючи готовність до проведення вимірювань.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі налаштовується апаратний послідовний інтерфейс UART для взаємодії з радіолокаційним давачем LD2410. Виклик функції LD2410.begin() задає швидкість передачі даних 256000 бод, формат кадру (8 біт даних, без парності, один стоп-біт) та відповідні піни для прийому і передачі даних. Це забезпечує стабільний і швидкий обмін інформацією з давачем присутності.

На завершальних етапах виконується ініціалізація камери та підключення до мережі Wi-Fi. Виклик функції startCamera() здійснює налаштування параметрів камери, включаючи роздільну здатність, формат зображення та конфігурацію виводів, що є необхідним для подальшого захоплення фото. Функція connectWiFi() забезпечує підключення до бездротової мережі, що є обов'язковою умовою для реалізації передачі даних через Telegram.

### 3.2.2 Реалізація основного циклу обробки даних та реагування системи

Процедура loop() реалізує безперервний цикл функціонування комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей, у якому здійснюється опитування сенсорів, обробка отриманих даних та формування відповідних керуючих дій (рис. 3.3).

На початку кожної ітерації циклу виконується зчитування рівня освітленості з давача BH1750 за допомогою функції lightMeter.readLightLevel(), результат якої повертається у вигляді значення в люксах. Паралельно здійснюється зчитування стану інфрачервоного давача руху HC-SR501 через цифровий вхід за допомогою функції digitalRead(PIR\_PIN). Також викликається функція checkLD2410(), яка реалізує обробку даних від радіолокаційного давача LD2410 та повертає логічне значення, що свідчить про наявність чи відсутність людини в зоні контролю.

Отримані дані з обох давачів об'єднуються у змінну detected, яка приймає значення істини у випадку спрацювання хоча б одного із сенсорів. Такий підхід дозволяє підвищити надійність системи за рахунок комбінування різних принципів виявлення – інфрачервоного та радіолокаційного.

У разі виявлення присутності людини та за умови, що з моменту останнього спрацювання пройшов заданий інтервал часу DETECT\_DELAY, система

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переходить до виконання активних дій. Це обмеження реалізовано за допомогою функції `millis()` і змінної `lastDetectTime`, що дозволяє уникнути надмірного надсилання повідомлень та перевантаження мережі.

```
void loop() {
  bool radar = checkLD2410();
  bool pir = digitalRead(PIR_PIN);
  float lux = lightMeter.readLightLevel();
  bool detected = pir || radar;
  if (detected && millis() - lastDetectTime > DETECT_DELAY) {
    Serial.println("Detected!");
    // Керування світлом
    if (lux < LIGHT_THRESHOLD) {
      setLED(true);
    }
    // Фото
    sendPhotoTelegram();
    // Дані
    String msg = "Виявлено людину!\n";
    msg += "Освітленість: " + String(lux) + " lx\n";
    msg += "PIR: " + String(pir) + "\n";
    msg += "Radar: " + String(radar);
    bot.sendMessage(CHAT_ID, msg, "");
    lastDetectTime = millis();
  }
  // Вимкнення світла
  if (!detected) {
    setLED(false);
  }
  delay(200);
}
```

Рисунок 3.3 – Лістинг процедури `loop()`

Після підтвердження факту виявлення виводиться повідомлення у послідовний порт для налагодження. Далі реалізується керування освітленням: якщо рівень освітленості нижчий за встановлений поріг `LIGHT_THRESHOLD`, викликається функція `setLED(true)`, яка вмикає RGB-підсвічування. Це забезпечує адаптивну роботу системи залежно від умов середовища.

Наступним етапом є формування та передача інформації користувачу. Викликається функція `sendPhotoTelegram()`, яка здійснює захоплення зображення з камери ESP32-CAM та його надсилання через Telegram-бота. Паралельно

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

формується текстове повідомлення, яке містить інформацію про факт виявлення, поточний рівень освітленості, а також стан кожного з давачів. Це повідомлення передається за допомогою функції `bot.sendMessage()`, що забезпечує інформування користувача у реальному часі.

Після виконання всіх дій оновлюється значення змінної `lastDetectTime`, що фіксує момент останнього спрацювання системи. Це необхідно для коректної реалізації механізму затримки між подіями.

Окремо передбачено логіку вимкнення освітлення. У випадку, коли жоден із давачів не фіксує присутність людини, викликається функція `setLED(false)`, яка вимикає світлодіодне підсвічування. Це дозволяє зменшити енергоспоживання та забезпечити економічний режим роботи системи.

На завершення кожної ітерації циклу використовується невелика затримка, яка стабілізує роботу системи, зменшує навантаження на процесор та запобігає надто частому опитуванню сенсорів.

### 3.2.3 Обробка даних радіолокаційного давача присутності LD2410

Основним завданням підпрограми `checkLD2410()` є визначення факту наявності людини в зоні дії сенсора на основі отриманих текстових повідомлень (рис. 3.4).

```
// ===== LD2410 =====  
bool checkLD2410() {  
    if (LD2410.available()) {  
        String data = LD2410.readStringUntil('\n');  
        if (data.indexOf("presence") >= 0) {  
            return true;  
        }  
    }  
    return false;  
}
```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду функції `checkLD2410()`

На початку виконання підпрограми здійснюється перевірка наявності доступних даних у буфері послідовного інтерфейсу за допомогою методу

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

LD2410.available()). Якщо дані присутні, це означає, що давач передав нову інформацію, яку необхідно обробити. У такому випадку виконується зчитування рядка символів до появи символу нового рядка за допомогою функції LD2410.readStringUntil('\n'). Це дозволяє отримати завершене повідомлення від сенсора у вигляді текстового рядка.

Отриманий рядок зберігається у змінній data і далі аналізується на наявність ключового слова "presence". Для цього використовується метод indexOf(), який повертає позицію входження підрядка або значення -1, якщо підрядок відсутній. Якщо у повідомленні міститься зазначене ключове слово, це інтерпретується як факт виявлення присутності людини, і підпрограма повертає значення true.

У випадку, якщо дані від сенсора відсутні або отримане повідомлення не містить ознак присутності, підпрограма повертає значення false. Такий підхід дозволяє ефективно інтегрувати радіолокаційний давач у загальну систему, забезпечуючи просту та зрозумілу логіку обробки його вихідних даних.

