

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

факультет інформатики та обчислювальної техніки  
(повна назва інституту/факультету)

кафедра автоматика та управління в технічних системах  
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
О. І. РОЛІК  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 126 «Інформаційні системи та технології»  
(код і назва спеціальності)

на тему: Система управління дорожнім рухом в межах міського кварталу на основі технології інтернету речей

Виконав : студент б курсу, групи ІА-73мп  
(шифр групи)

Головко Віталій Анатолійович  
(прізвище, ім'я, по батькові) \_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н. Писаренко А. В.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) \_\_\_\_\_ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет (інститут) інформатики та обчислювальної техніки  
(повна назва)

Кафедра автоматики та управління в технічних системах  
(повна назва)

Рівень вищої освіти - другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

(код, назва)

Спеціальність (спеціалізація) 126 «Інформаційні системи та технології»  
(код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О. І. РОЛІК  
(ініціали, прізвище)

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Головку Віталію Анатолійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема дисертації Система управління дорожнім рухом в межах міського кварталу на основі технології інтернету речей

Науковий керівник дисертації Писаренко Андрій Володимирович к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “29” жовтня 2018 р. № \_\_\_\_\_

2.Строк подання студентом дисертації “4” грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження: інтенсивність транспортних потоків в межах міського кварталу.

4. Предмет дослідження: автоматизована система керування рухом транспорту з використанням інтернету речей.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: дослідити існуючі рішення та проблеми в даній області, розробити структурну схему системи, розробити функціональну схему системи, розробити схему взаємодії системи з авто, побудувати модель «розумного» кварталу, дослідити роботу системи на моделі та виміряти кількісні показники ефективності застосування «розумної» системи кварталу.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: функціональна схема, схема електрична принципова, схема структурна, алгоритм системи, граф моделі, структура елементів транспортних магістралей та область прогнозованого значення, динаміка зростання кількості сенсорів у світі (інтернет речей), алгоритм формування керуючих сигналів АСКДР за сигналами інтенсивності транспортних потоків.

7. Орієнтовний перелік публікацій: «Система управління дорожнім рухом на основі технології інтернету речей».

8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

9. Дата видачі завдання “29” жовтня 2018 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Дослідження проблеми безпечності руху транспорту в межах міського кварталу	30.10.18-04.11.18	
2	Моделювання інтенсивності транспортних потоків в межах міського кварталу	05.11.18-14.11.18	
3	Розроблення структурної схеми системи	15.11.18-22.11.18	
4	Розробка функціональної схеми АСКДР	23.11.18-25.11.18	
5	Розробка стартап-проекту	26.11.18-29.11.18	
6	Оформлення текстової і графічної документації	30.11.18-04.12.18	
7	Представлення до захисту	4.12.2018	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Головко В. А.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

Писаренко А. В.

(ініціали, прізвище)

## Реферат

Об'єкт дослідження – інтенсивність транспортних потоків в межах міського кварталу.

Предмет дослідження – система керування рухом транспорту з використанням інтернету речей.

Завдання дослідження:

- дослідження існуючих рішень та проблем в даній області;
- розроблення структурної схеми системи;
- розроблення функціональної схеми системи;
- розроблення схеми взаємодії системи з авто;
- побудова моделі «розумного» кварталу;
- дослідження роботи системи на моделі та вимірювання кількісних показників ефективності застосування «розумної» системи кварталу.

Методи дослідження:

- моделювання динаміки транспортних потоків;
- статистична обробка результатів вимірювання;
- прогнозування змін транспортних потоків в межах міського кварталу.

Отримані результати:

- досліджені проблеми організації ефективного керування в межах міського кварталу;
- досліджені на моделі граничні (критичні) стани транспортних потоків;
- розроблена структурна АСКДР;
- розроблені алгоритми функцій АСКДР;
- обґрунтовано вибір типів та характеристик сенсорів.

Робота містить: сторінок 105, рисунків 28, таблиць 32, плакатів 8.

## Abstract

The object of the study is the intensity of traffic flows within the city district.

Subject of research - a system for controlling the movement of vehicles using the Internet of things.

Objectives of the study:

- research of existing solutions and problems in this area;
- development of the structural scheme of the system;
- development of a functional scheme of the system;
- development of the scheme of interaction of the system with the car;
- construction of the "smart" quarter model;
- studying the system's operation on the model and measuring the quantitative indicators of the efficiency of the "smart" system of the quarter.

Research methods:

- modeling the dynamics of traffic flows;
- statistical processing of measurement results;
- forecast of changes in traffic flows within the city quarter.

Obtained results:

- problems of organization of effective management within the city quarter are investigated;
- models of boundary (critical) states of transport streams are investigated;
- Structural ACCS has been developed;
- Algorithms of the functions of the ASDP are developed;
- the choice of types and characteristics of sensors is substantiated.

The work contains: pages 105, drawings 28, tables 32, posters 8.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕЧНОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТУ В МЕЖАХ МІСЬКОГО КВАРТАЛУ .....	11
1.1 Основні поняття предметної галузі .....	11
1.2 Дослідження особливостей та проблем керування транспортними та пішохідними потоками в межах міського кварталу .....	15
2 МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В МЕЖАХ МІСЬКОГО КВАРТАЛУ .....	21
2.1 Опис імовірнісної моделі Маркова. ....	21
2.2 Дослідження динаміки руху транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу .....	25
2.3 Використання ймовірнісних моделей на основі теорії ланцюгів Маркова для конкретних оцінок ймовірностей станів транспортних потоків .....	26
3 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ .....	33
3.1 Опис структурної схеми .....	33
3.2 Робота системи по структурній схемі .....	35
3.3 Особливості функціонування АСКДР з використанням інтернет речей	40
3.3 Вибір та опис датчиків .....	44
3.3.1 Вибір датчика вологості .....	44
3.3.2 Вибір датчика тиску .....	50
3.3.3 Вибір датчика температури .....	54
4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АСКДР .....	63
4.1 Опис функціональної схеми та алгоритму .....	63
4.2 Вибір мікроконтролера .....	70
5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ» .....	79
5.1 Опис ідеї проекту .....	79
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	81
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту .....	82
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	92

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	96
5.6 Висновки .....	99
ВИСНОВКИ.....	101
ДОДАТОК А.....	106
ДОДАТОК Б .....	115

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

1. АКС – автоматизована система керування.
2. АСКДР – автоматизована система керування дорожнім рухом.
3. IoT – інтернет речей.
4. ВДМ – вулично-дорожня мережа.
5. АЦП – аналогово-цифровий перетворювач.
6. ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач.
7. МК – мікроконтролер.
8. БІР – блок інтернет речей.
9. БЗЗ – блок засобів зв'язку.
10. БВП – блок виконавчих пристроїв.
11. БДЗ – блок бази даних та бази знань.
12. ІБ – інтерфейсний блок.
13. ПВ – пристрій вводу.
14. БЖ – блок живлення.
15. НПЗП – напівпостійний запам'ятовуючий пристрій.
16. СТ – лічильник імпульсів.
17. RG – регістр числа.
18. 4G – засіб передачі інформації від інтернет речей до мікроконтролера системи.
19. ТТЛ – транзистор-транзисторна логіка.
20. ТТЛШ – транзистор-транзисторна логіка з діодами Шотткі.



## ВСТУП

Автоматизовані системи керування (АКС) складними процесами і об'єктами – застосовуються практично у всіх сферах людської діяльності і при цьому спектр їх застосування постійно розширюється з одночасним вдосконаленням самих систем.

Актуальність.

На сьогоднішній день при інтенсивно зростаючій кількості автомобільного транспорту гостро постала проблема підвищення ефективності функціонування транспортних систем міст. Підвищення ефективності роботи транспортних засобів у міському середовищі базується на збільшенні швидкості доставки вантажів та перевезенні пасажирів, комфортності і безпеки руху, на зниженні собівартості перевезень та на покращенні транспортно-експлуатаційних показників функціонування міських вулиць і доріг. За останні роки погляди і методи проектування транспортних систем міст зазнали значних змін, викликаних залежністю населення від автомобілів, що перебувають в індивідуальному користуванні та сприяють значному перевантаженню центральних частин міст автомобільним транспортом. Для вирішення цих проблем розроблено багато методів з підвищення транспортно-експлуатаційних якостей автомобільних доріг і міських вулиць. Аналізуючи розвиток транспортних систем міст України, треба відмітити, що, при значному щорічному збільшенні кількості легкових транспортних засобів, показник розвитку мережі міських вулиць і доріг та забезпечення їх технічними засобами регулювання та управління рухом залишається малорозвиненим. Вирішення проблем значної кількості затримок та погіршення умов експлуатації транспортних засобів потребує цілого набору заходів щодо оцінки покращення умов стану вулично-дорожньої мережі (ВДМ).

Мета – зменшення завантаженості перехресть в межах міського кварталу за рахунок системи, побудованій на основі інтернету речей.

Задачі дослідження:

- дослідження існуючих рішень та проблем в даній області;
- розроблення структурної схеми системи;
- розроблення функціональної схеми системи;
- розроблення схеми взаємодії системи з авто;
- побудова моделі «розумного» кварталу;
- дослідження роботи системи на моделі та вимірювання кількісних показників ефективності застосування «розумної» системи кварталу.

Об'єктом дослідження даної магістерської дисертації є інтенсивність транспортних потоків в межах міського кварталу.

Предметом дослідження є автоматизована система керування рухом транспорту з використанням інтернету речей.

Методи дослідження: моделювання динаміки транспортних потоків, статистична обробка результатів вимірювання, прогнозування змін транспортних потоків в межах міського кварталу.

Практична цінність результатів магістерської дисертації полягає у використанні технології інтернету речей для моніторингу ситуації на перехрестях та управління трафіком за допомогою інформаційних табло, світлофорів та болардів.

Результати було оприлюднено на науковій конференції Міжнародному інноваційному форумі “Інноваційна економіка та наука”, який пройшов 21-23 листопада 2018р. МВЦ м. Київ та опубліковано у журналі “Техніка та технології АПК”.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕЧНОСТІ РУХУ ТРАНСПОРТУ В МЕЖАХ МІСЬКОГО КВАРТАЛУ

## 1.1 Основні поняття предметної галузі

Безпека руху транспорту та пішоходів у великих містах – є складною проблемою. Над її вирішенням працює багато науковців та інженерів-практиків.

Особливістю руху транспорту є те, що його інтенсивність з одного боку змінюється в широкому діапазоні, а з другого боку – залежить від великої кількості факторів.

Дослідження інтенсивності транспортних потоків ведеться давно. Так, в 1960 р. А. Вебстер [7] запропонував методику керування рухом транспорту на окремому перехресті, яка стала пізніше основою для створення автоматизованої системи керування дорожнім рухом (АСКДР).

В 70-х роках Д. Робертеон (Англія) запропонував структуру комп'ютера для транспортних мереж дозвільної конфігурації з врахуванням інтенсивності руху транспорту на всіх перехрестях міського кварталу [8].

Але все ще залишається проблема збору інформації від великої кількості сенсорів, розміщених на перехрестях міських кварталів.

Старі системи зв'язку (пропускна здатність каналів зв'язку) не дозволяли вирішити це завдання.

Всі АСКДР були розділені на магістральні та загальноміські, а загальноміські розділили на зональні. Саме вони почали інтелектуалізуватися найбільшими темпами.

На рисунку 1.1 представлена загальна структура такої загальноміської АСКДР.



Рисунок 1.1 – Узагальнена структура загальноміської АСКДР

Системи керування пройшли кілька етапів свого розвитку.

Перший етап. На цьому етапі, з якого бере початок розвиток системи керування, простий розрахунок параметрів керування здійснювався вручну. Тобто, їх збір, передача до контролерів, та подальше формування керуючих сигналів відбувалося без допомоги будь-яких автоматизованих механізмів.

Другий етап. З розвитком суспільства зросла потреба в автоматизації цих систем управління. Але на даному етапі це відбулося лише частково. Розрахунок почали реалізовувати на комп'ютерах, але керуючі сигнали в дорожній контролер продовжують вводитися вручну.

Третій етап. На даному етапі було здійснено повну автоматизацію системи керування. Тобто, всі розрахунки і введення сигналів в АСКДР стали автоматизованими. Крім цього, стало можливим передбачення зміни

Четвертий етап. Це новий прорив у розвитку автоматизованих систем керування. На цьому етапі все автоматизовано в реальному часі. Тобто, за допомогою спеціальних датчиків можливо забезпечити збір інформації. Тепер керуючі програми виконують дії, адаптуючись до інтенсивності потоку транспорту та пішоходів.

П'ятий етап. Тепер автоматизовані системи керування використовують інтернет речей. В них передбачена можливість прогнозування динаміки транспортних потоків. Зрозуміло, що для того щоб прогнозування зміни динаміки було можливим необхідно враховувати зміни природньо-кліматичних умов, освітлення, інтенсивності потоків, та багатьох інших факторів

Сьогодні в межах міського кварталу застосовуються локальні АСКДР, структуру яких можна представити наступною схемою (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Структурна схема локальної АСКДР

На цьому рівні використовуються системи з незмінними (жорсткими) алгоритмами управління з можливим втручанням в процес управління оператора, який має в даній системі вищий пріоритет.

Саме оператор має право виконати повну заміну програми сигналів світлофора. Це задача складна тому, що АСКДР повинна мати можливість реалізувати наступні алгоритми управління світлофорами:

- однопрограмне;
- багатопрограмне жорстке управління;
- адаптивне до зміни потоків;
- диспетчерське (аварійне);
- пріоритетний пропуск транспорту (швидка допомога, пожежна машина і т. п.);
- “зелена вулиця”.

Ефективність реалізації таких алгоритмів залежить від кількості, якості та вчасного надходження інформації від вуличних сенсорів. Сам процес управління дорожнім рухом слід розглядати як сукупність методів та прийомів зміни параметрів транспортних потоків у часі.

Для підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міста сьогодні необхідно вирішувати цілу систему технологічних, технічних та організаційних завдань.

Існуючі підходи уже не задовольняють сьогоднішніх потреб. Тому використання інтернет речей в складі АСКДР спільно з каналами зв'язку 4G– дозволяють вирішити існуючі проблеми (передача інформації від великої кількості сенсорів в реальному часі, адаптація до інтенсивності руху, врахування природньо-кліматичних умов, прогнозування) і забезпечити високу якість управління транспортними потоками в межах як окремого міського кварталу, так і міста вцілому.

## 1.2 Дослідження особливостей та проблем керування транспортними та пішохідними потоками в межах міського кварталу

Якщо розглядати спільно транспортні та пішохідні потоки в межах міського кварталу, їх слід класифікувати як складну динамічну багато параметричну систему з великою кількістю можливих станів і таку, яка знаходиться під впливом багатьох факторів. Керування такою системою – складна ітеративна задача.

Цільова функція (задача) керування транспортними та пішохідними потоками в межах міського кварталу – це формування гарантованої безпечності руху незалежно від інтенсивності потоків, природніх умов, критичних ситуацій (пропуск спеціалізованого транспорту) та інших, як правило, непередбачуваних ситуацій.

Інтенсивність транспортних потоків постійно зростає і підвищити (або хоча б забезпечити) безпечність руху стає все складніше і складніше.

Старі, відомі методи керування такими складними динамічними системами виявились неефективними тому, що не можуть врахувати великої кількості інформації, яка відображає поточні стани таких систем.

Проблема в тому, що старі методи керування не враховували всієї потрібної їм вхідної інформації, оскільки її не було.

Саме використання інтернет речей, об'єднання інформації, яку вони дають та швидка раціональна її обробка – стане основою для створення сучасних інтелектуалізованих автоматизованих систем керування транспортним рухом.

Оптимальна сукупність сенсорів, первинних вимірювальних перетворювачів, різноманітних датчиків – тобто інтернет речей – дозволяє отримувати в масштабі реального часу велику кількість інформації про умови та інтенсивність транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу.

На рисунку 1.3 зображено план елементів транспортних магістралей міського кварталу.

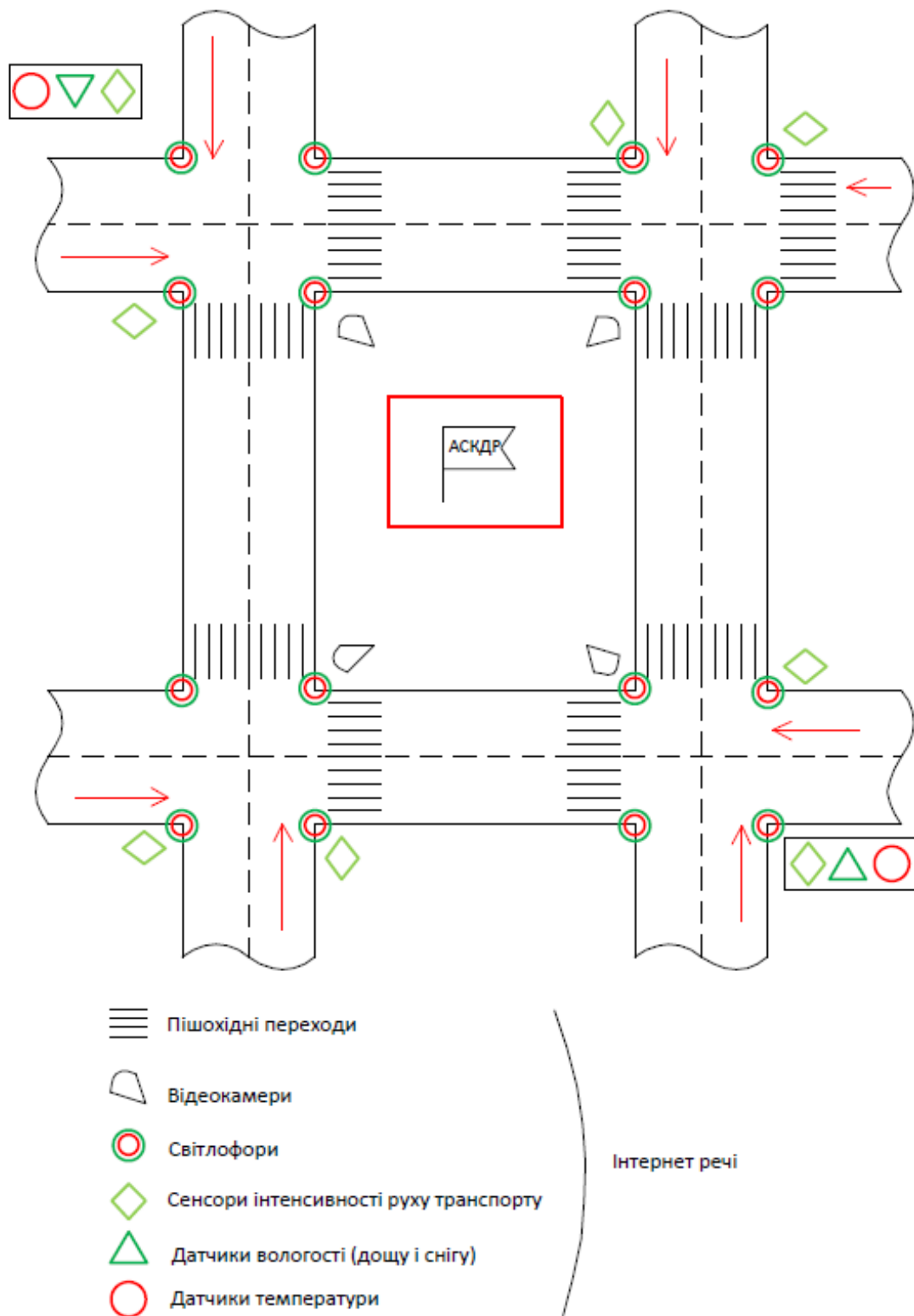


Рисунок 1.3 – План елементів транспортних магістралей міського кварталу



В роботах [1], наголошується увага на необхідності мати в базі даних АСКДР також інформацію із інших перехресть (тобто із інших міських кварталів, які пов'язані із вибраною системою транспортних магістралей).

Ця необхідність в рази збільшує інформаційні потоки і передати її старими засобами зв'язку (навіть у випадку, коли з допомогою інтернет речей вона буде підготована) – практично неможливо.

В роботах А. Баранова [9] однозначно стверджується, що для цього необхідне використання 4G.

На рисунку 1.4 зображена план-схема спільного руху автомобілів на двох сусідніх перехрестях I та II.

Як видно із схеми траєкторії руху транспортних одиниць  $A_{11}, A_{12}, A_{13}$  і  $A_{23}$  – перетинаються (аналогічно перетинаються  $A_{21}, A_{22}, A_{23}$  та  $A_{13}$ ), а тому алгоритми роботи світлофорів повинні враховувати цей факт, максимально допустиму швидкість руху автомобілів та відстань між перехрестями.

Крім цього необхідно враховувати погодні умови та інтенсивність транспортних і пішохідних потоків.

На рисунку 1.5 зображена область прогнозованого функціонування системи транспортних потоків на конкретному перехресті (з заданою безпечністю руху) в координатах швидкості (вісь абсцис) та кількості транспортних засобів на конкретній ділянці траси (вибрано 200 м, що дає можливість попередити водіїв через світлові табло про оптимальні умови переїзду через перехрестя).

На рис 1.5 (в центрі зображена область у вигляді кола з центром "O"), саме цю область можна вважати оптимальною для гарантування безпечного руху через перехрестя.

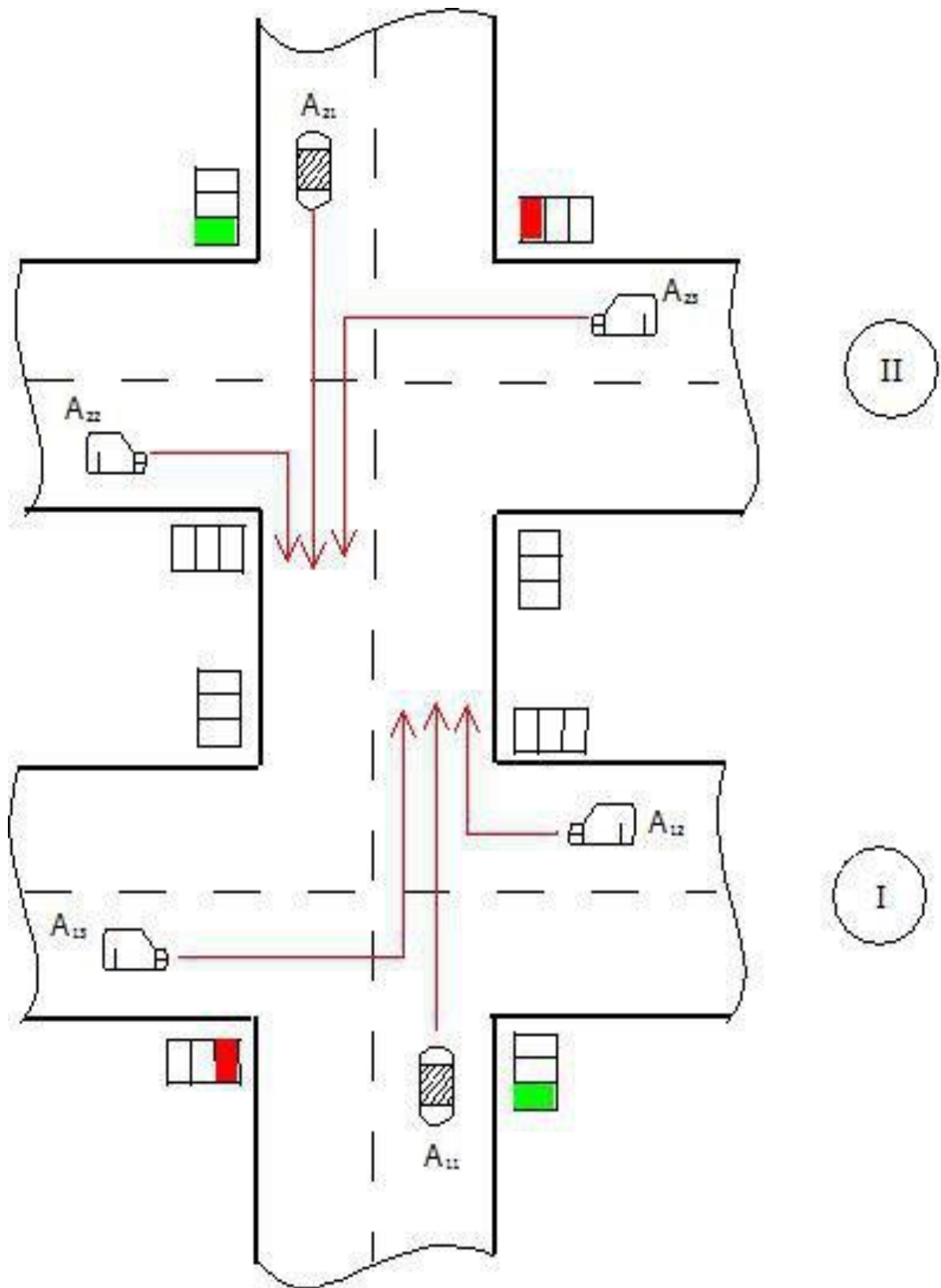


Рисунок 1.4 – План схема спільного руху автомобілів на двох сусідніх перехрестях

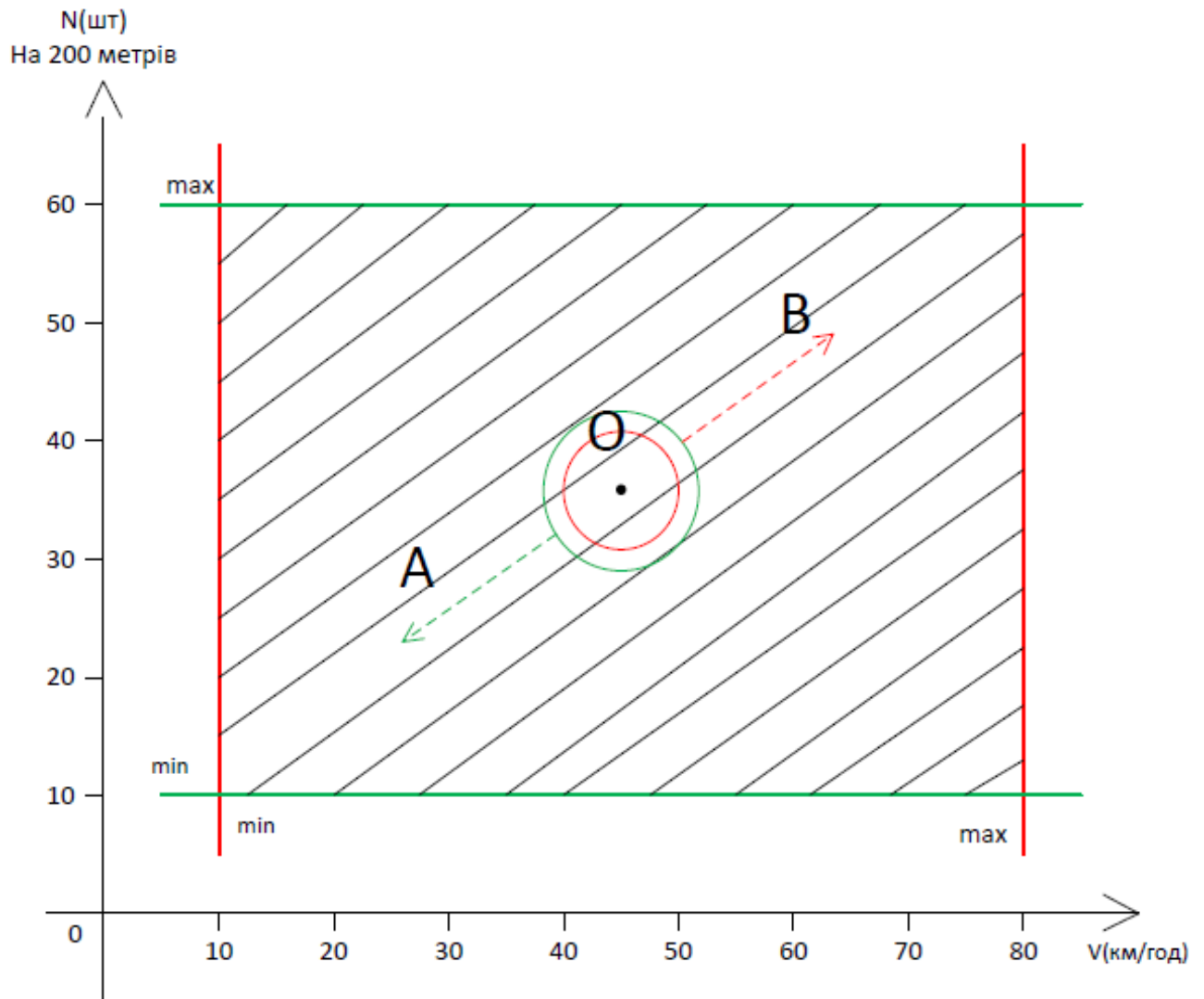


Рисунок 1.5 – Область прогнозованого функціонування системи транспортних потоків

Якщо ж область починає рухатись в напрямку точки В, то збільшується ймовірність погіршення безпеки руху конкретного автомобіля при переїзді через перехрестя, а якщо рух відбувається в напрямку А – то покращення безпеки руху.

Висновки до розділу 1:

- 1) безпека руху в межах міського кварталу залежить від багатьох параметрів, більшість з яких мають випадковий характер змін;

- 2) існуючі на сьогодні системи автоматичного керування транспортними та пішохідними потоками в межах міського кварталу – здебільшого застарілі і не можуть використати всієї можливої вхідної інформації;
- 3) саме використання інформації від великої кількості сенсорів (інтернет речей) може забезпечити сучасні АСКДР інформацією в режимі on-line;
- 4) надійно і вчасно передати інформацію від різноманітних вимірювальних сенсорів здатні 4G-мережі.

Результати дослідження показали, що безпечність руху транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу залежить від великої кількості факторів; насамперед, від інтенсивності потоків, природньо-кліматичних умов, наявності та ефективності застосування технічних засобів керування рухом та інших.

Одночасно динаміка змін цих параметрів, їх кількість та зміна пріоритетності – створюють проблему для автоматизації управління транспортними та пішохідними потоками.

Саме тому використання інтернет речей є практично єдиною ефективною технологією, яка дозволить розробити та ефективно використовувати автоматизовані системи керування дорожнім рухом в межах міського кварталу.

## 2 МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В МЕЖАХ МІСЬКОГО КВАРТАЛУ

### 2.1 Опис імовірнісної моделі Маркова.

Результати аналізу динаміки ймовірності змін інтенсивності транспортних і пішохідних потоків дозволяють сформулювати вимоги до функціонування АСКДР, особливо в критичних ситуаціях.

При цьому слід пам'ятати, що всі процеси та параметри, які впливають на можливу зміну інтенсивності потоків мають випадковий характер (наприклад вологість та температура повітря, напрямок та сила вітру, кількість транспортних засобів на конкретній полосі дороги, кількість людей на пішохідних переходах та ін.), а значить і ймовірність знаходження інтенсивності транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу також буде мати випадковий характер.

Для оцінки можливих змін поточного стану інтенсивності потоків майже всі математичні моделі вимагають наявності інформації про те, яким чином (тобто, при яких значеннях сукупності вимірюваних та контролюємих параметрів) значення ймовірності набуло того чи іншого стану, а така інформація, як правило, відсутня.

Разом з тим, використання ймовірнісних моделей на основі теорії ланцюгів Маркова – не вимагає інформації про те, як об'єкт дослідження перейшов в поточний стан і дозволяє кількісно оцінити ймовірність зміни (стану) інтенсивності транспортних потоків під дією сукупності конкретних факторів.

На рис 2.1 зображений граф ймовірнісної моделі можливих змін інтенсивності транспортних потоків на конкретному перехресті міського кварталу.

На графі виділені  $\aleph$  можливих станів інтенсивності транспортних потоків:

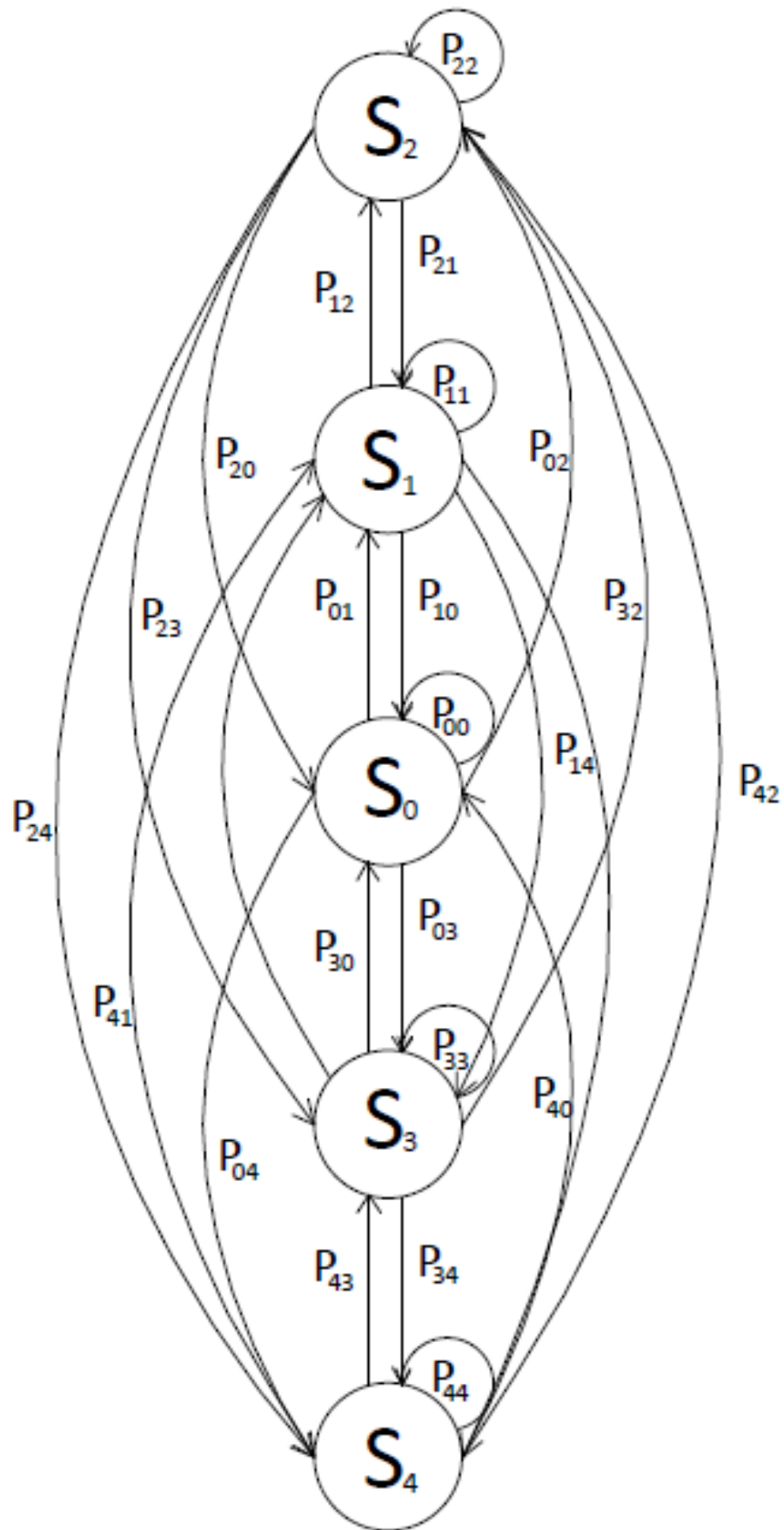


Рисунок 2.1 – Граф ймовірнісної моделі

$S_0$  – середньостатистична інтенсивність транспортних потоків на конкретному перехресті;

$S_1$  – стан більш безпечної (покращеної) інтенсивності транспортних потоків;

$S_2$  – можливий ідеальний стан (найбільш безпечний) інтенсивності транспортних потоків;

$S_3$  – стан менш безпечної (погіршеної) інтенсивності транспортних потоків;

$S_4$  – було визначено критичний (недопустимий) стан інтенсивності транспортних потоків.

В процесі зміни факторів зовнішнього впливу інтенсивність транспортних потоків може переходити з одного стану в інший, при цьому умовні перехідні ймовірності інтенсивності, які є функцією дії сукупності факторів впливу, будуть змінюватись в залежності від рівня (інтенсивності) впливу кожного окремого фактора.

Умовну перехідну ймовірність інтенсивності транспортних потоків  $P_{ij}$  можна (у відповідності до теорії ланцюгів Маркова) представити в наступному вигляді:

$$P_{ij} = \sum_1^n (x_1 * a + x_2 * b + x_3 * c + \dots + x_i * k),$$

де:

- $P_{ij}$  – умовна перехідна ймовірність з іншого стану в  $j$ -й;
- $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  – сукупність значень факторів впливу, які приймають значення рівне 1, якщо фактор впливає на імовірність зміни інтенсивності;
- коефіцієнти  $a, b, c, \dots, k$  – це вагові коефіцієнти впливу кожного окремого фактору, значення цих коефіцієнтів (на практиці) визначають експериментально.

Для розрахунку значення всіх умовних перехідних ймовірностей моделі (для кожного окремого транспортного перехрестя) складемо наступну систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1 \\ P = \begin{pmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} & P_{04} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{40} & P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{pmatrix}, \end{array} \right. \quad (2.1)$$

Після розв'язання системи рівнянь (2.1) – маємо значення ймовірності знаходження інтенсивності транспортних потоків на заданому переході в кожному конкретному стані.

Однак, цінність даної моделі полягає не стільки в можливості розрахунку (оцінки) кількісних характеристик можливих змін інтенсивності транспортних потоків – скільки в можливості оцінювати динаміку реальної зміни інтенсивності транспортних потоків під впливом всієї сукупності факторів впливу.

Нижче приведена таблиця 2.1, яка показує значення основних параметрів впливу на інтенсивність транспортних потоків.

Таблиця 2.1 – основні параметри впливу на інтенсивність транспортних потоків

Інтенсивність потоків	Природньо-кліматичі умови	Вологість	Стан
25%	>1км	10%	Ідеальний
50%	500м	25%	Покращений
70%	350м	40%	Робочий
85%	100м	60%	Погіршений
≈100%	<100м	≈100%	Критичний



Кількісні значення цих параметрів (наведені в таблиці) вибрані як демонстраційні значення.

На практиці ці значення можуть змінюватись, але після їх визначення для кожного конкретного перехрестя – вони заносяться в базу знань АСКДР і використовуються як еталонні (опорні) при подальшому використанні моделі.

## 2.2 Дослідження динаміки руху транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу

Аналіз складності проектування сучасних АСКДР показує, що для створення ефективних систем такого призначення важливо мати як статистичну інформацію та інформацію про поточний стан потоків руху, так і прогнозну інформацію про можливі зміни поточного стану в коротко та середньостроковій перспективі.

Одним із традиційних підходів до прогнозування можливих змін потоків руху є використання математичних моделей, які дають можливість дослідити об'єкти моделювання в різних режимах їх можливого функціонування.

При прогнозуванні динаміки можливих змін транспортних та пішохідних потоків доцільно застосовувати такі моделі [10]:

- регресійні моделі;
- моделі на основі теорії ланцюгів Маркова.

При математичному моделюванні об'єкт моделювання розглядається як система, що складається з  $n$  компонентів.

Математична модель таких складних об'єктів, як правило, має форму системи диференціальних рівнянь:

$$\frac{dY_1}{dt} = q_1(Y_1, \dots, Y_n, V_1, \dots, V_m, t),$$

де:

$Y = (Y_1, \dots, Y_n)$  – вектор, який характеризує поточний стан об'єкта моделювання;

$V = (V_1, \dots, V_m)$  – вектор факторів, які впливають на зміну станів об'єкта моделювання;

$t$  – час.

Розв'язанням такої системи диференційних рівнянь є функціональні залежності  $Y_t = Y_i(t)$ , які дозволяють здійснювати прогнозування можливих змін стану об'єкта моделювання.

Серед статистичних методів прогнозування використовують регресійний аналіз.