Отже, підпрограма checkLD2410() виконує функцію інтерпретації текстових даних, отриманих від сенсора LD2410, та перетворює їх у логічний сигнал, який використовується в основному алгоритмі роботи системи для прийняття рішень щодо виявлення присутності людини.

### 3.2.4 Керування світлодіодною індикацією системи

Підпрограма setLED() забезпечує простий та ефективний механізм керування світлодіодною індикацією, що дозволяє оперативно відображати стан системи та підвищує її інформативність і зручність використання (рис. 3.5).

```
// ===== LED CONTROL =====  
void setLED(bool state) {  
    if (state) {  
        for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++)  
            strip.setPixelColor(i, strip.Color(255, 100, 50));  
    } else {  
        strip.clear();  
    }  
    strip.show();  
}
```

Рисунок 3.5 – Лістинг коду функції setLED()

						КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			43

Підпрограма приймає один вхідний параметр `state` логічного типу, який визначає необхідність увімкнення або вимкнення світлодіодів. Якщо значення параметра є істинним, тобто `state = true`, виконується активація світлодіодного підсвічування. Для цього використовується цикл `for`, який послідовно проходить по всіх світлодіодах, кількість яких задається константою `NUM_LEDS`. У кожній ітерації циклу викликається функція `strip.setPixelColor()`, що встановлює колір відповідного світлодіода.

Колір задається у форматі RGB із використанням функції `strip.Color()`, що відповідає теплому помаранчевому відтінку. Такий вибір кольору забезпечує хорошу видимість та асоціюється з попереджувальним сигналом, що доцільно для індикації виявлення присутності людини.

У випадку, якщо параметр `state` має значення `false`, виконується вимкнення всіх світлодіодів за допомогою функції `strip.clear()`, яка очищає буфер кольорів, встановлюючи нульові значення для кожного світлодіода. Це переводить систему у пасивний режим індикації, коли підсвічування відсутнє.

Після зміни стану світлодіодів у будь-якому з режимів викликається функція `strip.show()`, яка передає оновлені дані на світлодіодну стрічку. Це є обов'язковим етапом, оскільки без цього виклику зміни залишаються лише у буфері та не відображаються фізично.