Суть такого аналізу полягає в прогнозуванні деякої випадкової величини (стану процесу руху транспорту в межах міського кварталу) за відомими значеннями інших випадкових величин за наявності стохастичного зв'язку між ними.

Тобто за статистичними даними експериментальних спостережень за динамікою потоків на перехрестях та зміною факторів впливу на ці потоки, оцінюється функцією регресії  $f(x)$ , як набуття найбільш ймовірного стану під впливом всіх зовнішніх факторів. Але ці моделі вимагають ще і розрахунків межі довірчої зони, певного об'єму вибірки числа спостережень, що ускладнює зручність використання такої моделі. Марковські моделі мають ряд переваг [11], а тому порівнюючи ці два методи моделювання, зупиняємось на моделях з використанням теорії ланцюгів Маркова.

### 2.3 Використання ймовірнісних моделей на основі теорії ланцюгів Маркова для конкретних оцінок ймовірностей станів транспортних потоків

Як видно із графа моделі (рис 2.1) перехід стану транспортного потоку в інший стан розраховується через умовні перехідні ймовірності  $P_{ij}$ .

Марковський випадковий процес – це такий процес, в якому ймовірність переходу транспортних потоків з одного стану в інший залежить від впливу зовнішніх факторів та від поточного стану системи і не залежить від того, коли і яким чином система попала в поточний стан.

Оскільки система (модель можливих станів) має  $S$  можливих станів транспортних потоків, то матриця перехідних ймовірностей  $P_{ij}$  буде мати наступний вигляд [11]:

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} & P_{04} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{40} & P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{pmatrix}, \quad (2.2)$$

де:  $P_{00}, P_{11}, P_{22}, P_{33}, P_{44}$  – перехідні ймовірності поточного стану транспортного потоку, тобто це ймовірності того, що транспортних потік залишиться в тому ж стані, який існує на даний момент.

Для отримання початкових статистичних даних використаємо дані спостережень параметрів транспортних потоків на перетині вулиць Б. Хмельницького та Володимирської у місті Київ станом на 07.11.18р.

Підставивши отримані дані спостережень у вираз (2.2), отримаємо:

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} P_{00} & 0.05 & 0.03 & 0.03 & 0.01 \\ 0.07 & P_{11} & 0.07 & 0.04 & 0.05 \\ 0.04 & 0.06 & P_{22} & 0.06 & 0.04 \\ 0.07 & 0.3 & 0.07 & P_{33} & 0.05 \\ 0.4 & 0.05 & 0.03 & 0.03 & P_{44} \end{pmatrix}. \quad (2.3)$$

Щоб визначити з якою ймовірністю відбуваються переходи  $P_{00}, P_{11}, P_{22}, P_{33}, P_{44}$  використаємо наступні формули:

$$P_{00} = 1 - (P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{21} + P_{31} + P_{41} + P_{51}),$$

$$\begin{aligned}
P_{11} &= 1 - (P_{21} + P_{23} + P_{24} + P_{24} + P_{12} + P_{32} + P_{42} + P_{52}), \\
P_{22} &= 1 - (P_{31} + P_{32} + P_{34} + P_{35} + P_{13} + P_{23} + P_{43} + P_{53}), \\
P_{33} &= 1 - (P_{41} + P_{42} + P_{43} + P_{45} + P_{14} + P_{24} + P_{34} + P_{54}), \\
P_{44} &= 1 - (P_{51} + P_{52} + P_{54} + P_{54} + P_{15} + P_{25} + P_{35} + P_{45}).
\end{aligned}$$

Якщо підставити у ці формули відомі (отримані в процесі розрахунків на основі результатів спостереження) значення, отримаємо:

$$P_{00} = 0.3; P_{11} = 0.36; P_{22} = 0.7; P_{33} = 0.26; P_{44} = 0.44.$$

Остаточна матриця перехідних ймовірностей матиме наступний вигляд:

$$P_{ij} = \begin{vmatrix} 0.3 & 0.05 & 0.03 & 0.03 & 0.01 \\ 0.07 & 0.36 & 0.07 & 0.04 & 0.05 \\ 0.04 & 0.06 & 0.7 & 0.06 & 0.04 \\ 0.07 & 0.3 & 0.07 & 0.26 & 0.05 \\ 0.4 & 0.05 & 0.03 & 0.03 & 0.44 \end{vmatrix}. \quad (2.4)$$

Рекурентна залежність (яка є математичною моделлю знаходження ймовірностей станів об'єкта моделювання) виду:

$$P_{ij}(k) = \sum_{i=1}^n P_i(k-1)P_{ij}, \quad (2.5)$$

де:  $P_i(k)$  – ймовірність  $i$ -го стану після  $k$ -го кроку  $j = \overline{1, n}$ ;

$P_i(k-1)$  – ймовірність  $i$ -го стану транспортного потоку після  $(k-1)$ -го кроку  $i = \overline{1, n}$ ;

$n$  – кількість можливих станів транспортного потоку;

$P_{ij}$  – перехідні ймовірності.

Так як до першого переходу стан системи залишається незмінним, то  $P_1(1)$  відповідають першому ряду матриці перехідних ймовірностей.

Якщо розрахувати ймовірності встановлення інших станів моделі у відповідності до даних таблиці використавши наступні формули [11]:

$$P_1(2) = P_1(1) * p_{11} + P_2(1) * p_{21} + P_3(1) * p_{31} + P_4(1) * p_{41} + P_5(1) * p_{51},$$

$$P_2(2) = P_1(1) * p_{12} + P_2(1) * p_{22} + P_3(1) * p_{32} + P_4(1) * p_{42} + P_5(1) * p_{52},$$

$$P_3(2) = P_1(1) * p_{13} + P_2(1) * p_{23} + P_3(1) * p_{33} + P_4(1) * p_{43} + P_5(1) * p_{53},$$

$$P_4(2) = P_1(1) * p_{14} + P_2(1) * p_{24} + P_3(1) * p_{34} + P_4(1) * p_{44} + P_5(1) * p_{54},$$

$$P_5(2) = P_1(1) * p_{15} + P_2(1) * p_{25} + P_3(1) * p_{35} + P_4(1) * p_{45} + P_5(1) * p_{55},$$

де:  $P(1)$  – стан в початковому положенні;

$P(2)$  – новий набутий стан після 1-го;

Відповідно всі інші стани.

Якщо розрахувати значення  $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4$  у відповідності до [11], використовуючи значення таблиці 2.2 та модель, графік якої представлено на рисунку 2.1, то отримаємо:

$$P_0 = 0.89; P_1 = 0.06; P_2 = 0.03; P_3 = 0.11; P_4 = 0.01.$$

Якщо ж в таблиці 2.2 змінити значення кількості автомобілів (збільшити на 15% в таблиці 2.3), то отримаємо (виконавши аналогічні розрахунки):

$$P_0 = 0.83; P_1 = 0.09; P_2 = 0.03; P_3 = 0.15; P_4 = 0.01.$$

Дана модель дозволяє розрахувати ймовірність знаходження транспортних потоків на перехрестях міського кварталу (а значить спрогнозувати можливі його зміни при зміні зовнішніх факторів впливу) в будь-який момент часу (в коротко- та багатостроковій перспективі) незалежно від того факту, яким чином транспортний потік набув поточного стану.

В таблиці 2.2 зображено результати експериментального оцінювання (спостереження і підрахунок) інтенсивності руху на перехрестях вулиць Б. Хмельницького та Володимирської 17.11.18р., час спостереження  $9^{00} \div 9^{10}$ . В таблиці 2.3 збільшили кількість автомобілів на 15%.

Таблиця 2.2 – Початкові статистичні дані параметрів транспортних потоків

N <i>n</i> /n	Кількість автомобілів		Температура ( $t^{\circ}c$ )	Вологість (%)	Швидкість вітру (Vx) (м/с)	Примітка
	1-й спостерігач	2-й спостерігач				
1	33	32	+16°c	71%	4 м/с	Затримка пішоходів на 2с
2	32	32				
3	34	34				
4	33	32				
5	31	30				
6	31	30				
7	28	30				
8	31	32				
9	32	31				
10	33	32				
	32.6	31.5	+16°c	71%	4 м/с	
	Середнє значення	32				

## Примітки

1) Підраховувалась кількість автомобілів за 1 хвилину на відстані 50 метрів дороги.

2) Спостерігався випадок затримки пішоходів на переході на 2 секунди.

Таблиця 2.3 – Змінені статистичні дані параметрів транспортних потоків

N <i>n</i> /n	Кількість автомобілів		Температура ( $t^{\circ}C$ )	Вологість (%)	Швидкість вітру (Vx) (м/с)	Примітка
	1-й спостерігач	2-й спостерігач				
1	35	36	+16°c	72%	4.3 м/с	Затримка пішоходів на 2с
2	37	37				
3	35	36				
4	39	39				
5	37	38				
6	37	38				
7	36	37				
8	38	39				
9	37	38				
10	36	36				
	36.7	34.7	+16°c	72%	4.3 м/с	
	Середнє значення	32				

Примітка – Орієнтоване значення похибки результатів спостереження – менше 2%.

Висновки до розділу 2:

Використання ймовірнісних моделей на основі теорії ланцюгів Маркова дозволило дослідити граничні значення інтенсивності транспортних потоків та пріоритетних факторів зовнішнього впливу на безпечність руху в межах міського кварталу.

Найбільш важливими параметрами є інтенсивність потоків, стан дорожнього покриття та наявність технічних засобів управління цими потоками.

Зростання інтенсивності потоків в межах міського кварталу – вимагає також високої швидкодії АСКДР та різноманітних засобів керування дорожнім рухом.



## 3 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

### 3.1 Опис структурної схеми

На рисунку 3.1 представлена схема електрична структурна АСКДР в межах міського кварталу з використанням інтернет речей.

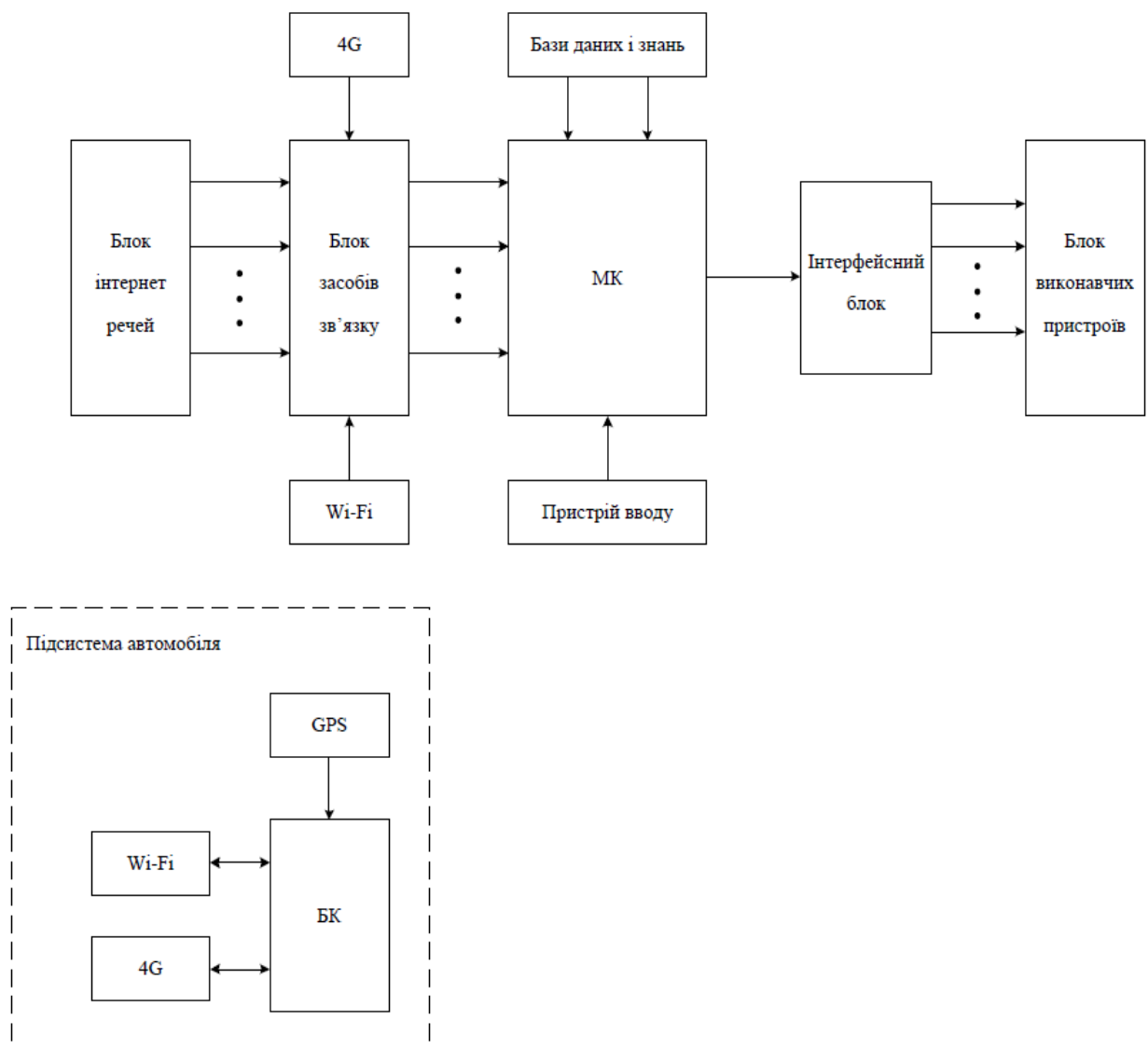


Рисунок 3.1 – Схема електрична структурна АСКДР

На рисунку 3.1 зображено:

1) блок інтернет речей (БІР) – це сукупність сенсорів, вимірювальних перетворювачів, відеокамер, які не зв'язні між собою електрично, але в інформаційному плані їх можна розглядати як єдину систему. Виходи блоку цифрові;

2) блок засобів зв'язку (БЗЗ) – це сукупність інтерфейсних засобів, наприклад MAXI232, або R432, які призначені для підключення вихідних сигналів з БІР до портів мікроконтролера;

3) мікроконтролер (МК) – мікроконтролер (наприклад, K68HC12B, або 8MT-32), який має кілька (min – 3) цифрових порти, різні види адресації та розвинену систему команд;

4) інтерфейсний блок (ІБ) – представляє собою блок радіозв'язку і призначений для передачі команд та сигналів керування на блок виконавчих пристроїв;

5) блок виконавчих пристроїв (БВП) – представляє собою сукупність світлових табло, світлофорів та механічних регулюючих пристроїв;

б) блок бази даних та бази знань (БДЗ) – представляє собою блок пам'яті, яка складається з оперативної пам'яті та постійної.

База даних – це сукупність інформації про саму АСКДР, набір різноманітних коефіцієнтів, незмінних параметрів та інше.

База знань даної АСКДР представляє собою фреймову структуру, яка розділена за функціональною ознакою на дві частини:

а) перша частина – це сукупність фреймів критичних ситуацій та фрейма-еталона, тобто фрейма, в якому міститься інформація про оптимальний режим руху транспортних потоків в межах міського кварталу;

б) друга частина – це сукупність фреймів, які використовуються для ідентифікації поточного стану транспортних потоків;

7) пристрій вводу (ПВ) – це сукупність технічних засобів вводу інформації в МК, зокрема, це клавіатура, окремі блоки Wi-Fi, чи технічні засоби радіозв'язку з достатньою пропускною спроможністю;

8) блок живлення (БЖ) – це стандартні промислові блоки живлення з обов'язковою додатковою системою (аварійною) безперебійного живлення.

### 3.2 Робота системи по структурній схемі

По команді “Пуск” (тобто після запуску системи) сигнали від вуличних сенсорів передаються через блок засобів зв'язку до мікроконтролера, де виконується обробка сигналів всіх сенсорів послідовно, формується інтегральний результат обробки на основі якого МК формує сигнали керування на блок виконавчих пристроїв.

Слід зауважити, що пріоритетність сигналів з інтернет речей – різна, а це значить, що як послідовність, так і частота опитування сенсорів – буде різна.

Основна цільова функція АСКДР – це формування оптимальних умов руху для забезпечення максимальної безпечності руху як пішоходів, так і транспортних засобів в межах міського кварталу.

Динаміка зміни значень факторів впливу, які є зовнішніми для АСКДР, різна і разом з тим вони по-різному впливають на безпечність руху, тобто вони мають різні вагові коефіцієнти.

Аналіз даних [12] показує, що найвищий пріоритет має інтенсивність руху, яка складається із швидкості руху автомобілів та їх кількості на кожному перехресті.

Другим фактором є інтенсивність потоків пішоходів, яка змінюється стохастично і лише безперервний збір інформації про ці потоки на протязі великих відрізків часу (кілька місяців) дає можливість оптимізувати алгоритми роботи АСКДР (перша група).

Наступні фактори (друга група) можна розглядати в такій послідовності (за пріоритетністю):

- стан покриття проїзної частини;
- кількість полос руху та наявність полоси громадського транспорту;
- освітленість проїзної частини;
- наявність дорожніх та попереджувальних знаків;
- температура атмосферного повітря та температура дорожнього покриття;
- вологість повітря;
- напрям та сила вітру;
- інші.

Якщо уважно проаналізувати ці фактори впливу, то серед них (друга група) також є фактори з різною пріоритетністю.

Наприклад, на рисунку 3.2 приведена структура каналу вимірювання температури.

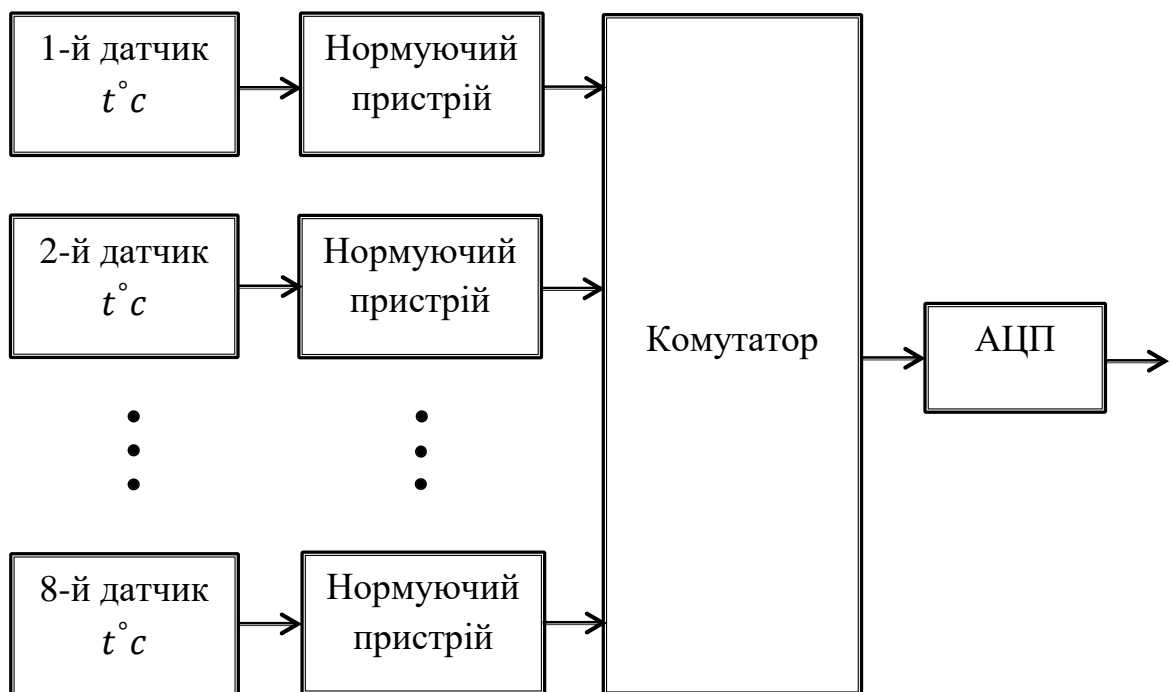


Рисунок 3.2 – Структура каналу вимірювання температури

Зрозуміло, що температура довкілля не змінюється стрибкоподібно і тому значення результатів вимірювання температури можна знімати з інтернет речей з частотою набагато меншою ніж параметри інтенсивності потоків.

Разом з тим, величина температури важлива в періоди переходу з літньої гуми на зимову і навпаки.

Практично, майже всі параметри даної групи мають відпрацьовані методи та засоби їх вимірювання, вимоги до похибок каналів вимірювання цих величин – не високі.

Так, наприклад, абсолютна похибка каналу вимірювання температури  $0.1^{\circ}\text{C}$  – забезпечує необхідну точність вимірювання; аналогічно вологість з похибкою  $\pm 5\%$  – достатня для стабільної роботи системи.

Освітленість відіграє важливу роль, але сьогодні серед сукупності інтернет речей є досить надійні і недорогі сенсори рівня освітлення поверхні дороги і це дає змогу побудувати відносно надійні та недорогі технічні засоби вимірювання рівня освітлення.

Метрологічні та технічні характеристики вимірювальних каналів вищезазначених величин (з використанням інтернет речей) описані детально в [13].

Важливо розглянути алгоритм прийняття рішення (тобто формування керуючих станів) системою керування дорожнім рухом.

Тут слід зазначити, що використання інтернет речей, сучасних каналів зв'язку та ефективних мікроконтролерів з відповідними об'ємами пам'яті – дозволяють інтелектуалізувати АСКДР.

База знань, яку запропоновано з використати в АСКДР, побудована з використанням фреймів, в слотах який записана інформація про кількісні значення параметрів, які використовуються в АСКДР для формування керуючих сигналів для виконавчих механізмів.

В таблиці 3.1 зображена структура фрейму, який відображає поточний стан транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу.

Таблиця 3.1 – Фрейм-відгук “Інтенсивність”

Параметр	Результат вимірювання
Швидкість руху автомобіля	$\geq 60$ км/год
Кількість автомобілів	Не більше 100 шт. (на 500 м до перехрестя)
Температура повітря	+26°С
Температура асфальту	+29°С
Відносна вологість повітря	72%
Швидкість вітру	7 м/с
Напрямок вітру	Північно-західний
Кількість пішоходів на перехрестях	>50 осіб
Освітленість	60 люкс
Ожеледиця	Немає
Електричне табло	Працює
ДТП	Немає
Світлофори	Працюють всі

На рисунку 3.3 зображена структурна база знань, яка складається із:

- фрейма-відгука;
- фреймів граничних (критичних) значень;
- фреймів ідентифікаторів;
- фрейма-еталона.

Фрейм-відгук

Параметр.	Значення
1	a
2	b
3	c
4	d
...	...
12	k

Фрейм критичних ситуацій

Параметр.	Значення
1	a//
2	b//
3	c//
4	d//
...	...
12	k//

Фрейм-еталон

Параметр.	Значення
Швидкість	Від 10 до 80км/год
...	...
Швидкість вітру	Від 0 до 20 м/с
...	...

Фрейми-індикатори

Параметр.	Значення
1	a///
2	b///
3	c///
4	d///
...	...
12	k///

Рисунок 3.3 – Структура бази знань

Працює АСКДР наступним чином:

- 1) отримавши значення всіх параметрів від інтернет речей МК формує фрейм вхідних сигналів, який називається “фрейм відгук” ;
- 2) наступним кроком роботи системи є послотне порівняння значень “фрейма-відгука” та “фреймів критичний ситуацій”.

Якщо значення “фрейма-відгука” не виходять за допустимі значення “фреймів критичних ситуацій”, то система переходить до наступного кроку, а саме, до ідентифікації поточного стану транспортних потоків.

Найчастіше [14] виділяють біля 5 станів транспортних потоків: середньостатистичний, безпечний, ідеальний, небезпечний та критичний.

В залежності від того із значеннями якого “фрейма-ідентифікатора” співпали значення “фрейма-відгуку” – АСКДР формує сигнал керування виконавчими пристроями.

Якщо ж значення “фрейма-відгука” виходить за діапазон допустимих значень, які вказані у “фреймах критичних значень”, то ситуація одразу ж класифікується як аварійна, потім визначається з якого блоку інтернет речей отримано критичне значення і одразу ж формуються керуючі сигнали в наступній послідовності:

- світлові табло;
- світлофори;
- механічні елементи блокування руху.

### 3.3 Особливості функціонування АСКДР з використанням інтернет речей

В попередньому параграфі описана структура бази знань системи, до складу якої входить і фрейм-еталон.

Даний фрейм використовується для початкового відлагоджування роботи АСКДР в процесі її запуску разом з внутрішньо-схемним емулятором.



На рисунку 3.4 показана схема підключення фрейма-еталона і внутрішньо-схемного емулятора до системи АСКДР.

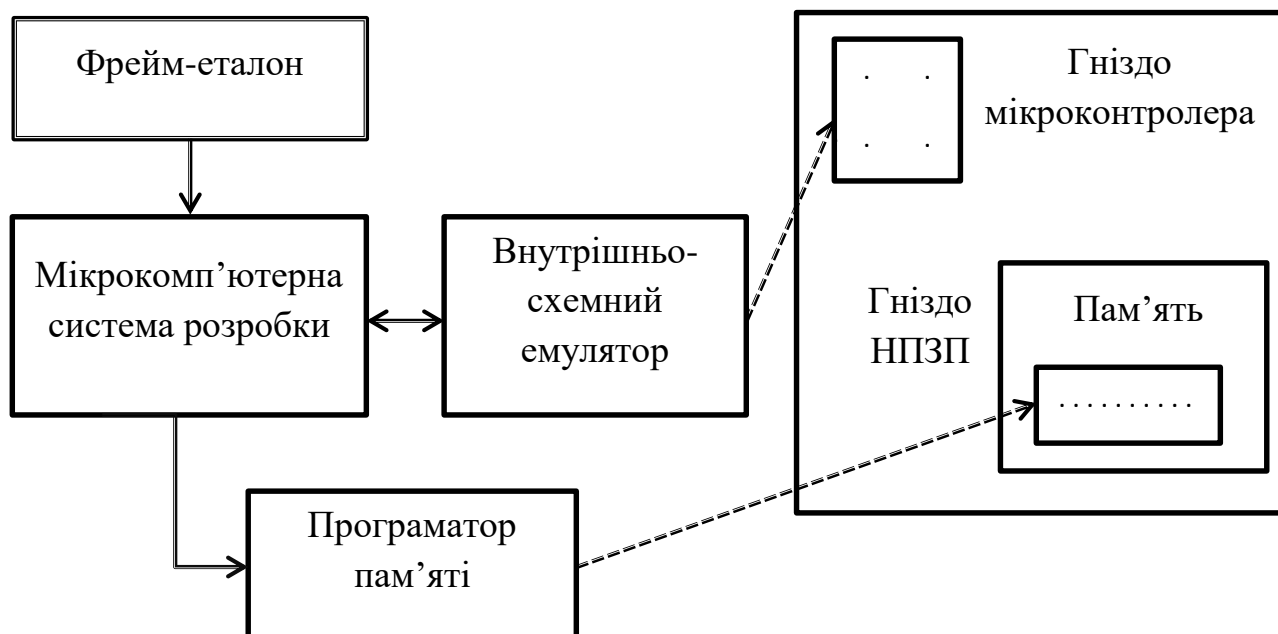


Рисунок 3.4 – Схема підключення фрейма-еталона і внутрішньо-схемного емулятора

З допомогою інструментальних засобів розробки мікрокомп'ютерних систем з фрейма-еталона зчитуються еталонні значення окремих параметрів руху транспортних і пішохідних потоків, оцінюється реакція АСКДР на ці значення; внутрішньо-схемний емулятор імітує зміну зовнішньої ситуації на дорогах і знову оцінюється реакція системи на цю зміну. Таким чином перевіряються всі можливі зовнішні зміни і реакції на них АСКДР.

Якщо все працює правильно, то заповнюються мікросхеми напівпостійного запам'ятовуючого пристрою (НПЗП), а потім вставляються в свої гнізда мікроконтролер і мікросхема (уже запрограмована) НПЗП.

Важливим моментом, який характеризує функціональні та технічні характеристики АСКДР – є можливість адаптувати систему до реальних дорожніх умов.

Враховуючи те, що на перехрестях міського кварталу можуть пересікатись рівнозначні дороги, або головна і другорядна дороги.

Якщо дороги рівнозначні, то тривалість фаз роботи світлофорів встановлюються однаковими, тобто

$$t_{1\text{черв}} = t_{2\text{черв}},$$

$$t_{1\text{жовт}} = t_{2\text{жовт}},$$

$$t_{1\text{зел}} = t_{2\text{зел}},$$

де  $t_1$  – це час робочих фаз першої дороги,  $t_2$  – час робочих фаз другої дороги, а самі світлофори працюють в протифазі, що відображено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Тривалість робочих фаз двох рівнозначних доріг

Колір	Червоний	Жовтий	Зелений	Перший стан
Світлофор 1	-	-	+	
Світлофор 2	+	-	-	Другий стан
Колір	Червоний	Жовтий	Зелений	
Світлофор 1	-	+	-	Третій стан
Світлофор 2	-	+	-	
Колір	Червоний	Жовтий	Зелений	Третій стан
Світлофор 1	+	-	-	
Світлофор 2	-	-	+	

Величини  $t_{\text{черв}}$ ,  $t_{\text{жовт}}$  та  $t_{\text{зел}}$  АСКДР змінює в залежності від інтенсивності транспортних потоків. Ці зміни відбуваються наступним чином.

На рисунку 3.5 показана структурна схема інтернет речей, якими мають бути обладнані автомобілі.



Рисунок 3.5 – Структура розміщення технічних засобів на автомобілі

Сигнали з автомобіля (перш за все це його координати GPS) передаються до АСКДР; при цьому ці координати (тобто координати одного і того ж автомобіля) записуються в пам'ять АСКДР два рази з інтервалом  $t_0$ , який дорівнює 2 сек ( $t_0$  – може вибиратися в діапазоні від 1 до 10 сек [1]), що дозволяє системі оцінити швидкість автомобіля.

Такі сигнали приймаються з усіх доріг міського кварталу, створюється фрейм-відгук по кожній дорозі та перехресті, потім відбувається ідентифікація поточного стану руху (для цього значення фрейм-відгука послотно порівнюються із значеннями фреймів-ідентифікаторів, які знаходяться в базі знань системи) – ідентифікується поточний стан і АСКДР встановлює необхідні значення тривалості фаз світлофорів.

Якщо ж стан руху поступово наближається до критичного, то спочатку АСКДР встановлює відповідну інформацію на світлофорі, тобто – це, як правило, максимально допустима швидкість руху.

Якщо ж інтенсивність руху на перехресті не зменшується і наближається до критичного значення, АСКДР приводить в дію механічні обмежувачі руху.

Механічні пристрої обмеження руху використовуються і в надзвичайних ситуаціях, коли потрібно пропустити пожежні, спеціальні автомобілі, чи автомобілі швидкої допомоги.

Окремий алгоритм роботи АСКДР – це робота в період з 2 годин ночі до 6 годин ранку.

В цей період використовується так званий режим «умовно вільного проїзду». При використанні цього режиму працюють всі світлофори в активній фазі жовтого світла. Пішохідні частини світлофорів працюють синхронно з транспортними, але в режимі мигання жовтого світла пішохідної частини світлофорів. Це відносно відповідальна частина сукупності можливих алгоритмів роботи АСКДР.

### 3.3 Вибір та опис датчиків

#### 3.3.1 Вибір датчика вологості

Досить простим приладом для вимірювання вологості є психрометр, який складається з двох розташованих поруч термометрів.

Один з термометрів, звичайний, називається сухим, що вимірює температуру і повітря. Балончик з розширюється рідиною іншого термометра обертають легкої гігроскопічною тканиною, наприклад батистом, у вигляді чохла, нижній кінець якого опускають в посудину з водою. Вода по чохлу, як по гноті, піднімається до балончика і постійно змочує його. Цей термометр називається вологим або мокрим і вимірює температуру повітря по мокрому термометру. Сама вологість визначається по діаграмі.

Іншим розповсюдженим приладом є гідрометр. Принцип дії заснований на здатності деяких матеріалів змінювати свою форму і розміри (подовжуватися – знежирена людська волосина, капронова нитка і ін.), або властивості (електропровідність - сіль LiCl і ін.) при усмоктуванні вологи з повітря в кількості] пропорційній його відносної вологості.

Для сучасних приладів для контролю краще за все підходять ємнісні давачі вологості.

#### 1. Психрометр М-34 аспіраційний.

Психрометр електричний М-34 призначений для визначення відносної вологості і температури повітря в наземних умовах (у приміщенні і на відкритому повітрі).

Робота психрометра заснована на залежності різниць температур сухого і змоченого термометра від вологості навколишнього повітря. Вологість повітря визначається за показаннями сухого і змоченого термометрів за спеціальними таблицями або психрометричним графіком, а температура повітря – за показаннями сухого термометра.

Пружина запускового механізму запускається електричним двигуном.

На рисунку 3.6 зображено аспіраційний психрометр М-34.



Рисунок 3.6 – Психрометр М-34 аспіраційний

## 2. Психрометр МВ-4М.

Психрометр МВ-4М призначений для визначення відносної вологості і температури повітря в наземних умовах (у приміщенні і на відкритому повітрі).

При визначенні вологості на відкритому повітрі психрометр виносять з приміщення за чверть години до спостереження і розміщують на спеціальному стовпі так, щоб резервуари термометрів були на висоті 2 м над землею.

Принцип дії: робота психрометра заснована на залежності різниці температур сухого і змоченого термометрів від вологості навколишнього повітря. Вологість повітря визначається за показаннями сухого і змоченого термометрів за спеціальними таблицями або психрометричним графіком, а температура повітря – за показаннями сухого термометра.

Будова: психрометр складається з двох однакових ртутних термометрів, закріплених у спеціальній оправі, і аспіраційної головки. Оправа являє собою трубку, що роздвоюється донизу, і захисні планки. До

нижньої частини роздвоєної трубки за допомогою пластмасових втулок прикріплені два патрубки, які є радіаційним захистом резервуарів термометрів. Верхній кінець трубки з'єднаний з аспіратором. Аспіраційна головка складається з заводного механізму і вентилятора, закритих ковпаком. Пружина заводного механізму психрометра МВ-4М заводиться спеціальним ключем.

При обертанні вентилятора в прилад всмоктується повітря, який обтікає резервуари термометрів, проходить по повітропровідній трубці до вентилятора і викидається назовні через прорізи в аспіраційній голівці. Сухий термометр буде показувати температуру повітря, а свідчення змоченого термометра будуть менші через охолодження, викликане випаровуванням води з поверхні батисту, облягаючого резервуар термометра.

На рисунку 3.7 зображено психрометр МВ-4М.



Рисунок 3.7 – Психрометр МВ-4М

### 3. Датчик вологості та температури повітря HTRS.

Датчик HTRS призначений для вимірювання з високою точністю відносної вологості та температури повітря. Діапазон вимірювання відносної вологості 0-100%. Вихідний сигнал датчика вологості 0-10В. Датчик температури на основі прецизійного термістора призначений для використання з температурними входами контролерів.

Вихідний сигнал по опору, характеристика чутливого елементу NTC 10К. Датчик HTRS використовується для контролю температури та відносної вологості повітря в системах вентиляції та кондиціонування повітря.

Характерні особливості датчика HTRS:

- вимірювання відносної вологості та температури повітря;
- вихідний сигнал по вологості: 0-10В;
- вихідний сигнал по температурі: опір;
- висока точність;
- мала постійна часу;
- невелике енергоспоживання;
- стабільність протягом часу;
- простий монтаж;
- сучасний дизайн.

На рисунку 3.8 зображено датчик вологості та температури повітря HTRS



Рисунок 3.8 – датчик вологості та температури повітря HTRS



Таблиця 3.3 – Порівняння приладів для вимірювання вологості.

Характеристики	Психрометр М-34 аспіраційний	Психрометр МВ-4М	HTRS
Діапазон вимірювання відносної вологості повітря	при температурі повітря від 5 до 40 °С – 10-100 %	при температурі повітря від -10 до +40 °С – 10-100 %	0-100 %
Діапазон вимірювання температури повітря	від -25 до +50 °С	від -31 до +50 °С	від -5 до +55 °С
Похибка в залежності від температури	від $\pm 2$ до $\pm 6$	від $\pm 2$ до $\pm 6$	$\pm 2$
Живлення	220 В	220 В	220 В
Споживча потужність	30 Вт	30 Вт	24 Вт
Швидкість повітряного потоку (аспірація) при роботі вентилятора повинна бути на 6-й хвилині не менше	1,7 м/с	1,7 м/с	1,3 м/с
Габаритні розміри (Lxd)	105x400 мм	105x400 мм	86x86x30 мм
Вага не більше	1,3 кг	1,3 кг	1 кг

За зразковий датчик вологості я обрав психрометр МВ-4М, оскільки він має ряд переваг у порівнянні з психрометром М-34 аспіраційним, головною з яких є більший діапазон вимірювання температури.

### 3.3.2 Вибір датчика тиску

#### 1. BMP180 цифровий модуль атмосферного тиску Arduino

BMP180 цифровий модуль атмосферного тиску Arduino - високоточний цифровий датчик тиску для споживчих додатків.

Датчик відрізняється ультранизьким енергоспоживанням.

BMP180 цифровий модуль атмосферного тиску забезпечує чудову продуктивність, відрізняється низьким рівнем шуму.

BMP180 пропонує діапазон вимірювання тиску від 300 до 1100 гПа з точністю до 0,02 гПа в режимі Advanced Resolution. Він заснований на п'єзорезистивній технології для високої точності, міцності і довготривалої стабільності. Інтерфейс I2C дозволяє легку системну інтеграцію з мікроконтролером.

Цільові програми датчика BMP180:

- навігація;
- GPS-розширення;

На рисунку 3.9 зображено датчик BMP180.



Рисунок 3.9 – Датчик BMP180

## 2. Барометр датчик атмосферного тиску Bosch BMP280.

Модуль BMP280 включає високоточний датчик атмосферного тиску Bosch BMP280 нового покоління, який прийшов на заміну BMP085, BMP180 і BMP183. Новий барометр BMP280 дозволяє вимірювати не тільки тиск, а й температуру. Так само модуль відрізняється низьким енергоспоживанням.

Цей датчик підходить для всіх видів зондування погоди. Модуль може працювати як з шиною I2C, так і з шиною SPI. Точність вимірювання барометричного тиску 1 гПа. Точність вимірювання температури 1°C. Завдяки високій точності модуль можна використовувати як висотомір, з точністю вимірювання до 1 метра.

Розмір корпусу датчика істотно зменшився в порівнянні з аналогами. Його 8-контактний корпус має розміри 2×2.5мм і висоту 0.95мм. Це вимагає акуратності і деякого досвіду при монтажі. Датчик має інтерфейси I2C і SPI. (BMP085 має тільки I2C, BMP180 були моделі з I2C або SPI). У BMP280 істотно поліпшили температурну стабільність і збільшили дозвіл АЦП до 20 біт для температури і тиску.

BMP280 має три режими роботи:

- SLEEP - режим сну.
- FORCED - режим аналогічний BMP085 і BMP180. Тобто, дали команду на вимір, почекали, вважали значення, датчик перейшов в сплячий режим.
- NORMAL - цей режим найбільш цікавий і заганяє датчик в циклічну роботу. Тобто, він самостійно через певний час, яке можна задати, виходить з режиму сну і виконує вимірювання, зберігає дані в регістри пам'яті і знову засинає на зазначений час.

Модуль може бути використаний:

- в навігаційних приладах;
- висотомір, так само і в приміщеннях: наприклад можна отримувати дані по положенню кабіни ліфти;
- в метеостанції;

- варіометр - вимірювання швидкості по вертикалі;

На рисунку 3.10 зображено барометр датчик атмосферного тиску Bosch BMP280.