### 3.2.5 Реалізація передавання зображень через Telegram

Підпрограма `sendPhotoTelegram()` реалізує процес отримання зображення з камери та його передачі користувачу (рис. 3.6).

```
// ===== SEND PHOTO =====  
void sendPhotoTelegram() {  
    camera_fb_t * fb = esp_camera_fb_get();  
    if (!fb) return;  
    bot.sendPhotoByBinary(CHAT_ID, "image/jpeg", fb->len, fb->buf, "photo.jpg");  
    esp_camera_fb_return(fb);  
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг коду функції `captureAndSendPhoto()`

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На початку виконується виклик функції `esp_camera_fb_get()`, яка повертає вказівник на структуру типу `camera_fb_t`, що містить буфер із захопленим зображенням та його розмір. У випадку, якщо отримання кадру не вдалося (вказівник дорівнює `null`), підпрограма завершує виконання без подальших дій, що дозволяє уникнути помилок.

Якщо зображення успішно отримано, викликається функція `bot.sendPhotoByBinary()`, яка забезпечує передачу бінарних даних зображення через Telegram-бота. У параметрах функції вказується ідентифікатор чату, MIME-тип файлу ("`image/jpeg`"), розмір буфера, сам буфер із даними зображення, а також ім'я файлу. Це дозволяє передати фотографію без необхідності збереження її у файлової системі, що є ефективним з точки зору використання пам'яті.

Після завершення передачі зображення викликається функція `esp_camera_fb_return(fb)`, яка повертає буфер у систему керування пам'яттю камери. Це є обов'язковим етапом, оскільки дозволяє уникнути витоків пам'яті та забезпечує стабільну роботу системи при багаторазовому виконанні цієї підпрограми.

### 3.3 Створення та налаштування Telegram бота для реалізації системи дистанційного виявлення присутності людей

У процесі реалізації комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей було створено та налаштовано Telegram-бота, який здійснює передачу сповіщень і зображень користувачу. Для цього було використано офіційний інструмент платформи Telegram — BotFather, який призначений для створення та керування ботами.

На першому етапі за допомогою BotFather було створено нового бота шляхом виконання стандартної команди створення. У процесі конфігурації було задано унікальне ім'я бота та його ідентифікатор (`username`), після чого система автоматично згенерувала токен доступу (`API Token`). Отриманий токен є критично важливим елементом, оскільки він використовується для автентифікації запитів

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

від мікроконтролера ESP32-CAM до серверів Telegram. Цей токен було збережено та інтегровано у програмний код мікроконтролера.

Далі було виконано налаштування взаємодії між користувачем і ботом. Для цього було визначено унікальний ідентифікатор чату (Chat ID), який необхідний для адресної доставки повідомлень. Отримання Chat ID здійснювалося шляхом надсилання тестового повідомлення боту та подальшого аналізу відповіді сервера Telegram через API або за допомогою спеціалізованих сервісів. Отриманий ідентифікатор було також інтегровано у програмний код системи. (рис. 3.7).

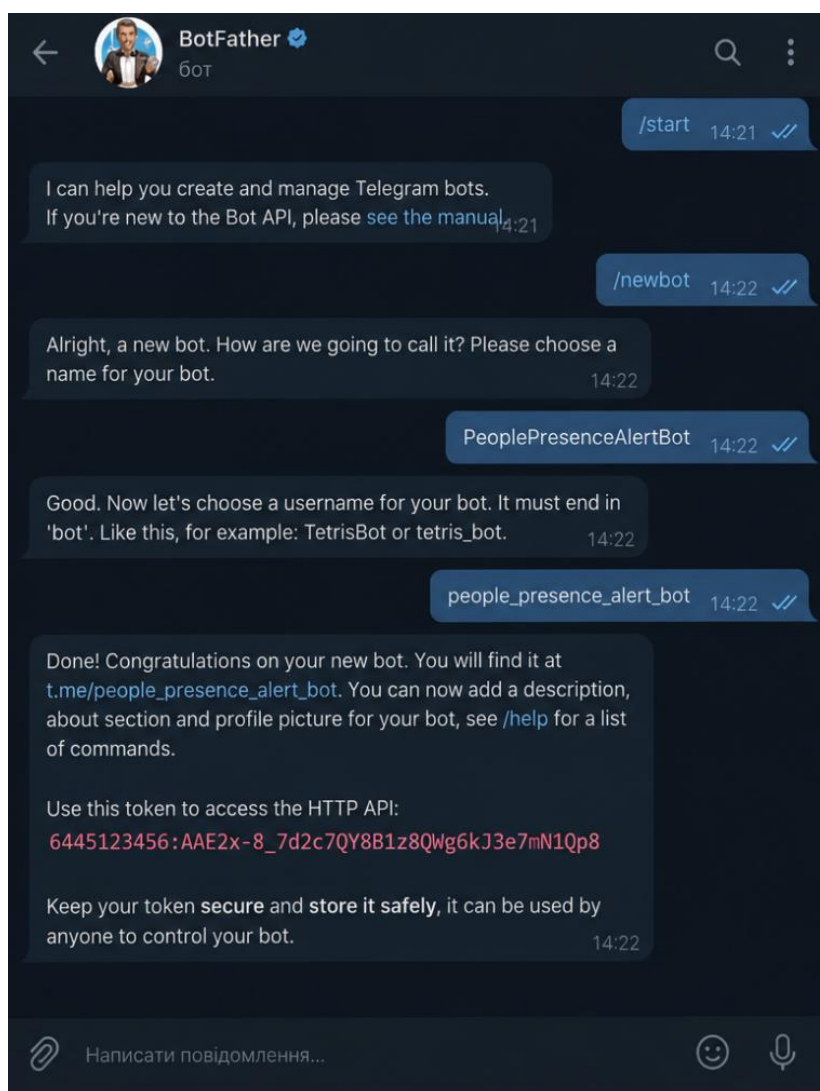


Рисунок 3.7 – Налаштування Telegram бота

Після цього було реалізовано функціонал надсилання текстових повідомлень. Зокрема, бот був налаштований на передачу інформації про факт

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виявлення присутності людини, а також додаткових параметрів, таких як рівень освітленості та сигнали з датчиків. Це дозволило забезпечити інформативність повідомлень і надати користувачу повну картину події.

Для реалізації передачі зображень у програмному коді ESP32-CAM було використано відповідні методи API Telegram, які дозволяють надсилати фото у вигляді бінарних даних. Після виявлення присутності система автоматично здійснювала захоплення зображення з камери та передавала його через захищене з'єднання безпосередньо у чат користувача. Такий підхід забезпечив оперативне отримання візуальної інформації про ситуацію в зоні контролю.

Для підвищення надійності роботи було також реалізовано механізм обмеження частоти надсилання повідомлень, що дозволило уникнути перевантаження як мікроконтролера, так і сервера Telegram у випадку частих спрацьовувань датчиків. Крім того, було враховано необхідність використання захищеного з'єднання HTTPS, що забезпечується через бібліотеку WiFiClientSecure.

У результаті виконаних налаштувань Telegram-бот став ефективним інтерфейсом взаємодії між користувачем і системою, забезпечуючи своєчасне отримання сповіщень та зображень, що значно підвищило функціональність і практичну цінність розробленої комп'ютерної системи.

### 3.4 Результати моделювання та тестування системи

На першому етапі дослідження було виконано моделювання розробленої комп'ютерної системи в середовищі Circuit Designer, що дозволило перевірити коректність електричних з'єднань, логіку взаємодії компонентів та базові алгоритми функціонування без необхідності негайної реалізації апаратного прототипу. У процесі моделювання було створено електричну схему, яка включала мікроконтролерний модуль, датчик присутності та руху, датчик освітленості, а також світлодіодний модуль. Оскільки середовище має обмеження щодо

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримки специфічних компонентів, зокрема камери та радіолокаційного датчика, їх робота була змодельована шляхом імітації відповідних сигналів.

Під час моделювання було перевірено правильність підключення інтерфейсів UART та I2C, а також коректність обробки цифрових сигналів від датчиків. Особлива увага приділялася перевірці логіки прийняття рішень, зокрема умовам активації системи при виявленні присутності людини. Було змодельовано різні сценарії роботи: відсутність руху, поява руху, наявність статичної присутності та зміна рівня освітленості. У кожному випадку аналізувалася реакція системи, включаючи активацію світлодіодів та формування сигналів для подальшої передачі даних (рис. 3.8).

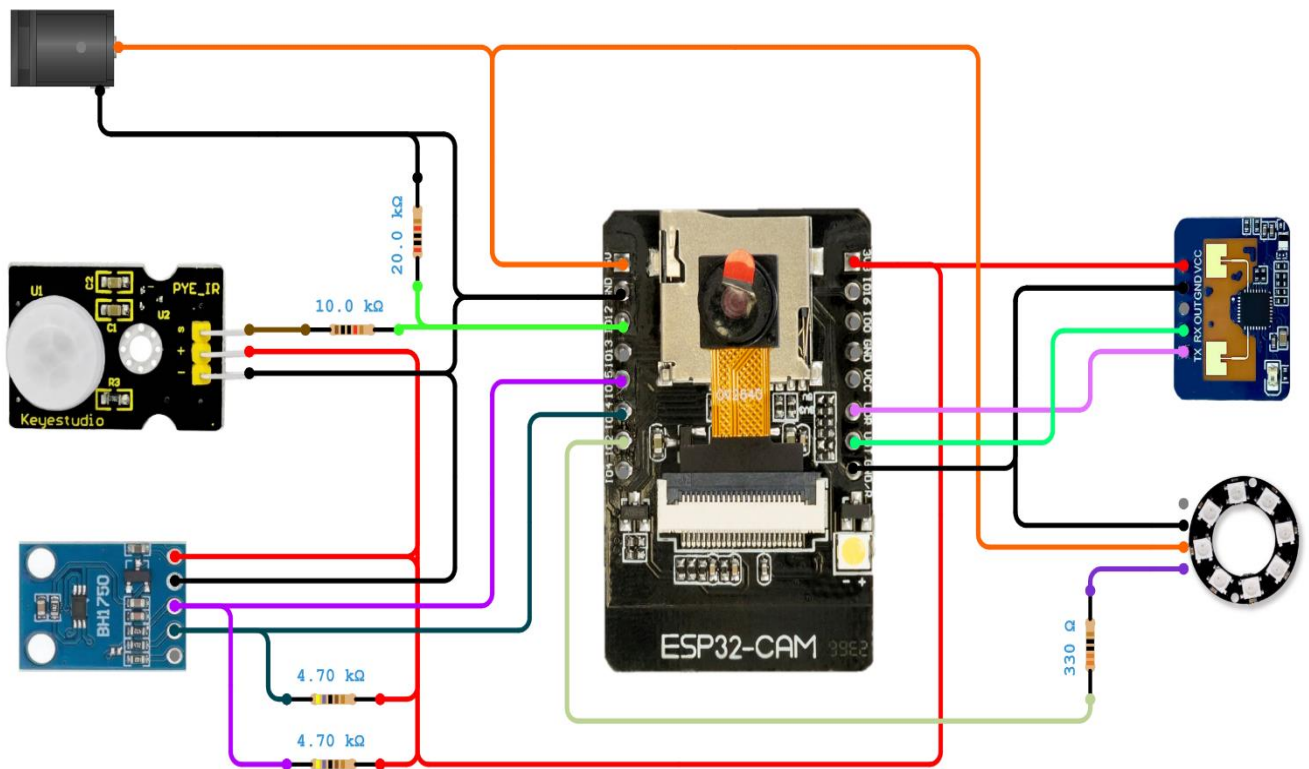


Рисунок 3.8 – Модель системи дистанційного виявлення присутності людей

Результати моделювання показали, що запропонована структура системи є працездатною, а алгоритм функціонування коректно реагує на зміну вхідних параметрів. Зокрема, було підтверджено, що використання двох різних типів датчиків (радіолокаційного та інфрачервоного) дозволяє підвищити достовірність

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

виявлення присутності людини. Також було встановлено, що інтеграція давача освітленості забезпечує ефективне керування підсвічуванням залежно від умов навколишнього середовища.