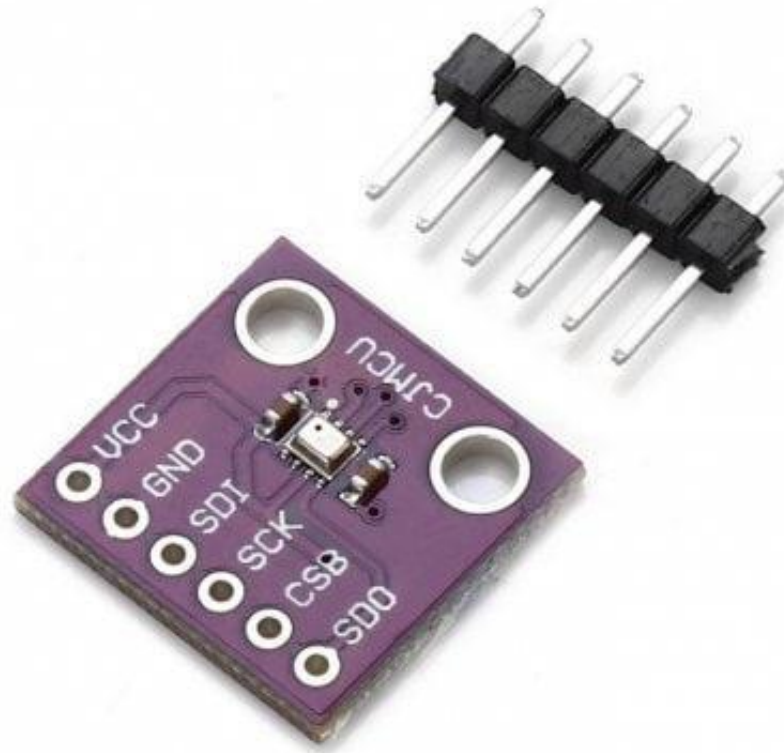


Рисунок 3.10 – Барометр датчик атмосферного тиску Bosch BMP280

### 3. Датчики тиску AKS.

Датчики тиску AKS розроблені для точного та енергооптимізованого регулювання.

Дизайн, який розроблений для важких умов експлуатації, дозволяє використовувати AKS для широкого діапазону застосувань:

- системи кондиціонування повітря;
- холодильні системи;
- застосування для контролю процесів;
- лабораторні застосування.

Діапазон продукції:

- 4 - 20 мА (AKS 33, AKS 3000);
- 1 - 5 В пост.струм, 1 - 6 В пост.струм, 0 - 10 В пост.струм (AKS 32);

- 10 - 90% ратіометричний вихід (AKS 32R)

Високорозвинута технологія датчиків означає високу точність регулювання тиску, важливим фактором в точному та енергоекономічному регулюванні продуктивності холодильних систем.

Характеристика датчика AKS:

- температура компенсації для датчиків тиску LP та HP, спеціально розроблених для холодильних систем: LP:  $-30 - +40^{\circ}\text{C}$  (16 бар) HP:  $0 - +80^{\circ}\text{C}$  ( $>16$  бар);
  - сумісність з усіма холодоагентами, включаючи аміак, означає менший склад та більшу гнучкість в застосуваннях;
  - міцна конструкція надає захист від механічних чинників, таким як: удари, вібрації та стрибки тиску. Датчики AKS можуть бути безпосередньо змонтовані в систему;
  - налаштування не потрібне. З високорозвинутими технологіями датчиків та принципу калібрування, точність заводської настройки залишається незалежною від температури навколишнього середовища та атмосферного тиску. Це є дуже важливим при забезпеченні регулювання тиску випаровування в системах кондиціонування та охолодження;
  - вбудований стабілізатор напруги;
  - захист EMC відповідно до директив EU EMC (CE-маркування);
- На рисунку 3.11 зображено датчик тиску AKS.



Рис 3.11 – Датчик тиску AKS

Таблиця 3.4 – Порівняння приладів для вимірювання тиску

Характеристики	BMP180	Bosch BMP280	AKS
Діапазон вимірювання тиску	300-800hPa	300-1000hPa	350-700 hPa
Середнє енергоспоживання	0.5мА	2.74мА	4.2 мА
Робоча напруга	1.8В - 6В	1.2 - 3.6 В	1.5 - 3 В
Інтерфейс підключення	I2C	I2C	IP67
Габаритний розмір	21 x 18 мм	152 x 120 мм	37x12 мм

За зразкову датчик тиску я обрав Bosch BMP280, оскільки він має ряд переваг у порівнянні з BMP180, головним з яких є більший діапазон вимірювання тиску.

### 3.3.3 Вибір датчика температури

#### 1. Датчики температури дорожнього покриття ДТД-02

Датчики температури дорожнього покриття ДТД-02 призначені для виміру температури поверхневого шару дорожнього покриття і підповерхневого шару дорожнього покриття на глибині 40 метрів.

Принцип дії датчика заснований на залежності опору тонкоплівкового платинового термочутливого елемента від температури.

Конструктивно датчик виконаний у вигляді усіченої призми висотою 60 мм, з основою 85×18 мм і вершиною 85×14 мм. Корпус датчика зроблений з водонепроникного компаунда, що складається з монолітної суміші на основі епоксидної смоли, цементу і окису алюмінію.

Такий склад суміші по теплопровідності близький до теплопровідності асфальтового покриття, що забезпечує гарну передачу тепла від покриття до двох термочутливих елементів з номінальною статистичною характеристикою перетворення (НСХ) типу «Pt100» (по ГОСТ 6651-2009), встановлений всередині корпусу датчика.

Термочутливі елементи розташовані на друкованій платі паралельно один до одного на відстані 40 мм.

Друкована плата в корпусі датчика встановлена так, що термочутливий елемент першого каналу розташований паралельно вершині призми на відстані 2-3 мм від неї, а термочутливий елемент другого каналу – на відстані 42-43 мм від вершини призми.

Друкована плата заливається компаундом при виготовленні корпусу датчика. До виходів термочутливих елементів підключений екранований кабель, який на виході із корпусу датчика також заливається компаундом, що забезпечує водонепроникність виходу кабелю.

Зовнішній вигляд приладу наведено на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Датчики температури дорожнього покриття ДТД-02

## 2. Система дорожнього моніторингу «Мінімакс-94»

Система призначена для автоматичного збору метеорологічної інформації з наступною систематизацією і аналізом даних засобами спеціального програмного забезпечення.

Професійна дорожня метеостанція здатна вимірювати і передавати в ЦУП всі ключові показники необхідні для успішної боротьби з несприятливими природними явищами:

- температура повітря;
- вологість повітря;
- напрям, сила і пориви вітру;
- атмосферний тиск;
- температура точки роси;
- тип і інтенсивність опадів;
- температура поверхні дороги;
- температура всередині дорожнього покриття;
- наявність реагентів на поверхні дороги;
- наявність льоду на поверхні дороги.

Дорожня метеостанція суттєво допомагає протягом всього року. Весною, система дозволяє точніше визначати строки вводу і скасування обмеженого руху вантажного транспорту, зв'язані з сезонним зниженням несучої здатності земляного полотна. Влітку – сприяє забезпеченню захисту верхніх шарів асфальтобетону від появи колійності при високих температурах повітря.

Передача інформації від станції в базу даних системи відбувається по запиту з центрального комп'ютера (блоку обробки сигналів) системи по каналу GSM.

Крім цього для захисту від проникнення твердих тіл і води, технічні засоби станції виконані в пилезахисному виконанні і захищені від дощових капель і снігу IP53 по ГОСТ 14254-2015, і мають грозорозрядники для захисту від попадання блискавок.



Даний факт суттєво скорочує ймовірність виходу обладнання із строю через зовнішні показники. По стійкості до дії вібраційних навантажень станція відноситься до групи L1 ГОСТ 12997-84. Всі технічні засоби станції мають робочу ізоляцію і елементи заземлення для захисту від ураження електричним струмом.

Живлення станції здійснюється від мережі струму напругою 220 Вольт, 50 Гц. При цьому споживча потужність станції, не більше 20 Ватт.

В базовий склад метеорологічної станції входять наступні елементи:

- контролер станції;
- датчик температури і вологості повітря;
- датчик опадів;
- датчик напрямку і швидкості повітряного потоку;
- датчик температури поверхні і ґрунту;
- датчик стану дорожнього покриття;
- датчик атмосферного тиску;
- датчик температури і вологості повітря.

Датчик призначений для виміру температури і вологості навколишнього середовища.

Температура і вологість повітря визначають погоду в реальний час і на даному проміжку дороги. В складі дорожньої метеостанції датчик вологості потрібен для визначення точки роси – температури, при якій відбувається конденсація водяної пари з повітря. Для обчислення температури точки роси, крім вологості, необхідно знати температуру самого повітря.

Дані показники напряму зв'язані з можливістю появи туману, випаданням опадів, заледеніння на дорогах.

Датчик складається з вузла вимірювальних елементів, в якому застосовуються два незалежні елементи: терморезистор і датчик вологості з сітчастим фільтром, встановлені на спеціальних держаках.

Завдяки своїй конструкції датчик є міцним і довговічним. Вимірювальні датчики розташовані всередині захисного корпусу, який служить для захисту їх від дощових крапель, снігу і прямих сонячних променів.

Датчик спеціально адаптований під суворі умови навколишнього середовища і здатний витримати не лише екстремальний холод, а і жаркі кліматичні умови. Для встановлення і вводу в експлуатацію датчика потрібно мінімальна кількість часу і трудових витрат.

Завдяки даному датчику спеціалізовані дорожні служби можуть оперативно реагувати на екстремальні зміни температури і вологості, і вчасно приймати міри зв'язані з обслуговування дорожнього полотна і інформування учасників дорожнього руху

Зовнішній вигляд системи наведено на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – Система дорожнього моніторингу Мінімакс-94

### 3. Пасивний датчик дорожнього покриття Vaisala SSI FP2000

При зимовому технічному обслуговуванні на дорогах застосовуються матеріали для боротьби з замерзанням води або снігу на поверхні дороги. Інформація про стан дорожнього покриття, особливо про кількість нанесеного хімікату, є важливою для прийняття рішень про подальше нанесення хімікатів.

Vaisala SSI FP2000 представляє собою пасивний датчик, що встановлюється в дорожнє покриття, який забезпечує вимірювання всіх параметрів дорожніх метеорологічних умов. Знання про стан дорожнього покриття приводить до використання більш ефективних профілактичних мір.

Планування графіків для команд для зимового обслуговування, будівничі проекти чи відбудова дорожнього покриття стає легше, якщо Ви знаєте поточний стан.

Пасивний датчик Vaisala SSI FP2000 відслідковує стан дорожнього покриття на дорогах і ВПП і визначає наявність води або хімічних розчинів на дорожньому покритті.

Данні використовуються для виконання технічного обслуговування в критичні зимові періоди і протягом всього року.

Пасивний датчик дорожнього покриття Vaisala SSI FP2000 міцний, надійний і розроблений, що витримувати дію щільного транспортного потоку, ланцюгів протискользяння, снігоочисників і надзвичайних погодних умов.

В датчику в дорожньому покритті використовується запатентована технологія, зміст якої в об'єднанні температурного датчика, ємнісного датчика і двох комплектів чотирьохточкових сенсорних вузлів для вимірювання стану дорожнього покриття.

Чашка в верхній частині датчика збирає інформацію про вологість і хімічні розчини.

На рисунку 3.14 зображено датчик Vaisala SSI FP2000.



Рисунок 3.14 – Пасивний датчик Vaisala SSI FP2000

Таблиця 3.5 – Порівняння приладів для вимірювання температури

Характеристики	ДТД-02	Мінімакс-94	Vaisala SSI FP2000
Діапазон вимірюваної температури	-50°C...+50°C	-40°C...+50°C	-51°C,..+80°C
Границя основної приведеної похибки вимірювання температури	±0,3%	±1 %	±0,71 %
Діапазон вимірюваної вологості		10...98%	
Границя основної приведеної похибки вимірювання вологості		10...90% - ±3 % 90...100% - ±4 %	
Робочі умови експлуатації датчика	-50°C...+50°C	-40°C...+50°C	-40°C...+80°C
Маса, не більше, кг	0,3	0,75	0,35
Габаритні розміри, мм	85x85x60	210 × Ø95	55x85x35

За зразкову систему я обрав Мінімакс-94, оскільки вона має ряд переваг у порівнянні з іншими, головними з яких є одночасна можливість виміру температури і вологості повітря.

3.4 Вимірювання інтенсивності транспортного потоку на одній дорозі з допомогою інтернет речей.

Для виявлення автомобіля на полосі проїзної частини дороги використаємо ультразвуковий датчик типу HC SR04, який працює у відповідності до рисунку 3.15.

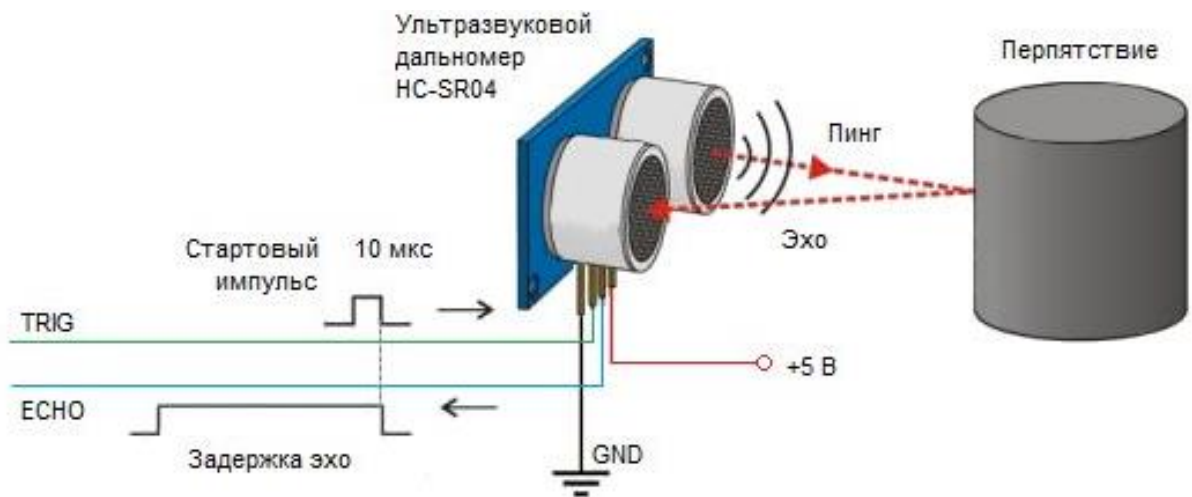


Рисунок 3.15 – Установка ультразвукового сенсора

Технічні та метрологічні характеристики вибраного сенсора та відомого аналога наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Порівняльна характеристика вибраного сенсора та відомого аналога

Технічні параметри та характеристики	BOSCH Skil 0520, Німеччина	Ультразвуковий вимірювач відстані
Діапазон вимірювання, (см)	0..2000	0..1000

Продовження таблиці 3.6

Технічні параметри та характеристики	BOSCH Skil 0520, Німеччина	Ультразвуковий вимірювач відстані
Під діапазони вимірювання	Ні	Ні
Кількість каналів	1	4
Похибка	0.05	0.1
Ціна найменшого розрядку індикатора, Sm	0.01	1
Цифрова шкала	5 дес. розрядів	5 дес. розрядів
Наявність мікроконтролера	Так	Так
Наявність засобів комунікації	Ні	ні
Живлення, V	12	5
Вага, kG	0.2	0.1
Вартість £	2460	2100

Висновки до розділу 3:

Структура АСКДР в межах міського кварталу з використанням інтернет речей повинна мати можливість реалізувати завдання управління транспортними потоками в реальному масштабі часу.

Інтенсивність функціонування АСКДР можлива лише при наявності в складі системи ефективної оптимально структурованої бази знань.

В якості форми подання знань в базі знань вибрана фреймова структура.

Алгоритми прийняття рішень в режимі on-line повинні бути оптимізовані за кількістю технологічних процедур прийняття рішень.

Використання інтернет речей дозволяє разом з такою базою знань суттєво підвищити ефективність використання АСКДР.

## 4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АСКДР

### 4.1 Опис функціональної схеми та алгоритму

Основою для розробки схеми електричної функціональної є завдання на магістерські дослідження та схема електрична структурна автоматизованої системи керування дорожнім рухом в межах міського кварталу з використання інтернет речей.

Метою розробки функціональної схеми є необхідність створення можливості для детального аналізу алгоритмів функціонування системи, розробки часових діаграм і, що важливо, формування вимог до елементної бази системи.

На рисунку 4.1 зображена схема електрична функціональна АСКДР та окремо зображений модуль (частина системи), який розміщується на автомобілі.

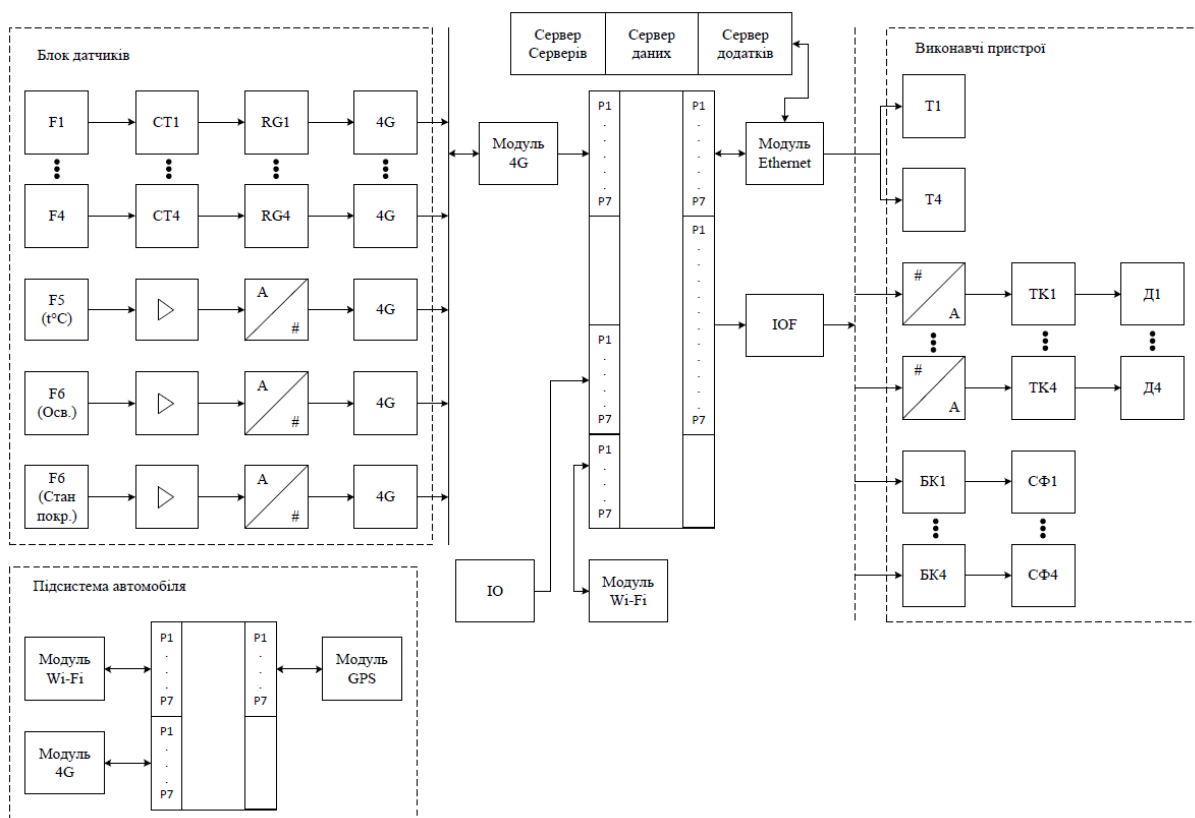


Рисунок 4.1 – Схема електрична функціональна

Узагальнений алгоритм роботи АСКДР приведений на рисунку 4.2 відображає роботу системи на одному перехресті.

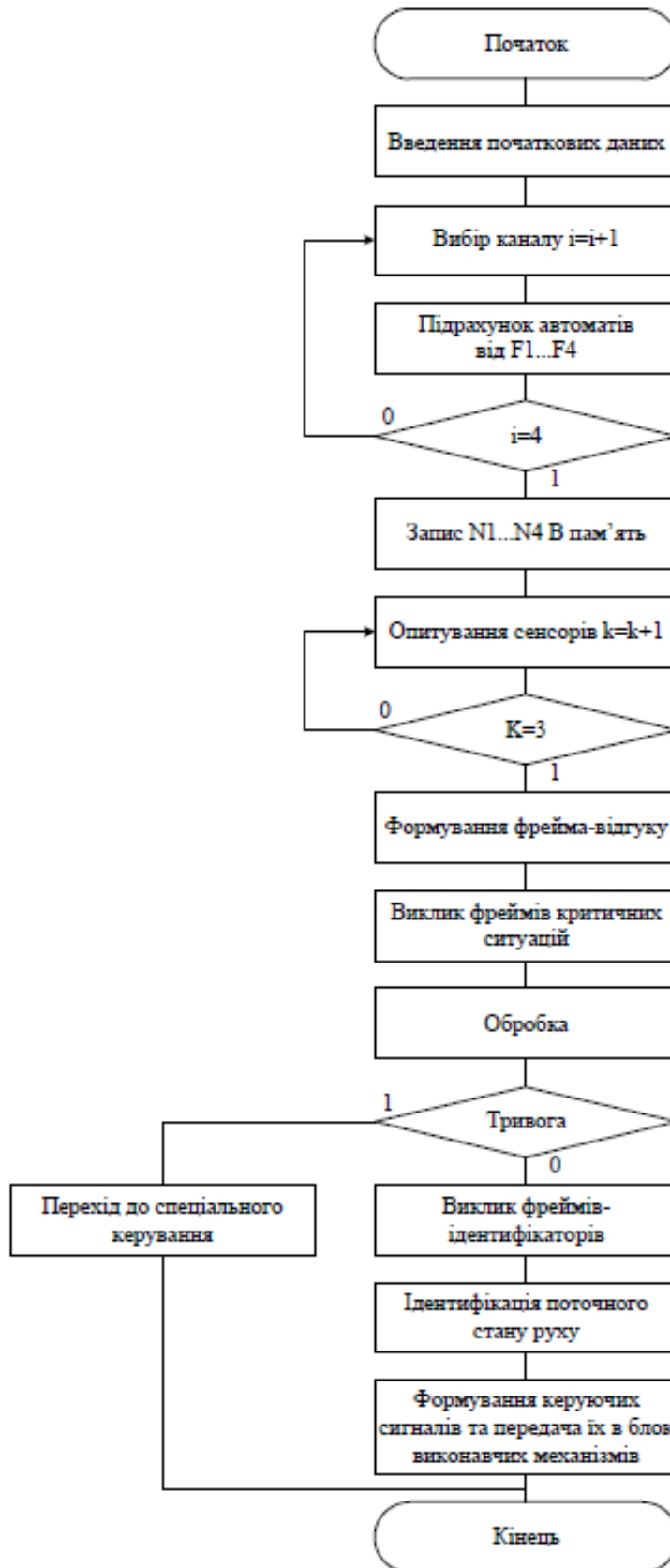


Рисунок 4.2 – Узагальнений алгоритм роботи АСКДР



У відповідності до рисунка 1.5 робота АСКДР розпочинається з почергового підрахунку кількості автомобілів на кожній полосі, які підходять до перехрестя.

Підрахунок розпочинається на відстані 150м до перехрестя і реалізується на протязі 10 секунд.

Схема підканалу підрахунку зображена на рисунку 4.3.

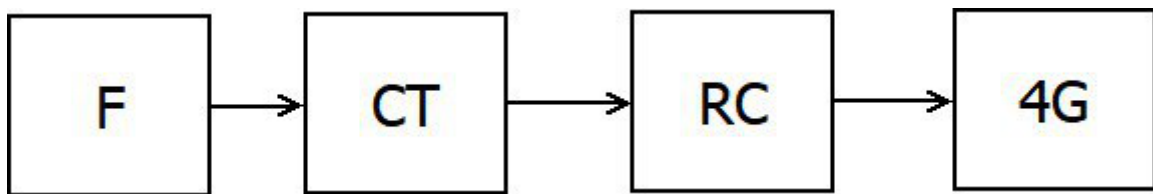


Рисунок 4.3 – Схема підканалу підрахунку

F – первинний вимірювальний перетворювач (сенсор). Технічні та метрологічні характеристики цього сенсора описані в розділі 3;

СТ – лічильник імпульсів;

RG – реєстр числа;

4G – засіб передачі інформації від інтернет речей до мікроконтролера системи.

Аналогічно функціонують всі 4 канали підрахунку кількості автомобілів на кожній із проїзних полос перехрестя.

Вимірювання температури, вологості та освітлення доріг, що підходять до перехрестя реалізується у відповідності до схеми, яка зображена на рисунку 4.4.

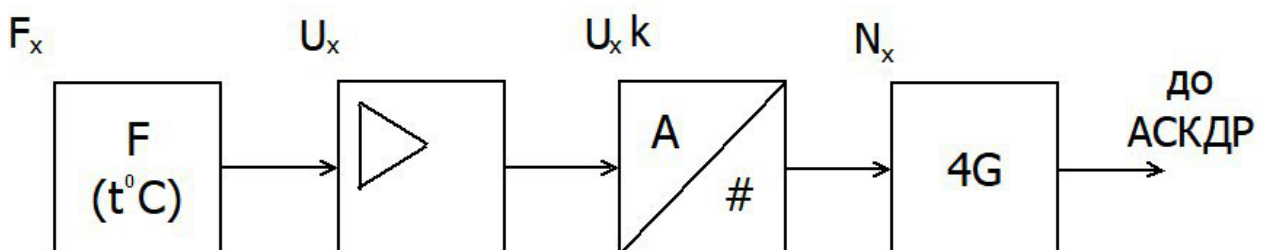


Рисунок 4.4 – Схема підканалу підрахунку

Перший блок – це датчик температури (або вологості чи освітлення в інших каналах).

Другий блок – нормуючий пристрій.

Третій блок – АЦП.

Четвертий блок – засоби зв'язку з мікроконтролером системи.

Рівняння перетворення такої системи має вид:

$$N_x = T_x * k_1 * k_2 * k_3,$$

де  $k_1, k_2, k_3$  – коефіцієнти перетворення першого, другого та третього блоків відповідно;

$T_x$  – температура довкілля.

Якщо врахувати похибки каналу вимірювання, то рівняння буде мати вигляд:

$$N_x = T_x(k_1 + j_1) * (k_2 + j_2) * (k_3 + j_3),$$

де  $j_i$  – відповідні похибки блоків.

Слід зауважити, що ці параметри мають малу динаміку змін, їх вимірювати можна з меншою частотою в порівнянні з інтенсивністю руху автомобілів.

Вимоги до точності вимірювання цих параметрів не дуже високі.

Зокрема, щодо температури, абсолютна похибка вимірювання якої може бути на рівні  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  в звичайних системах і  $\pm 0.1^\circ\text{C}$  в системах з прогнозування можливих змін безпечності руху в короткотерміновій перспективі [15].

Відповідно до вологості, похибка вимірювання може мати значення  $\pm 5\%$  та  $\pm 2.5\%$ .

Аналогічно похибка вимірювання освітленості може бути  $\pm 5\%$  і  $\pm 1\%$  відповідно.

Робота АСКДР в режимі автоматичного регулювання транспортними потоками в межах міського кварталу з використанням інтернет речей описана в розділі 3 і відповідає алгоритму, приведеному на рисунку 4.2.

Важливу роль в оцінці ефективності відіграє її швидкодія.

На рисунку 4.5 приведена часова діаграма роботи каналу вимірювання температури та передачі результату вимірювання в мікроконтролер.

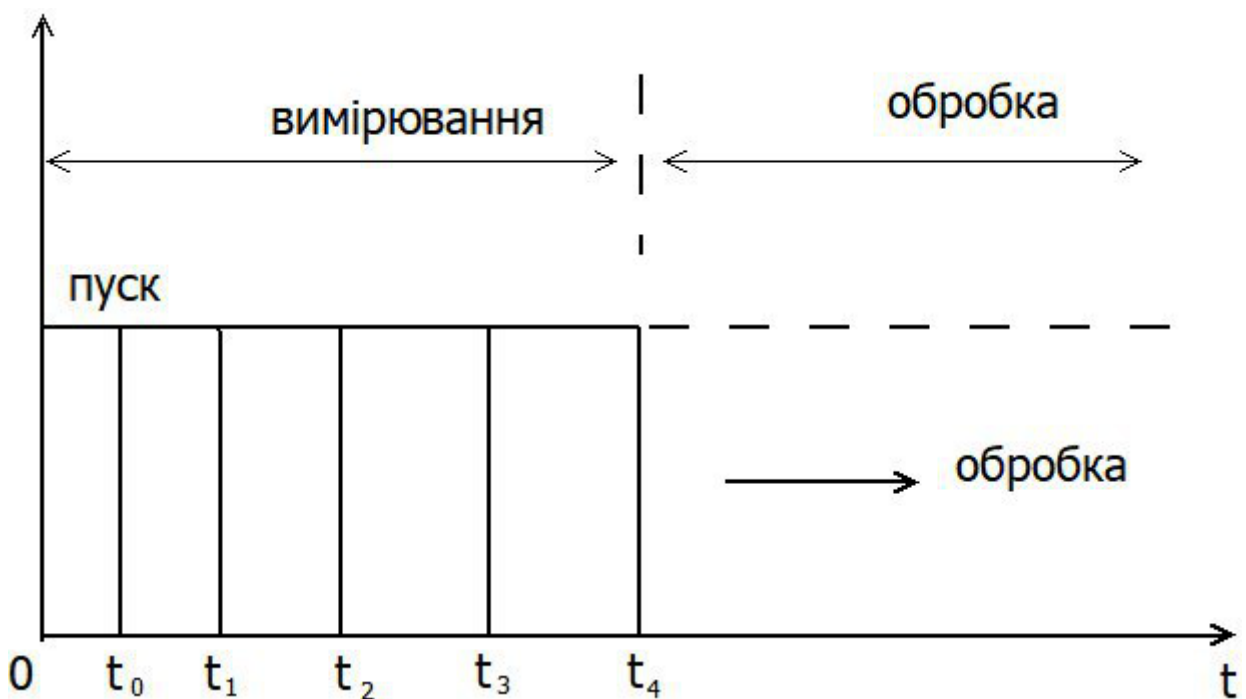


Рисунок 4.5 – Часова діаграма роботи каналу зв'язку вимірювання температури

Відрізок часу від  $t_0$  до  $t_1$  – це період ініціалізації мікроконтролера та приведення у вихідне положення його портів.

Цей період для SMT32 займає час 0.35 сек.

Відрізок часу від  $t_1$  до  $t_2$  – це час нормалізації вихідного сигналу з первинного вимірювального перетворювача (при використанні терморезистивного сенсора, включно в мостову схему, цей сигнал в діапазоні температур від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  – змінюється від 0.1V до 0.8V [15]).

Цей період для нормуючого підсилювача типу AD728A (операційний підсилювач компанії Analog Devices) складає 2 мікросекунди.

Відрізок часу від  $t_2$  до  $t_3$  – це час роботи АЦП і для більшості вбудованих в мікроконтролери, чи окремих АЦП, які мають 10 розрядів двійкового коду, він складає 1 – 2 мкс.

Відрізок часу  $t_4$  до  $t_3$  – це час передачі даних з вихідного регістра АЦП через систему зв'язку до мікроконтролера.

При використанні системи зв'язку типу 4G цей період менше 1 мікросекунди.

Тоді загальний час вимірювання температури буде дорівнювати:

$$T_3 = (t_1 - t_0) + (t_2 - t_1) + (t_3 - t_2) + (t_4 - t_3) = 0.35\text{с} + 2\text{мкс} + 1\text{мкс} = 0.3505\text{с}.$$

Тобто, загальна тривалість роботи каналу вимірювання температури значно менша за тривалість періоду вимірювання інтенсивності руху автомобілів.

Аналогічним чином можна оцінити і часові затрати на вимірювання вологості та освітлення дороги. Тут потрібно мати на увазі, що ці параметри можуть змінюватись стрибкоподібно (пішов дощ, або виключили освітлення на вулиці в нічний час), а тому їх потрібно вимірювати в кожному циклі формування фрейму-відгуку про стан дорожньої ситуації на перехресті.

Важливим моментом при проектуванні АСКДР є вибір елементної бази системи.

В залежності від результату обробки значень фрейма-відгуку можливі наступні ситуації:

- 1) значення окремих слотів фрейма відгуку виходять за межі допустимих (критичних) значень;
- 2) значення всіх слотів фрейма-відгуку знаходяться в межах допустимих значень.

В першому випадку АСКДР реалізує наступний алгоритм:

- оцінює пріоритетність параметра (чи параметрів), значення яких виходить за гранично-допустимі межі:
- вибирає із пам'яті МК відповідну реакцію;
- через інтерфейсні засоби реалізує наступні заходи:
  - а) передає на світлове табло інформацію про зміну інтенсивності руху автомобілів; наприклад вказує максимально допустиму швидкість руху;
  - б) вибирає необхідну комбінацію тривалостей активних сигналів всіх світлофорів на перехресті;
  - в) якщо ситуація вимагає швидких дій щодо припинення руху – включає механічні пристрої обмеження руху.

В другому випадку АСКДР реалізує наступний алгоритм:

- після порівняння значень всіх слотів фрейма-відгуку з відповідними значеннями слотів критичних фреймів – переходить до ідентифікації реального стану транспортних потоків, порівнюючи значення всіх слотів фрейма-відгуку із значенням фреймів-ідентифікаторів і визначає (ідентифікує) поточний стан транспортних потоків;
  - в залежності від визначеного стану транспортних потоків АСКДР (при необхідності) встановлює на світловому табло попереджувальну інформацію з рекомендаціями водіям про режими оптимального руху;
  - змінює (при необхідності) комбінацію тривалостей активних сигналів всіх світлофорів на перехресті.

Використання механічних пристроїв обмеження руху в такій ситуації – не застосовується.

Важливо пам'ятати, що в межах міського кварталу (плакат 4) інформація про інтенсивність транспортних потоків на кожному окремому перехресті – використовується для оптимізації управління транспортними потоками на інших перехрестях кварталу.

## 4.2 Вибір мікроконтролера

При виборі мікроконтролера необхідно виходити з наступного:

1) розділити всі функції системи на апаратну та програмну реалізацію (звичайно, це початковий поділ, який може коригуватись пізніше, хоча таке коригування не є бажаним);

2) оцінити наступні характеристики мікроконтролера:

- швидкодія (попередньо можна оцінити за тактовою частотою мікроконтролера);
- розрядність шини даних;
- розрядність шини адреси та об'єм адресованої пам'яті;
- кількість регістрів загального призначення;
- кількість таймерів;
- кількість цифрових та аналогових портів;
- технологія виготовлення мікроконтролера (ТТЛ, ТТЛШ, КМОП, і т. д.);
- кількість джерел живлення;
- оцінити конструктивну, інформаційну та енергетичну сумісності мікроконтролера з іншими засобами системи;
- види адресації;
- систему команд МК.

3) Врахувати економічні аспекти:

- вартість МК;
- затрати на розробку програмного забезпечення на основі даного МК;
- термін життя системи;
- об'єм продукції, яка буде випускатись на базі даного мікроконтролера.

Важливою характеристикою МК є величина споживання електроенергії. В таблиці 4.1 приведені результати порівняння параметрів різних МК.

Таблиця 4.1 – результати порівняння параметрів різних МК.

Обчислювальний компонент\параметр	Максимальна частота	Вбудований тактовий генератор	Максимальний струм живлення Іж, мА	Кількість каналів вводу-виводу	Кількість виводів
ATmega16	16	так	1,1	32	40
STM8AF6223	16	так	0,9	16	20
STM32P0	16	так	0,6	32	40

З врахуванням вищесказаного вибираємо мікроконтролер типу SMT32-P0, характеристики якого приведені нижче:

- максимальна частота роботи – 48МГц;
- до 64кб Flash пам'яті, до 8кб SMART пам'яті;
- DMA-контролер на 5 каналів;
- 12-біт АЦП на 16 каналів, час конвертування – 1 мкс;
- 12-біт ЦАП;
- контролер сенсорних екранів;
- комунікаційні інтерфейси: USART, SPI, HDMI, I2C, I2S;
- розширений температурний діапазон: -40 ... 105 °С;
- до 11 таймерів;

- Споживання: 250мкА / МГц в активному режимі, 5мкА в режимі “STOP”, 2мкА в режимі “STANDBY” з активним модулем RTC.

Мікроконтролери STM32-P0 містять аналогово-цифровий перетворювач ADC (Analog to Digital Converter) з роздільною здатністю 12 біт і швидкістю перетворення 1 мкс. Зручна система налаштувань АЦП дозволяє виробляти одноразові і циклічні вимірювання, задаючи потрібні аналогові канали.

Для живлення мікроконтролера необхідний всього одне джерело живлення з напругою в діапазоні від 2 до 3.6 В. Живлення на ядро надходить від вбудованого перетворювача напруги.

STM32-P0 містить 11 різноманітних таймерів розрядністю 16 або 32 біта: таймер з розширеними функціями (управління двигунами), таймери загального призначення, два споживчих таймера і 24-розрядний системний таймер.

В мікроконтролері STM32-P0 всі таймери поділяються на три групи:

- Basic Timers;
- General-Purpose Timers;
- Advanced-Control Timer.

Всі переривання в мікроконтролерах STM32 управляються за допомогою NVIC (контролером кваліфікованих векторизованих переривань або – Nested Vectored Interrupt Controller), що є стаціонарним блоком ядра Cortex.

В МК STM32-P0 підтримується до 32 маскованих переривань, 16 системних переривань, 4 програмованих схеми пріоритетів.



4.3 Схема та фрагмент програми управління світлофорами одного перехрестя міського управління кварталу.

На рисунку 4.6 приведена схема розміщення світлофорів на перехресті.

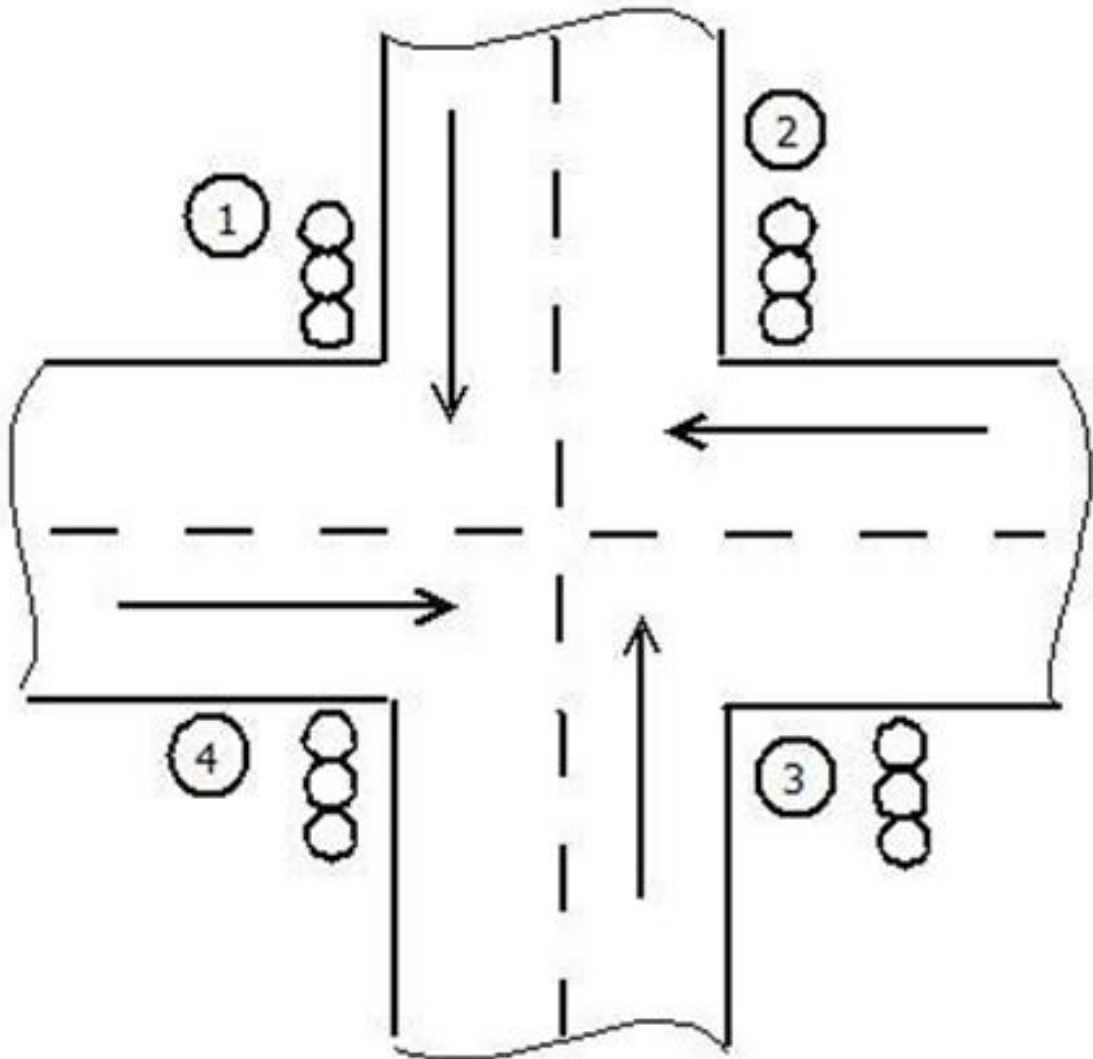


Рис. 4.6 – Схема розміщення світлофорів та головні напрямки руху транспорту

Як видно з рисунка 4.6 світлофори працюють попарно, а саме: 1 і 3 та 2 і 4 мають одночасно однакові сигнали.