Після завершення етапу моделювання було здійснено розробку фізичного прототипу системи. Монтаж компонентів виконувався на макетній платі з використанням з'єднувальних провідників. На цьому етапі було реалізовано повну електричну схему з урахуванням реальних характеристик компонентів, включаючи модуль ESP32-CAM, давач LD2410C, PIR-давач HC-SR501, давач освітленості BH1750 та світлодіодну стрічку WS2812.

Тестування фізичного прототипу проводилося поетапно. На початковому етапі було перевірено стабільність живлення та коректність запуску мікроконтролера. Далі виконувалося тестування окремих модулів. Зокрема, перевірялася робота давача освітленості шляхом зміни умов освітлення та аналізу отриманих значень. Результати показали адекватну реакцію сенсора на зміну інтенсивності світла.

Наступним етапом було тестування давачів присутності та руху. Давач HC-SR501 продемонстрував швидке реагування на рух людини в зоні дії, однак не забезпечував виявлення статичної присутності. Натомість радіолокаційний давач LD2410C успішно виявляв як рух, так і нерухомі об'єкти, що підтвердило доцільність його використання в системі. Було також перевірено стабільність передачі даних через UART та відсутність значних затримок.

Окремо було протестовано роботу світлодіодного модуля WS2812. Під час тестування перевірялася реакція системи на зміну рівня освітленості та наявність присутності. Було встановлено, що підсвічування коректно активується при недостатньому освітленні та наявності людини, а також вимикається при відсутності подій.

Завершальним етапом стало тестування функції передачі даних через Telegram. Було перевірено процес підключення до Wi-Fi, формування повідомлень та надсилання фотографій. У ході експериментів система стабільно передавала

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зображення та текстові повідомлення із затримкою, що не перевищувала декількох секунд. Також було реалізовано механізм обмеження частоти сповіщень, що дозволило уникнути надмірного навантаження на систему.

У результаті проведеного тестування фізичного прототипу було підтверджено працездатність розробленої системи в реальних умовах. Усі основні функції, включаючи виявлення присутності, адаптивне керування освітленням та дистанційне інформування користувача, працюють коректно та узгоджено.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Надзвичайні ситуації: визначення, причини, класифікація

Щодня у світі фіксуються тисячі подій, при яких відбувається порушення нормальних умов життя і діяльності людей і які можуть призвести або призводять до загибелі людей та/або до значних матеріальних втрат. Такі події називаються надзвичайними ситуаціями (НС).

Загальні ознаки НС: наявність або загроза загибелі людей чи значне погіршення умов їх життєдіяльності; заповдіання економічних збитків; істотне погіршення стану довкілля. До надзвичайних ситуацій призводять аварії, катастрофи, стихійні лиха та інші події, такі, як епідемії, терористичні акти, збройні конфлікти.

Аварія – це небезпечна подія техногенного характеру, що створює на об'єкті, території або акваторії загрозу для життя і здоров'я людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю. Це – вихід з ладу машин, механізмів, пристроїв, комунікацій внаслідок порушення технології виробництва, правил експлуатації, правил безпеки, помилок, які допущені при проектуванні, будівництві, а також внаслідок стихійних лих.

Події природного походження або результат діяльності природних процесів, які за своєю інтенсивністю, масштабом поширення і тривалістю можуть вражати людей, об'єкти економіки та довкілля, називаються небезпечними природними явищами. Руйнівне небезпечне природне явище – це стихійне лихо.

Надзвичайні ситуації мають різні масштаби за кількістю жертв, кількістю людей, що стали хворими чи каліками, кількістю людей, яким завдано моральної шкоди, за розмірами економічних збитків, площею території, на якій вони розвивались.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Фалінський А.В.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					<i>51</i>	<i>7</i>
<i>Консульт.</i>		<i>Сенчишин В.С.</i>				<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Тиш Е.В.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>						

Вагомість надзвичайної ситуації визначається передусім кількістю жертв та ступенем впливу на оточуюче життєве середовище, тобто рівнем системи «людина – життєве середовище» (ЛЖС), якої вона торкнулася, і розміром шкоди, завданої цій системі. Виходячи з ієрархії систем ЛЖС [32]:

- індивідуальні надзвичайні ситуації, коли виникає загроза для порушення життєдіяльності лише однієї особи;
- надзвичайні ситуації рівня мікроколективу, тобто коли загроза їх виникнення чи розповсюдження наслідків стосується сім'ї, виробничої бригади, пасажирів одного купе;
- надзвичайні ситуації рівня колективу;
- надзвичайні ситуації рівня макроколективу;
- надзвичайні ситуації для жителів міста, району;
- надзвичайні ситуації для населення області;
- надзвичайні ситуації для населення країни;
- надзвичайні ситуації для жителів континенту;
- надзвичайні ситуації для всього людства.

Чим більшу кількість людей обходить надзвичайна ситуація, тим більшу територію вона охоплює. І навпаки, при більшій площі поширення катастрофи чи стихійного лиха від нього страждає більша кількість людей. Через це в основу існуючих класифікацій надзвичайних ситуацій за їх масштабом найчастіше кладуть територіальний принцип, за яким надзвичайні ситуації поділяють на локальні, об'єктові, місцеві, регіональні, загальнодержавні (національні), континентальні та глобальні (загальнопланетарні).

Локальні надзвичайні ситуації відповідають рівню системи ЛЖС з однією особою та мікроколективом; об'єктові – системам з рівнем колектив, макроколектив; місцеві – системам, в які входить населення міста або району; регіональні – області; загальнодержавні – населення країни.

До роботи в районі надзвичайної ситуації необхідно залучати значну кількість людських, матеріальних і технічних ресурсів. Запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідація їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збитків перетворилося на загальнодержавну проблему і є одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади і управління всіх рівнів. 15 липня 1998 р. Постановою Кабінету Міністрів України № 1099 «Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій» затверджено «Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій». Згідно з цим Положенням залежно від територіального поширення, обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, розрізняють чотири рівні надзвичайних ситуацій [32].