На рисунку 4.7 приведена схема електрична принципова сукупності всіх світлофорів одного перехрестя міського кварталу.

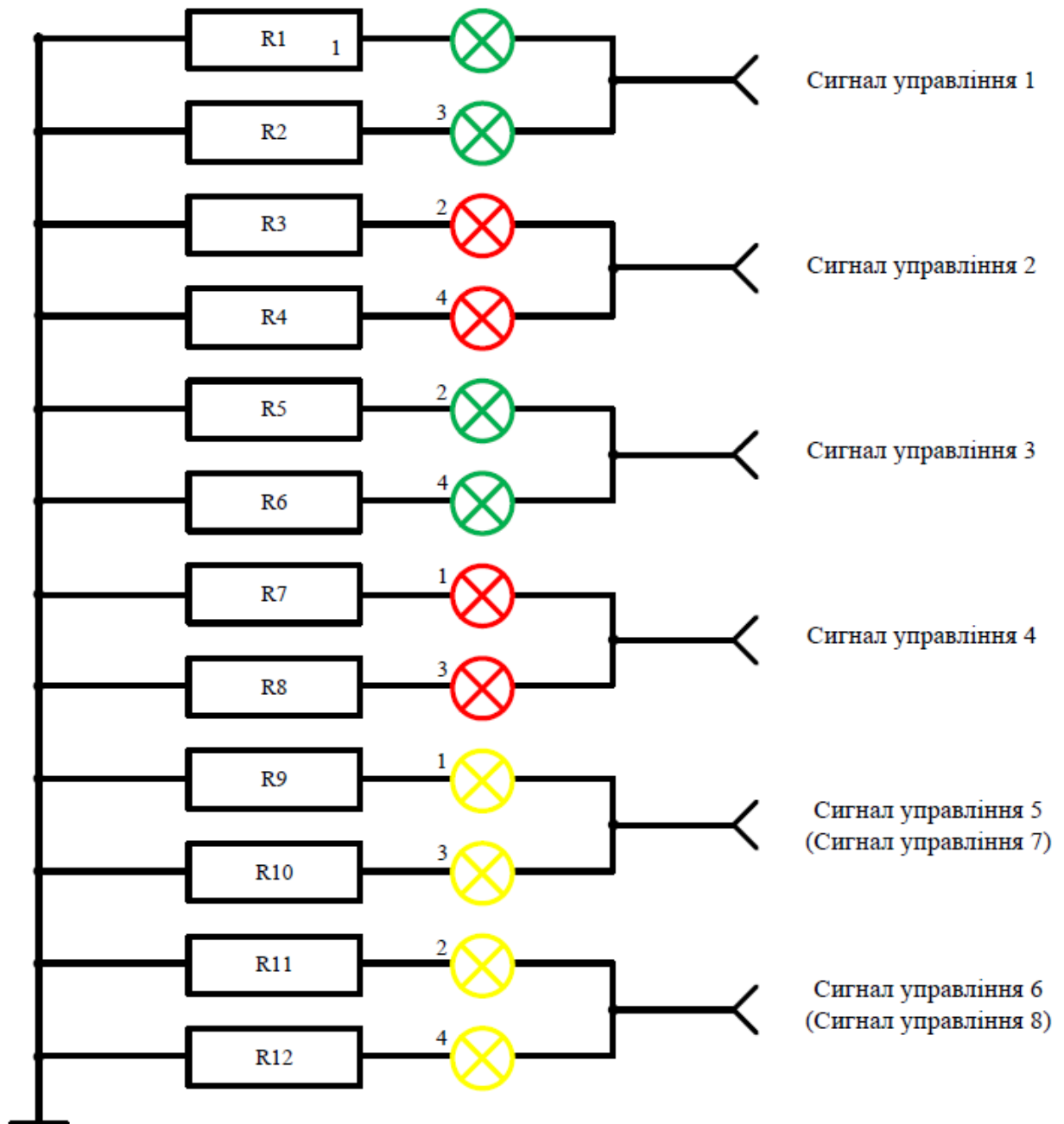


Рис. 4.7 – Схема розміщення світлофорів та головні напрямки руху транспорту

Сигнали світлофора (жовтий колір) мають два режими роботи:

- попарно включаються 1 і 3 та 2 і 4 (сигн. упр. 5 і 6);
- всі включаються в режимі спільного мигання (сигн. упр. 7 і 8).

Нижче наведено фрагмент програми реалізації такого алгоритму управління на основі МК SMT32.

Програма розрахована на варіант реалізації світлофорів на світлодіодних матрицях.

```
#include "stm32f0xx.h"
#include "stm32f0xx_exti.h"
#include "stm32f0xx_gpio.h"
#include "stm32f0xx_rcc.h"
#include "stm32f0xx_misc.h"
#include "stm32f0xxsyscfg.h"
// підпрограма для ініціалізації GPIO
//для роботи із вбудованими світлодіодами
void LEDInit(void)
{
GPIO_initTypeDef_InitStructure;
RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOB, ENABLE);
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin=
GPIO_Pin_1\GPIO_Pin_2\ GPIO_Pin_3\GPIO_Pin_4\ GPIO_Pin_5\GPIO_Pin_6\
GPIO_Pin_7\GPIO_Pin_8\ GPIO_Pin_9\GPIO_Pin_10\ GPIO_Pin_11\
GPIO_Pin_12;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_OUT;
GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_DOWN;
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
GPIO_AHBPeriphClockCMD(RCC_AHBPeriph_GPIOA, ENABLE);

InitGpio.GPIO_Pin = (GPIO_Pin_1\GPIO_Pin_3);
InitGpio.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN;
InitGpio.GPIO_Speed = GPIO_Speed_level_1;
InitGpio.GPIO_OType =GPIO_OType_PP;
```

```

InitGpio.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;

GPIO_Init(GPIOA, &InitGpio);
}
//підпрограма конфігурації PA0 як джерела зовнішнього переривання
void EXTI0_Config(void)
{
EXTI_InitTypeDef EXTI_InitStructure;
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOA, ENABLE);
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN;
GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;
GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_SYSCFG, ENABLE);
SYSCFG_EXTILineConfig(EXTI_PortSourceGPIOA, EXTI_PinSource0);
EXTI_InitStructure.EXTI_Line = EXTI_Line0;
EXTI_InitStructure.EXTI_Mode = EXTI_Mode_Interrupt;
EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Mode_Trigger_Falling;
EXTI_InitStructure.EXTI_LineCmd = ENABLE;
EXTI_Init(&EXTI_InitStructure);
NVIC_InitStructure.NVIC_IPRQChannel = EXTI0_1_IRQn;
NVIC_InitStructure.NVIC_IPRQChannelPriority = 0x00;
NVIC_InitStructure.NVIC_IPRQChannelCmd = ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
}
int I = 0;
// основна програма
void main(void)

```

```

{
// виклик процедури ініціалізації GPIO
LEDInit();
// виклик процедури конфігурації переривання
EXTI0_Config();
/*нескінченний цикл*/
while (1)
{
if(GPIO_ReadInputDataBit (GPIOB, GPIO_Pin_3))
i=0;
}
}
//підпрограма обробки переривання EXTI0
void EXTI0_1_IRQHandler(void)
{
i++;
GPIO_While(GPIOA,i);
//Скидання флагу переривання
EXTI_clearITPendingBit(EXTI_Line0);
}
}

```

Висновки до розділу 4:

Важливою метою розробки функціональної схеми є необхідність створення можливості для детального аналізу алгоритмів функціонування системи, розробки часових діаграм і формування вимог до елементної бази системи.

Робота АСКДР розпочинається з почергового підрахунку кількості автомобілів на кожній полосі, які підходять до перехрестя.

Вимірювання температури, вологості та освітлення доріг, що підходять до перехрестя також дуже важливий етап.

Ці параметри мають малу динаміку змін, їх можна вимірювати з меншою частотою в порівнянні з інтенсивністю руху автомобілів.

Вимоги до точності вимірювання цих параметрів не дуже високі.

Важливу роль в оцінці ефективності відіграє її швидкодія.

Загальна тривалість роботи каналу вимірювання температури значно менша за тривалість періоду вимірювання інтенсивності руху автомобілів.

Важливим моментом при проектуванні АСКДР є вибір елементної бази системи. В розділі приведені результати порівняння параметрів різних МК.

Важливою характеристикою МК є величина споживання електроенергії.

## 5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ»

### 5.1 Опис ідеї проекту

Необхідною частиною будь-якого проекту або дослідження є економічна частина або ж представлення розробки у якості стартап-проекту. Тому перед впровадженням дослідження, розробки або системи у виробництво необхідно проаналізувати сучасний стан ринку, конкурентоспроможність проекту, можливі фінансові ризики та ін.. Для цього повинна бути обрана спеціальна стратегія розробки, розвитку та подальшої підтримки запропонованого проекту.

В попередніх розділах розглянуті особливості роботи АСКДР.. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту системи керування дорожнім рухом з використанням інтернет речей.

Ідея проекту полягає що б створити таку систему, яка буде здатна функціонувати в різних умовах , що уточне наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка АСКДР	1. Науковий	Розробка системи прогнозування
	2. Технічний	Більш точні дані для аналізу середовища

Постійний моніторинг інтенсивності руху на перехрестях в межах міського кварталу є основою для прогнозування можливих змін руху на певний період часу.

З метою більш повного та точного вимірювання окремих параметрів руху використовуються інтернет речі. Результати вимірювань передаються до стаціонарної складової системи моніторингу, яка обладнана повним спектром необхідного обладнання і може реалізувати обробку результатів вимірювання за необхідними для моніторингу алгоритмами.

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристик и ідеї	Мій проект	МНС України та Київської міської державної адміністрації	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1	Переваги у затратах	50000\$	75000\$			+
2	Система інформації	GSM, GPS, 4G	GSM, GPS		+	
3	Кількість розробників	6	15			+
4	Прогнозування	так	ні			+
5	Роздільна здатність	10	10		+	

Сильними сторонами ідеї проекту є переваги у затратах, кількості розробників, та прогнозування в той час як у конкурентів вартість дуже висока, а також велика кількість розробників, оскільки для створення моделі не потрібно багато робітників; нейтральною стороною є система інформації, роздільна здатність приладу.



## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В даному підрозділі проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових, які наведено в таблиці (табл. 5.3):

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробка АСКДР	Ймовірнісна модель на основі теорії ланцюгів Маркова	Існуюча технологія	Доступна технологія
2		Прогнозування можливих змін стану потоків на основі результатів вимірювання параметрів довкілля та моделювання	Існуюча технологія	Доступна технологія

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект оснований на ідеях 1 та 2. Створення ймовірнісної моделі на основі теорії ланцюгів Маркова дозволяє нам обрати кілька базових станів довкілля, а саме: поточний, покращений, ідеально можливий, помірний, та критичний.

В експертній системі у реальному масштабі часу відбувається комплексна обробка всіх результатів вимірювання, ідентифікується та класифікується поточний стан потоків та виконується прогноз можливих змін інтенсивності руху в коротко- та середньостроковій перспективі.

АСКДР складається з таких технологічних засобів:

- Інформаційно-вимірювальна система експрес-вимірювання базових параметрів стану потоків транспорту з використанням інтернет речей.
- сукупність сенсорів для вимірювання значень конкретних параметрів руху та стану довкілля;
- сукупність технічних засобів управління транспортними потоками;
- система позиціонування GPS;
- технічні засоби зв'язку та системний мікрокомп'ютер.

### 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

В цьому підрозділі визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити реалізації проекту. Цей аналіз дозволить нам спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. В таблиці 5.4 проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг та динаміка розвитку ринку.

Аналіз попередньої характеристики потенційного ринку стартап-проекту показав, що динаміку ринку є позитивною, обмеження для входу та будь-які специфічні вимоги до стандартизації та специфікації відсутні. Звідси можна зробити висновок, що за попереднім оцінюванням потенційний ринок є привабливим для входження.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	6
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	500000\$
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Технічні можливості потенційних покупців
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Недосконало Розробленні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	95

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів
1	Необхідність створення умов безпечного руху	Інфраструктура великих міст, Науково-дослідницькі інститути	Термін експлуатації
			Ціна
			Стабільність
			Якість виявлення результатів
			Репутація

При застосуванні даної технології існують певні загрози (таблиця 5.6).

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Ріст конкурентів	Можливі нові алгоритми аналізу точності вимірювань від конкурентів	Проведення додаткових розрахунків та розробка більш точних та детальних алгоритмів
2	Інтеграція у вже існуючі системи	Фірми-конкуренти можуть розробити аналогічні\або наближені алгоритми для розрахунків	Компанія повинна намагатися бути постійно першою та не боятися йти на ризики в плані розробки, представлення проекту для масового користувача
3	Поведінка конкурентів	Конкуренти можуть знизити ціну на власну продукцію з метою залучення нових користувачів	Вдосконалення або створення зовсім іншого продукту
4	Зменшення кількості клієнтів	Зменшення кількості зацікавлених в продукції клієнтів	Можливе створення більш універсального сканера , а не вузько направленою
5	Поява приладів у конкурентів	Конкуренти можуть розробити більш функціональний прилад	Пошук нових рішень для удосконалення приладу

Цільовою аудиторією є компанії, що займаються збором інформації про стан навколишнього середовища та особливості змін інтенсивності руху транспорту, а також навчальні заклади, пов'язані з екологією. Різницею у їх поведінці є ціна та час отримання кінцевого результату, оскільки компанії можуть дозволити собі більш дорогую продукцію, проте час отримання кінцевого результату для них є принциповим питанням

Аналіз ринкового середовища, а саме факторів загроз, показав, що поведінка компаній конкурентів, їх зміна цінової політики, можливість створення абсолютно нового підходу або методу конкурентами, а також діяльність міжнародних компаній можуть перешкоджати впровадженню проекту.

Але поряд із сукупністю загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7).

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Поява нових компонентів	Можлива поява нових типів приладу для зондування	Аналіз нових приладів на точність та розробка алгоритмів можливого вдосконалення їх вимірювань
2	Нові технології дистанційного зондування	Покращення характеристик компонентів, що використовуються	Використання більш сучасних приймачів випромінювання
3	Потреба клієнтів у дешевому та універсальному приладі	Покращення характеристик, використовуючи не дорогі компоненти	Створення простого, універсального методу, який задовольняв би вимоги клієнтів

Продовження таблиці 5.7

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
4	Потреба в технічному обслуговуванні	Міжнародна технічна допомога та обслуговування клієнтів	Створення цілодобової консультаційної підтримки для клієнтів
5	Модулювання компонентів	Прилади можна удосконалювати на модульному рівні з використанням інтернет речей	Створення системи з окремих модулів, які можна замінити

Аналіз ринкового середовища, а саме факторів можливостей, показав, що у споживачів існує потреба в універсальній, дешевій та результативній системі, нові технології дозволять отримувати більш якісні результати, а також наявність компаній на ринку України, що не дозволяє легко впроваджувати власний продукт та реалізувати його технічну підтримку.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції Монополістична конкуренція	На ринку існують фірми які випускають продукцію даного типу: МНС України та Київська міська державна адміністрація	Потрібно працювати над репутацією компанії, забезпечуючи високу точність даних.

Продовження таблиці 5.8

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
2. За рівнем конкурентної боротьби національний	Замовниками таких товарів є фірми з різних куточків України. Доставка товару не відіграє велику роль в цьому сегменті	Потрібно як можна більше розширювати горизонти співпраці
3. За галузевою ознакою міжгалузева	Спектр галузей дуже широкий і постійно зростає	Розширювати можливості використання приладів
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду	Створення кращої продукції за продукти інших компаній
5. За характером конкурентних переваг - цінова - якісна	Ціни на такі прилади дуже високі, за допомогою нового алгоритму можна зменшити ціну на прилад. Розрахунки допустимих похибок дозволять при використанні алгоритму розробити точний прилад, використовуючи який можна отримати бажану точність	Підприємство може працювати над покращенням розрахунків тим самим дозволяючи як мінімум не збільшувати ціну на продукт

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку показав, що не дивлячись на конкуренцію декількох явних лідерів, дорогу продукцію та важливість бренду для споживачів, у запропонованого проекту є можливість здобути першість в Україні за рахунок розробки більш якісного та простого продукту, зменшення вартості розробки та популяризації власної продукції.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки: ринок РІВСЕМ є насиченим, пряма конкуренція є, але в межах України є конкурентна боротьба неінтенсивна	МНС України та Київська міська державна адміністрація	Науково дослідні інститути	Зазвичай постачальники не диктують умови співпраці	Міські адміністрації, МВС, Науково-дослідні інститути	Прилади для моніторингу інтенсивності транспортних потоків



Входження на ринок являться найбільш важким, оскільки фірми, точність яких перевіряється, мають високу репутацію і водночас закрити систему виробництва. З огляду на конкурентну ситуацію, додаткові обмеження з боку клієнтів та товарів-замінників можна зробити висновки, що робота на ринку можлива, а особливо на території України.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Гнучкість	Можливе швидке удосконалення приладів за рахунок проведення додаткових розрахунків
2	Якість	Можливість стабільно забезпечувати необхідну точність вимірів, що зробить абсолютним лідером серед конкурентів
3	Модульність	Принцип модульності в сучасному світі відіграє важливу роль, тому прилади можна удосконалювати на модульному рівні
4	Результативність	Можливість стабільно забезпечувати необхідну кількість вимірювань
5	Технічне обслуговування	Міжнародна технічна допомога та обслуговування клієнтів

В результаті обґрунтування факторів конкурентоспроможності стало ясно, що існує фактор якості та гнучкості, який обумовлює необхідність розробки проекту, який міг би конкурувати за факторами результативності, тобто можливості досягнення кінцевого результату, простоти експлуатації, ціни, а також надавати технічну допомогу й обслуговування.

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін алгоритму

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг сучасних приладів							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Цінова політика	17								+
2	Обслуговування	19							+	
3	Якість матеріалів	12			+					
4	Готова методика виготовлення	10			+					
5	Модульність	18								+
6	Репутація	10				+				

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін системи керування дорожнім рухом показав, що в цілому методика виготовлення та якість матеріалів запропонованого проекту є дещо слабкою стороною у порівнянні з конкурентами, тому необхідно покращувати позиції в цьому напрямку. До сильних факторів конкурентоспроможності можна віднести ціну та модульність.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), що наведені в таблиці 5.12, на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін, що наведені в таблиці 5.11.

SWOT-аналіз стартап проекту дає зрозуміти, що сильними сторонами проекту є низька собівартість, а тому і ціна продукції можливість зробити систему, яка буде стабільно постачати інформацію. До слабких сторін належать початковий слабкий імідж продукції на українському ринку, малий асортимент продукції та послуг у порівнянні з конкурентами.