Надзвичайна ситуація загальнодержавного рівня – це надзвичайна ситуація, яка розвивається на території двох і більше областей або загрожує транскордонним перенесенням, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріали і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремої області, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету.

Надзвичайна ситуація регіонального рівня – це надзвичайна ситуація, яка розвивається на території двох або більше адміністративних районів (міст обласного значення) Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва та Севастополя або загрожує перенесенням на територію суміжної області України, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості окремого району, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету

Надзвичайна ситуація місцевого рівня – це надзвичайна ситуація, яка виходить за межі потенційно небезпечного об'єкта, загрожує поширенням самої ситуації або її вторинних наслідків на довкілля, сусідні населені пункти, інженерні споруди, а також у разі, коли для її ліквідації необхідні матеріальні і технічні ресурси в обсягах, що перевищують власні можливості потенційно небезпечного об'єкта, але не менше одного відсотка обсягу видатків відповідного бюджету. До місцевого рівня також належать всі надзвичайні ситуації, які виникають на об'єктах житлово-комунальної сфери та інших, що не входять до затверджених переліків потенційно небезпечних об'єктів [33].

Надзвичайна ситуація об'єктового рівня – це надзвичайна ситуація, яка не підпадає під зазначені вище визначення, тобто така, що розгортається на території

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

Для організації ефективної роботи із запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації їхніх наслідків, зниження масштабів втрат та збитків дуже важливо знати причини їх виникнення та володіти теорією виникнення катастроф. Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій за характером походження подій, котрі зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняє чотири класи надзвичайних ситуацій — надзвичайні ситуації техногенного, природного, соціально-політичного, військового характеру. Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види [33].

#### 4.2 Вплив електромагнітних полів на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал

Внаслідок інтенсивного розвитку електроніки, радіо- та комп'ютерної техніки значно підвищився рівень забруднення електромагнітним випромінюванням природного середовища. Джерела електромагнітних полів (ЕМП) можуть бути антропогенного та природного характеру.

Електромагнітні випромінювання антропогенного походження вважаються одним з різновидів енергетичних забруднювачів, тому що вони здійснюють шкідливий вплив на екологічні системи, негативно впливають на людський та інші живі організми. ЕМП володіють енергією і поширюються у формі електромагнітних хвиль, основними параметрами яких є швидкість поширення, частота коливань та довжина хвилі. Напруженість (В/м) є мірою вимірювання забруднення електромагнітними полями.

Штучними джерелами електромагнітного випромінювання є потужні радіолокаційні та радіотелевізійні станції, недосконалі комп'ютери, базові станції мобільного зв'язку, електростанції й підстанції, електротранспорт, високовольні лінії електрозв'язку, мікрохвильові печі, вимірювальні прилади, промислове обладнання високочастотного нагріву, а також усі елементи, під'єднані до мережі.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтенсивність електромагнітного поля в будь-якій точці простору залежить від відстані від нього і потужності генератора. На характер розподілу поля в приміщенні має вплив наявність металевих конструкцій і предметів, які є провідниками, а також діелектриків, які знаходяться в ЕМП. Рівень інтенсивності ЕМП у зв'язку із зростанням їх потужності та кількості джерел наразі різко виріс. В деяких районах він в сотні разів перевищує значення середнього нормального "природного фону".

Електромагнітні поля негативно впливають на людей, які безпосередньо мають справу із джерелами випромінювань, а також на населення, яке проживає поблизу таких джерел. Рівень впливу електромагнітних випромінювань на організм людини залежить від розмірів поверхні тіла, яка опромінюється, режиму опромінення, індивідуальних особливостей організму, характеру випромінювання, тривалості опромінення, діапазону частот та інтенсивності впливу відповідних чинників [33].

Рівень електромагнітних випромінювань у районах, де розміщені потужні локаційні та радіопередавальні станції, часто перевищує допустимі санітарні норми. Це дуже шкодить здоров'ю людей, які проживають біля таких станцій. Вплив ЕМП характеризується біологічною дією. Вони негативно впливають на нервову систему, спричинюють сильну втому і головний біль, зумовлюють зниження точності робочих рухів, млявість, безсоння, розвиток неврозів, порушення в органах і системах (підшлункової залози, селезінки, печінки, шлунку), функціональні зсуви в діяльності кровотворної, ендокринної, серцево-судинної, нервово-психічної систем, фіксуються зміни показників вуглеводного та білкового обміну, зафіксовані порушення на клітинному рівні, змінюється склад крові. Вплив ЕМП на біологічні об'єкти залежить від рівня інтенсивності опромінення [34].

Нормування рівня напруженості електромагнітних полів на робочих місцях здійснюється згідно вимог ДСанПін 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДП) електронно-обчислювальних машин» [34].

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий вплив характеризується загальним збільшенням температури тіла, подібним до локалізованого нагріву тканини. Впливаючи на живу тканину організму, ЕМП спричиняє змінну поляризацію атомів і молекул, які формують клітини, внаслідок чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло може мати негативний вплив на окремі органи і весь людський організм. Особливо шкідливим є перегрів таких органів, як нирки, мозок, очі. З ростом інтенсивності проявляється вплив на клітини печінки, умовно-рефлекторну діяльність, нервову систему, підвищення тиску, викликає втрату зору та зміни у корі головного мозку.

Для запобігання професійних захворювань, які з'являються під впливом ЕМП, розроблені санітарні правила та норми щодо електротехнічних і радіотехнічних об'єктів на основі медикобіологічних досліджень. Вони також регламентують умови експлуатації для охорони населення від негативного впливу випромінювань.

Для захисту людини від дії електромагнітних опромінювань використовуються різні заходи і засоби захисту: захист відстанню, часом, застосування засобів індивідуального захисту, скорочені робочі дні, додаткова відпустка, медичні огляди, дистанційне керування і контроль в екранованому приміщенні, виділення зон випромінювання, екранування джерел випромінювання, екранування робочих місць, встановлення санітарних кордонів навколо джерела ЕМП, зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання. Основні заходи захисту від негативного впливу електромагнітних випромінювань [34]:

- використання засобів індивідуального захисту, від електромагнітних випромінювань, до яких відносять і халати з металізованої тканини, комбінезони, переносні парасолі;

- організаційні заходи (допуск осіб не молодших за 18 років і тих, які не мають захворювань очей, серця, центральної нервової системи, скорочений робочий день, додаткова відпустка, проведення медогляду – не рідше одного разу на рік, проведення дозиметричного контролю інтенсивності електромагнітних випромінювань – не рідше одного разу на шість місяців);

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– зменшення випромінювання безпосередньо біля джерела (досягається шляхом збільшення відстані між робочим місцем і джерелом спрямованої дії, зменшенням потужності випромінювання генератора);

– екранування джерел випромінювання.

Для захисту працівників від електромагнітних випромінювань також використовують заземлені захисні козирки, кожухи, екрани, які встановлюються на шляху випромінювання. Засоби захисту (кожухи, екрани) з радіопоглинаючих матеріалів виконують у вигляді феромагнітних пластин, жорстких або гнучких листів поролону, тонких гумових килимків.

Комп'ютерна система дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування розроблялася з урахуванням заходів щодо зменшення впливу електромагнітних полів на людину.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено комп'ютерну систему дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування, яка поєднує сучасні апаратні та програмні рішення у сфері IoT.

У першому етапі роботи проаналізовано предметну область та обґрунтовано доцільність використання комбінованого підходу до виявлення присутності людини із застосуванням радіолокаційного та інфрачервоного датчиків, що дозволило підвищити точність і надійність функціонування системи.

У ході проектування створено структурну та електричну принципову схеми системи, які забезпечують ефективну інтеграцію мікроконтролерного модуля, датчиків та виконавчих пристроїв, а також коректну організацію обміну даними між компонентами.

Було реалізовано алгоритм роботи системи, який забезпечує комплексну обробку даних із датчиків, адаптивне керування освітленням залежно від рівня освітленості та своєчасне реагування на появу людини в зоні контролю.

У процесі програмної реалізації було розроблено ПЗ для мікроконтролера, що забезпечує збір даних, обробку сигналів, керування світлодіодами, захоплення зображень та передачу інформації користувачу через Telegram-бота.

Проведене моделювання дозволило перевірити працездатність системи на етапі проектування, а тестування фізичного прототипу підтвердило коректність функціонування всіх компонентів у реальних умовах експлуатації.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		58

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Akinwumi S.A., Ezenwosu A.C., Omotosho T.V., Adewoyin O.O., Adagunodo T.A., Oyeyemi K.D. Arduino based security system using passive infrared (PIR) motion sensor. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. Vol. 655, No. 1, P. 012039.

2. Nanzer J.A. A review of microwave wireless techniques for human presence detection and classification. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2017. 65(5). P. 1780-1794.

3. Yu C., Xu Z., Yan K., Chien Y.R., Fang S.H., Wu H.C. Noninvasive human activity recognition using millimeter-wave radar. IEEE Systems Journal, 2022. 16(2), P. 3036-3047.

4. Nevliudov I., Yevsieiev V. Maksymova S., Demaska N., Kolesnyk K., Miliutina O. Mobile Robot Navigation System Based on Ultrasonic Sensors. In 2023 IEEE XXVIII International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), 2023. Vol. 1. P. 247-251.

5. Purohit M., Singh M., Yadav S., Singh A.K., Kumar A., Kaushik B.K. Multi-sensor surveillance system based on integrated video analytics. IEEE Sensors Journal, 2021. 22(11). P. 10207-10222.

6. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.

7. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.

8. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018. 740 с.

9. Velychko D., Osukhivska H., Palaniza Y., Lutsyk N., Sobaszek Ł. Artificial Intelligence Based Emergency Identification Computer System. Advances in Science and Technology Research Journal. Volume 18, Issue 2, 2024. P. 296–304.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Voloshchuk A., Osukhivska H., Khvostivskyi M., Sverstiuk A., Khvostivska L. Component method for analyzing the energy consumption signal as a periodically correlated random process. ITTAP'2025: 5th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems. Ternopil, Ukraine, 2025. Vol. 4146. P. 128-137.

11. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.

12. Voloskyi V., Leshchyshyn Y., Romanyshyn 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.

13. Романов Д.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Система управління зовнішнім освітленням на основі Інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 120.

14. 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.

15. Palamar M., Yavorska M., Palamar A., Strembitskyi M. Modeling and Research of Satellite Antenna Adjustment Process for Earth Remote Sensing. 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week, Kharkiv, Ukraine, November 14-18, 2022. P. 317-320.

16. 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.

17. Strembitskyi M., Yavorska M., Palamar A., Kochan R., Yeromenko V. A comparative study of bug algorithms for robot navigation. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2025), Ternopil, Ukraine, June 11-12, 2025. Vol. 4057 P. 312-321.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>60</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

18. Yatsyshyn V., Pastukh O., Kukharska V., Palamar A., Kulikov S. Method and tool of detecting software architecture patterns in the process of computer systems development. CEUR Workshop Proceedings, 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2024), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, October 23-25, 2024. Vol. 3896. P. 12-24.

19. Palamar M., Nakonetchnyi Y., Palamar A., Strembitskyi M., Apostol Y. Modernization of the azimuth drive design for the antenna system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2025. Vol. 117, No 1, P. 54–61.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. Tymoshchuk D., Voloshchuk A., Sverstyuk A., Osukhivska H., Bagrij–Zayats Z. Machine Learning–Based Information Technology for Analyzing Energy Peaks in Power Grid Balancing. Proceedings of the 2nd International Workshop on Advanced Applied Information Technologies (AdvAIT 2025). 2025. Vol. 4163.

24. Palamar A., Voloskyi V., Kramar O., Kramar T., Stankevych O., Yatsyshyn V. Information computer system with a virtual tour for cultural heritage preservation of the Zbarazh Castle Museum's exhibition hall. CEUR Workshop Proceedings, The 3rd International Workshop on Social Communication and Information Activity in Digital Humanities (SCIA 2024), Lviv, Ukraine, October 31, 2024. Vol. 3851.

25. Palamar A., Karpinskyy 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.

					КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. Palamar M., Pasternak Y., Palamar A., Poikhalo A. Precision tracking of the trajectory LEO satellite by antenna with induction motors in the control system. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2017), Bucharest, Romania, September 21–23, 2017. Vol. 2. P. 1051–1055.

30. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі ІоТ. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей Х міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24–25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

31. 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.

32. Запорожець О.І. Безпека життєдіяльності. Підручник, 2-е видання, Центр учбової літератури, 2020. 448 с.

33. Стищенко Т.Є., Пронюк Г.В., Сердюк Н.М., Хондак І.І. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. Харків: ХНПУЕ, 2018. 336 с.

34. Мелех Л.В. Безпека життєдіяльності та охорона праці: навч. посіб. Львів: ЛДУ внутрішніх справ. 2022. 219 с.

					<i>КС КРБ 123.197.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А  
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедру КС

\_\_\_\_\_ Осухівська Г.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ  
ПРИСУТНОСТІ ЛЮДЕЙ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ  
РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СКАНУВАННЯ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на  8  листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ к.т.н. Осухівська Г.М.

“ 2 ” лютого 2026 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-42

\_\_\_\_\_ Фалінський А.В.

“ 2 ” лютого 2026 р.

Тернопіль 2026

## 1 Загальні відомості

### 1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютерна система дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.197.00.00.

### 1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Фалінський Арсен Володимирович.

### 1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/9-188 від «24» квітня 2026 року.

### 1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 26.01.2026 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 21.06.2026 р.

## 1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Оформлення технічної документації до кваліфікаційної роботи бакалавра здійснюється згідно діючих вимог вітчизняних та міжнародних стандартів. Технічна документація до кваліфікаційної роботи бакалавра включає в себе текст пояснювальної записки та креслення, які максимально інформативно та стисло відображають основні результати розробки комп'ютерної системи дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проєктування є групи діючих стандартів ДСТУ, ISO, ЄСКД та ЄСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

## 2 Призначення і цілі створення системи

### 2.1 Призначення системи

Комп'ютерна система призначена для дистанційного виявлення факту присутності людей у заданій зоні контролю з використанням технологій радіолокаційного сканування. Система повинна автоматично збирати дані з радіолокаційного сенсора, виконувати їх первинну обробку та передавати результати на IoT-платформу для подальшого моніторингу.

Проєктована система може застосовуватися у таких сферах:

- системи безпеки та охорони об'єктів;
- автоматизація будівель і приміщень;
- контроль доступу та облік присутності;
- системи енергозбереження;
- допоміжні системи моніторингу в промисловості та сфері послуг.

## 2.2 Мета створення системи

Метою створення системи є розробка функціонально завершеного апаратно-програмного комплексу, здатного забезпечувати надійне та стабільне виявлення присутності людей із передаванням даних на IoT-платформу в режимі реального часу або з заданою періодичністю.

Досягнення поставленої мети передбачає поєднання сучасних радіолокаційних технологій, мікроконтролерних засобів обробки даних та мережевих IoT-рішень у єдиній комп'ютерній системі.

## 2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом автоматизації є обмежена зона або приміщення, у межах яких необхідно визначати наявність або відсутність людей. Об'єкт може характеризуватися змінними умовами освітлення, наявністю меблів, перегородок або інших перешкод, що ускладнюють використання оптичних методів виявлення.

Система повинна функціонувати без прямого контакту з людиною та не потребувати використання носимих пристроїв, що підвищує універсальність і зручність експлуатації.

## 3 Вимоги до системи

### 3.1 Вимоги до системи в цілому

Система повинна бути модульною, масштабованою та орієнтованою на використання стандартних апаратних і програмних компонентів. Архітектура системи має забезпечувати можливість її розгортання в автономному режимі або у складі розподіленої IoT-інфраструктури.

До загальних вимог належать:

- безперервність функціонування в заданих умовах;
- мінімальне енергоспоживання;
- можливість віддаленого доступу до даних;
- простота налаштування та експлуатації.

### 3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Система повинна складатися з апаратного модуля збору даних, програмного модуля обробки інформації та мережевого модуля передавання даних. Структура системи має передбачати чіткий розподіл функцій між окремими компонентами.

Функціонування системи повинно включати:

- ініціалізацію апаратних компонентів;
- зчитування даних із радіолокаційного сенсора;
- аналіз та фільтрацію сигналів;
- формування результатів виявлення;
- передавання даних на IoT-платформу.

### 3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Обмін даними між компонентами системи повинен здійснюватися з використанням стандартних інтерфейсів і протоколів. Для внутрішньої взаємодії допускається застосування інтерфейсів UART, SPI або I<sup>2</sup>C, а для зовнішнього зв'язку — бездротових технологій.

Засоби зв'язку повинні забезпечувати:

- достатню пропускну здатність;
- стійкість до завад;
- сумісність із обраною IoT-платформою.

### 3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна підтримувати декілька режимів роботи, зокрема:

- основний режим моніторингу присутності;
- режим налаштування параметрів;
- тестовий режим;
- енергозберігаючий режим.

Перемикання між режимами повинно виконуватися програмно без втручання в апаратну частину системи.

### 3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Архітектура системи повинна забезпечувати можливість подальшої модернізації та розширення функціоналу. Зокрема, має бути передбачена можливість:

- підключення додаткових сенсорів;
- розширення алгоритмів аналізу;
- інтеграції з іншими інформаційними системами;
- оновлення програмного забезпечення.

### 3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого часу без втрати функціональності. Надійність системи повинна досягатися за рахунок використання перевірених апаратних компонентів і програмних механізмів контролю помилок.

До вимог надійності належать:

- коректна обробка збоїв;
- автоматичне відновлення роботи після перезапуску;
- захист від некоректних даних.

Показники надійності системи дистанційного виявлення присутності людей на основі технологій радіолокаційного сканування повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,5 %.

### 3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Система повинна виконувати такі основні функції:

- виявлення присутності людини в зоні контролю;
- обробка та інтерпретація сигналів;
- передавання даних на IoT-платформу;
- зберігання та візуалізація інформації.

Крім основних функцій, система повинна підтримувати допоміжні задачі, пов'язані з діагностикою та моніторингом власного стану.

### 3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Апаратна частина системи повинна базуватися на мікроконтролерній платформі з достатніми обчислювальними ресурсами для обробки даних у реальному часі. Радіолокаційний сенсор має забезпечувати стабільне виявлення присутності людини на заданій відстані.

До апаратного забезпечення висуваються такі вимоги:

- компактність і енергоефективність;
- сумісність компонентів;
- можливість живлення від автономних джерел;
- електрична та механічна надійність.

## 4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;

- графічного матеріалу:
  1. структурна схема системи;
  2. схема електрична принципова;
  3. блок-схема алгоритму роботи;
  4. результати моделювання системи.

\*Примітка: В комплект конструкторської документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

## 5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	26.01 – 02.02
2.	Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання	03.02 – 15.02
3.	Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютерної системи	20.04 – 25.04
4.	Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютерної системи	26.04 – 05.05
5.	Робота над четвертим розділом «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	07.05 – 25.05
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	26.05 – 07.06
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	08.06 – 14.06
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	15.06 – 21.06
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	24.06.2026

## 6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б  
Перелік елементів



## Додаток В

### Лістинг програми

Лістинг В.1 – Код програми мікроконтролера для реалізації системи дистанційного виявлення присутності людей.

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include "esp_camera.h"
#include "secret.h"

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOT_TOKEN, client);
// ===== BH1750 =====
BH1750 lightMeter;
// ===== WS2812 =====
#define LED_PIN 4
#define NUM_LEDS 8
Adafruit_NeoPixel strip(NUM_LEDS, LED_PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
// ===== PIR =====
#define PIR_PIN 12
// ===== LD2410 (UART) =====
#define RXD2 6
#define TXD2 7
HardwareSerial LD2410(2);
// ===== SETTINGS =====
#define LIGHT_THRESHOLD 50 // люкси
#define DETECT_DELAY 15000 // антиспам Telegram
unsigned long lastDetectTime = 0;

// ===== SETUP =====
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(PIR_PIN, INPUT);
  strip.begin();
  strip.show();
  Wire.begin(14, 15);
  lightMeter.begin();
  LD2410.begin(256000, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
  startCamera();
  connectWiFi();
}

// ===== LOOP =====
```

```

void loop() {
    bool radar = checkLD2410();
    bool pir = digitalRead(PIR_PIN);
    float lux = lightMeter.readLightLevel();
    bool detected = pir || radar;
    if (detected && millis() - lastDetectTime > DETECT_DELAY) {
        Serial.println("Detected!");
        // Керування світлом
        if (lux < LIGHT_THRESHOLD) {
            setLED(true);
        }
        // Фото
        sendPhotoTelegram();
        // Дані
        String msg = "Виявлено людину!\n";
        msg += "Освітленість: " + String(lux) + " lx\n";
        msg += "PIR: " + String(pir) + "\n";
        msg += "Radar: " + String(radar);
        bot.sendMessage(CHAT_ID, msg, "");
        lastDetectTime = millis();
    }
    // Вимкнення світла
    if (!detected) {
        setLED(false);
    }
    delay(200);
}

// ===== CAMERA CONFIG =====
void startCamera() {
    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = 5;
    config.pin_d1 = 18;
    config.pin_d2 = 19;
    config.pin_d3 = 21;
    config.pin_d4 = 36;
    config.pin_d5 = 39;
    config.pin_d6 = 34;
    config.pin_d7 = 35;
    config.pin_xclk = 0;
    config.pin_pclk = 22;
    config.pin_vsync = 25;
    config.pin_href = 23;
    config.pin_sscb_sda = 26;
    config.pin_sscb_scl = 27;
    config.pin_pwdn = 32;
    config.pin_reset = -1;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
    config.frame_size = FRAMESIZE_VGA;
    config.jpeg_quality = 10;
}

```

```

    config.fb_count = 1;
    esp_camera_init(&config);
}

// ===== LD2410 =====
bool checkLD2410() {
    if (LD2410.available()) {
        String data = LD2410.readStringUntil('\n');
        if (data.indexOf("presence") >= 0) {
            return true;
        }
    }
    return false;
}

// ===== LED CONTROL =====
void setLED(bool state) {
    if (state) {
        for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++)
            strip.setPixelColor(i, strip.Color(255, 100, 50));
    } else {
        strip.clear();
    }
    strip.show();
}

// ===== WIFI =====
void connectWiFi() {
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
    }
    client.setInsecure(); // для Telegram
}

// ===== SEND PHOTO =====
void sendPhotoTelegram() {
    camera_fb_t * fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) return;
    bot.sendPhotoByBinary(CHAT_ID, "image/jpeg", fb->len, fb->buf,
"photo.jpg");
    esp_camera_fb_return(fb);
}

```