Ринкові загрози та можливості є наслідками впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення: зниження доходів, активність конкурентів, винайдення кращих алгоритмів. Поява нових потреб споживачів, нових технологій сприятиме збільшенню інтересу, а отже і зростанню ринку.

Таблиця 5.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<p><i>Сильні сторони:</i></p> <p>1) точність одержання інформації, отриманої від системи для забезпечення потреб;</p> <p>2) результативність, можливість зробити прилад, який буде стабільно постачати інформацію;</p> <p>3) модульність.</p>	<p><i>Слабкі сторони:</i></p> <p>1) низька репутація підприємства на початку впровадження проекту в життя;</p> <p>2) малий асортимент продукції та послуг;</p> <p>3) низька якість матеріалів.</p>
<p><i>Можливості:</i></p> <p>1) поява нових компонентів;</p> <p>2) потреби споживачів у дешевому та універсальному приладі;</p> <p>3) поява нових технологій.</p>	<p><i>Загрози:</i></p> <p>1) винайдення кращих алгоритмів;</p> <p>2) активність та ріст конкурентів;</p> <p>3) зменшення кількості клієнтів.</p>

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Провести випробування на нових приладах	Отримання ресурсів буде швидким за рахунок швидкої доставки вже готової продукції	1-2 місяці

## Продовження таблиці 5.13

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
2	Додаткові розрахунки та більша кількість проаналізованих приладів	Отримання даних можливо у досить швидкий строк	2-3 місяці

Найкращою у усіх альтернатив було обрано додаткові розрахунки та більша кількість проаналізованих приладів, оскільки ймовірність отримання ресурсів є високою, хоча строки реалізації 2-3 міс.

## 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Науковий	Висока	Високий	Інтенсивна	Висока складність
2	Аграрний	Висока	Високий	Інтенсивна	Середня складність
Обрано цільові групи: ДСНС, МВС, дослідники.					

Цільовою групою потенційних клієнтів було обрано міські адміністрації, що спеціалізуються на моніторингу та наукові заклади. Обидві групи готові сприйняти продукт, оскільки попит на продукцію в цільових групах високий. Інтенсивність конкуренції в сегменті в рамках України не є значною, а вхід у сегмент є легким.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформуванати базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Перехід підприємства в режим економного виробництва.	Швидке підлаштування виробництва під мінливий ринок	Можливість зменшити вартість приладу за рахунок зниження ціни модулів характеристики яких можуть бути нижчими, підвищивши рівень програмної реалізації приладу	Стратегія лідерства по витратах
2	Підвищення якості апаратних ресурсів приладу	Швидке підлаштування виробництва під мінливий ринок	Можливість збільшення вартості приладу за рахунок додавання модулів з високими показниками характеристик	Стратегія спеціалізації

При визначенні базової стратегії конкурентної поведінки було обрано стратегію позиціонування, оскільки вона є найбільш доцільною. Компанія показує чим продукт унікальний, чим відрізняється від конкурентів, чим корисний споживачу, а саме відбувається позиціонування на особливостях технології, що є важливим для споживачів.

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Проект не є «першопрохідцем» на ринку	Шукати нових споживачів, та забирати існуючих у фірм конкурентів	Компанія не буде копіювати основні характеристики конкурентів.	Розширення первинного попиту
2	Проект не є «першопрохідцем» на ринку	Забирати існуючих клієнтів у фірм конкурентів	Так, планується закупляти схожі модулі що і у фірми конкурента.	Наступальна стратегія

При визначенні базової стратегії конкурентної поведінки було обрано стратегію розширення первинного попиту, оскільки вона є найбільш доцільною. Компанія показує чим продукт унікальний, чим відрізняється від конкурентів, чим корисний споживачу, оскільки проект не є «першопрохідцем» на ринку.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Якість	Розширення первинного попиту	Швидкість, гнучкість	Швидкість, гнучкість, модульність
2	Обслуговування	Розширення первинного попиту	Відносно швидке обслуговування та ремонт, гнучке встановлення	Легкість, модульність, довгострокова гарантія
3	Ціна	Наступальна	Доступна цінова політика, висока якість.	Гнучкість, доступність, якість

Основними вимогами до товару цільової аудиторії є якість, ціна, обслуговування. Було обрано асоціації на базі вимог цільової аудиторії, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту – швидкість, модульність та доступність.

## 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Наукова	Високі характеристики стабільності системи	Абсолютно новий алгоритм аналізу точності
2	Прикладна	Гнучка цінова політика	Можливість підвищити якість приладу за рахунок його модульності, великий діапазон цін

Формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач, показало, що споживачі, у яких буде впроваджено даний стартап-проект, будуть задовольнятися потреби, зокрема високі характеристики системи та якість управління транспортними потоками в межах міського кварталу з використанням інтернет речей.

Опис трьох рівнів моделі товару показав, що основний задум даного стартап проекту полягає у створенні системи транспортного моніторингу. Його перевагою є висока точність та швидкість вимірювання. До продажу клієнтам не потрібно мати особливих навичок для користування методом, а після продажу на них очікує технічна підтримка. Проект буде захищено від копіювання за рахунок патенту на прилад та корисну модель.



Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Система керування дорожнім рухом		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1) роздільна здатність	м	
	2) температура	°С	
	3) вологість	%	
	Якість: ГОСТ, ISO		
	Обгортання і вакуумізація продукції плівкою, яка не пропускає вологу з термозапайкою, ударостійка засипка.		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: особливих навичок не потребує		
	Після продажу: підтримка клієнтів		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патент на прилад та корисну модель			

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 5.20).

Таблиця 5.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	-----	75000\$	10000-20000UAH	50000\$

Провівши аналіз рівня цін на товари замітники, рівень цін на товари аналоги та рівень доходів цільової групи споживачів було сформовано нижню \$40000 та верхню \$50000 межі встановлення ціни на товар, що дає цінову перевагу перед товарами конкурентів.

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Попереднє замовлення з підписанням контракту	Встановлення контактів зі споживачами, їх підтримка; Чітка доставка в строки, та без помилки в розрахунках.	Канал нульового рівня (виробник безпосередньо продає товар клієнту	Збут продукції відбуватиметься безпосередньо через сайт виробника

Зазначені функції збуту, глибина каналу формують оптимальну систему збуту, яка відбуватиметься через сайт розробника. Завдяки цьому можна легко встановлювати контакти зі споживачами та їх подальшу підтримку, організувати дослідницьку роботу зі збору маркетингової інформації та розробку і реалізацію програм підтримки лояльності клієнтів.

Зважаючи на те, що цільові клієнти більше частину інформації про нові товари отримують через конференції, семінари та публікації, то доцільними ключовими позиціями було обрано технічні та оптичні характеристики приладу. Завданням рекламного повідомлення є зацікавлення та позиціонування товару новим клієнтам.

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Покупець організація-споживач оцінює характеристики, технічну компетентність та здатність забезпечити умови постачання	Виставки, конференції, семінари, наукові журнали.	Зовнішній вигляд, технічні характеристики	Поширення знань про продукт, інформація про випробування товару	Доступність та якість технології у науковій діяльності

## 5.6 Висновки

Виконавши загальний аналіз здійснення ідеї стартап-проекту можна зробити загальний висновок. Попит на продукцію є, що підтверджується позитивною динамікою ринку та потребі у сучасному, легкому та універсальній моделі системи екологічного моніторингу.

Конкуренція на ринку України в цій області не є значною, що обумовлює легкий вхід на український ринок.

Використання запропонованої системи транспортного моніторингу дозволяє оперативно реалізувати основні завдання моніторингу стану довкілля та транспортних потоків, класифікувати поточний стан у

відповідності до прийнятої градації (ідеально можливий, покращений, поточний, помірний, критичний). Також були використані методи досліджень (моделювання, статистична обробка, прогнозування).

Використання інформації про динаміку змін основних параметрів стану довкілля та динаміку транспортних потоків – дозволяє реалізувати прогнозування можливих змін поточного стану з використанням методів екстрополяції, що в свою чергу дозволяє використати наявні ресурси для запобігання критичних станів безпечності руху транспорту та використовувати отриману прогнозу інформацію при прийнятті організаційних та управлінських рішень для гарантування безпечного руху транспорту та пішоходів.

Таким чином, АСКДР з використанням інтернет речей суттєво розширює її функціональні та технічні характеристики і в реальному масштабі часу забезпечує в першу чергу підрозділи ДСНС та МВС України перевіреною інформацією про інтенсивність транспортних потоків та прогнозу інформацією про можливі зміни станів інтенсивності та безпечності руху в короткотерміновій перспективі.

## ВИСНОВКИ

Результати дослідження показали, що безпечність руху транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу залежить від великої кількості факторів впливу; насамперед, від інтенсивності потоків, природньо-кліматичних умов, наявності та ефективності застосування технічних засобів керування рухом та інших.

Одночасно динаміка змін цих параметрів, їх кількість та зміна пріоритетності – створюють проблему для автоматизації управління транспортними та пішохідними потоками.

Саме тому використання інтернет речей є практично єдиною ефективною технологією, яка дозволить розробити та ефективно використовувати автоматизовані системи керування дорожнім рухом в межах міського кварталу.

Використання ймовірнісних моделей на основі теорії ланцюгів Маркова дозволило дослідити граничні значення інтенсивності транспортних потоків та пріоритетних факторів зовнішнього впливу на безпечність руху в межах міського кварталу.

Найбільш важливими параметрами є інтенсивність потоків, стан дорожнього покриття та наявність технічних засобів управління цими потоками.

Зростання інтенсивності потоків в межах міського кварталу – вимагає також високої швидкодії АСКДР та різноманітних засобів керування дорожнім рухом.

Структура АСКДР в межах міського кварталу з використанням інтернет речей повинна мати можливість реалізувати завдання управління транспортними потоками в реальному масштабі часу.

Інтенсивність функціонування АСКДР можлива лише при наявності в складі системи ефективно оптимально структурованої бази знань.

В якості форми подання знань в базі знань вибрана фреймова структура.

Алгоритми прийняття рішень в режимі on-line повинні бути оптимізовані за кількістю технологічних процедур прийняття рішень.

Використання інтернет речей дозволяє разом з такою базою знань суттєво підвищити ефективність використання АСКДР.

Важливою метою розробки функціональної схеми є необхідність створення можливості для детального аналізу алгоритмів функціонування системи, розробки часових діаграм і формування вимог до елементної бази системи.

Робота АСКДР розпочинається з почергового підрахунку кількості автомобілів на кожній полосі, які підходять до перехрестя.

Виконавши загальний аналіз здійснення ідеї стартап-проекту можна зробити загальний висновок. Попит на продукцію є, що підтверджується позитивною динамікою ринку та потребі у сучасному, легкому та універсальній моделі системи екологічного моніторингу.

Використання запропонованої системи транспортного моніторингу дозволяє оперативно реалізувати основні завдання моніторингу стану довкілля та транспортних потоків, класифікувати поточний стан у відповідності до прийнятої градації (ідеально можливий, покращений, поточний, помірний, критичний). Також були використані методи досліджень (моделювання, статистична обробка, прогнозування).

Використання інформації про динаміку змін основних параметрів стану довкілля та динаміку транспортних потоків – дозволяє реалізувати прогнозування можливих змін поточного стану з використанням методів екстрополяції, що в свою чергу дозволяє використати наявні ресурси для запобігання критичних станів безпечності руху транспорту та використовувати отриману прогнозу інформацію при прийнятті організаційних та управлінських рішень для гарантування безпечного руху транспорту та пішоходів.

Таким чином, АСКДР з використанням інтернет речей суттєво розширює її функціональні та технічні характеристики і в реальному масштабі часу забезпечує в першу чергу підрозділи ДСНС та МВС України перевіреною інформацією про інтенсивність транспортних потоків та прогнозною інформацією про можливі зміни станів інтенсивності та безпечності руху в короткотерміновій перспективі.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизовані системи керування дорожнім рухом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/81363/tehnika/avtomatizovani\\_sistemi\\_keruvannya\\_dorozhnim\\_ruhom](https://pidruchniki.com/81363/tehnika/avtomatizovani_sistemi_keruvannya_dorozhnim_ruhom).
2. ДСТУ 4976 : 2008 Охорона навколишнього природного середовища. Комплекс стандартів у сфері охорони ґрунтів, 2008.
3. Інтернет речей – як технологія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.analog.com.lot/en/index>.
4. Інтернет речей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82\\_%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%B9](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82_%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%B9).
5. Лекторій. Що таке інтернет речей і навіщо він потрібен? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://techno.nv.ua/ukr/popscience/lektorij-shcho-take-internet-rechej-i-navishcho-vin-potriben-1326653.html>.
6. Робертсон Д. The control of industry / Деннис Робертсон., 1923.
7. БАРАНОВ О. А. Інтернет речей (IoT): правові моделі використання обмеженого радіочастотного ресурсу / О. А. БАРАНОВ., 2017.
8. Сидоров Д. Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ НА ДІЛЯНКАХ ВУЛИЧНОДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЇЇ ЗМІНИ / Д. Ю. Сидоров. – Луцьк: Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ", 2014
9. Марковська модель [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0\\_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C).



10. Фактори, що впливають на параметри технологічного процесу перевезення пасажирів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://pidruchniki.com/70065/logistika/faktori\\_vplivayut\\_parametri\\_tehnologichnogo\\_protsezu\\_perevezennya\\_pasazhiriv](https://pidruchniki.com/70065/logistika/faktori_vplivayut_parametri_tehnologichnogo_protsezu_perevezennya_pasazhiriv).
11. ДСТУ 4134-2002. Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування технологічними процесами [Електронний ресурс]. – 2002. – Режим доступу до ресурсу:  
[https://dnaop.com/html/34038/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3\\_4134-2002](https://dnaop.com/html/34038/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_4134-2002).
12. Транспортний потік і його характеристики у сучасному світі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://studfiles.net/preview/3540898/page:3/>.
13. ПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РУХУ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІСИСТЕМИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://mtu.gov.ua/files/GUIDE\\_ua\\_2016.pdf](https://mtu.gov.ua/files/GUIDE_ua_2016.pdf).
14. Засоби автоматизації. [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
[http://www.wikiznanie.ru/ruwz/index.php/Алгоритмы\\_адаптивного\\_регул\\_ирования\\_светофорной\\_сигнализации](http://www.wikiznanie.ru/ruwz/index.php/Алгоритмы_адаптивного_регул_ирования_светофорной_сигнализации).
15. Кожевников В.І., Витяжков Д.В., Толмачов В.В., Луговенко В.В., Гриценко А.А. Автоматизована система управління дорожнім рухом // Вісник СевКавГТУ. Серія «Природничонаучна», №1 (6), 2003.
16. Arduino Uno [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.
17. Конференції ВНТУ. Наукові електронні видання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/energo/2015>.

## ДОДАТОК А

Функціонування ультразвукового датчика (сенсора) в складі АСКДР.

Код програмного компоненту включає в себе ініціалізацію портів та таймерів, процедуру вимірювання, індикацію результату та керування процесом вимірювання.

```
#include "stm32f0xx.h"
#include "stm32f0xx_rcc.h"
#include "stm32f0xx_gpio.h"
#include "stm32f0xx_tim.h"
#include "stm32f0xx_misc.h"
#include "5510.h"
#include "stm32f0xx_exti.h"
#include "stm32f0xx_syscfg.h"
#define SR04_TRIG (1<<6)
#define SR04_ECHO (1<<7)
#define SR04_OFFSET 0.8
static_IO uint32_t TimingDelay = 0;
void SysTick_Handler(void);
void Delay(uint32_t T);
void TIM3_Config(void);
void ADC_init(void);
void UpdateGraf(void);
long map(long x, long in_min, long in_max, long out_min, long out_max);
void SR04_Init(void);
int SR04read(void);
char str23 [50]= "hello";
volatile uint32_t MSec = 0;
uint16_t Distance=0;
uint16_t PulseTime=0;
```

```
uint16_t PrescalerValue = 0;
uint8_t err_status = 0;
int 16_t GrafVal = 0;
N5110_Bitmap_TypeDef m;
N5110_TypeDef LCD ={
    {GPIOA, GPIO_Pin_6}, //RST pin
    {GPIOA, GPIO_Pin_5}, //CE pin
    {GPIOA, GPIO_Pin_4}, //DC pin
    {GPIOA, GPIO_Pin_3}, //Din pin
    {GPIOA, GPIO_Pin_2}, //CLK pin
    Delay, // Delay Function Name
};

int main(void)
{
    SysTick_Config(SystemCoreClock / 1000);
    N5110_Init(&LCD);
    Delay(1000);
    N5110_Clear(&LCD);
    TIM3_Config();
    TIM2_Init();
    SR04_Init();

    while(1)
    {
        PulseTime=SR04read();
        Distance=(int)(PulseTime * 0.01715 + SR04_OFFSET);

        Delay(100);
```

```

}
}

void TIM2_Init(void) {
uint16_t PrescalerValue = 0;

TIM_TimeBaseInitTypeDef  TIM_TimeBaseStructure;
TIM_OCInitTypeDef  TIM_OCInitStructure;

/* TIM2 clock enable */
RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM2, ENABLE);
TIM_TimeBaseStructInit(&TIM_TimeBaseStructure);
TIM_OCStructInit(&TIM_OCInitStructure);
/* Compute the prescaler value */
PrescalerValue = (uint16_t) (SystemCoreClock/ 1000000) - 1;
/* Time base configuration */
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period = 65535 - 1;    //in uSecs
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Prescaler = PrescalerValue;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision = 0;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
TIM_JTimeBaseInit(TIM2, &TIM_TimeBaseStructure);

TIM_Cmd(TIM2, ENABLE);
}
/*
returns SR04 measurement in cm
*/
int SR04read(void) {
err_status=0;
TIM_SetCounter(TIM2, 0);

```

```

GPIO_SetBits(GPIOC, GPIO_Pin_6);
while(TIM_GetCounter(TIM2) < 15);
    GPIO_ResetBits(GPIOC, GPIO_Pin_6);
// //TIM_SetCounter(TIM2, 0);
while(!GPIO_ReadInputDataBit(GPIOC, GPIO_Pin_7)){
if(TIM_GetCounter(TIM2) >= 65000) {
    //err_1;
    err_status |= 0x01;
// break;
return 0;
    }
}
    TIM_SetCounter(TIM2, 0);
while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOC, GPIO_Pin_7)) {
if(TIM_GetCounter(TIM2) >= 65000) {
    //err_2;
    errjstatus |= 0x02;
// break;
return 0;
    }
}
// return 0;
return TIM_GetCounter(TIM2);
// return ((float)TIM_GetCounter(TIM2) * 0.01715 + SR04_OFFSET);
}

/*
Configure SR04 GPIO
*/

```

```

void SR04_Init(void) {
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;

    // configuring clock sources for GPIOC
    RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOC, ENABLE);

    /* Configure SR04 pins: PC6 - TRIGGER */
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_6;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_OUT;
    GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;
    GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);

    /* Configure SR04 pins: PC7 - ECHO */
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_7;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN;
    GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL;
    GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);

    // hold TRIG pin low
    GPIO_ResetBits(GPIOC, GPIO_Pin_6);
}

}

void UpdateGraf()
{
    N5110_Clear(&LCD);
}

```

```

if(Disp_TypeALL==0 ) {
if(ChNumOnOff[ChNumInd]==1){
if(Disp_Type==0) //chislo
{
N5110_WriteChar(&LCD, 0, 0, T);
N5110_WriteChar(&LCD, 6, 0, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 0, PulseTime);
N5110_WriteChar(&LCD, 0, 8, 'D');
N5110_WriteChar(&LCD, 6, 8, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 8, Distance);
N5110_WriteString2(&LCD, 0, 8, StrChNum); //Ch_num=
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 42, 8, ChNumInd);
}
else if(Disp_Type==1)//analog bar
{
Grafval = (uint8_t)map(AnalogVal[ChNumInd],0,4095,0,83);
for(int i=0; i<GrafVal; i++)
{
N5110_DrawPixel(&LCD, i, 0);
N5110_DrawPixel(&LCD, i, 1);
N5110_DrawPixel(&LCD, i, 2);
N5110_DrawPixel(&LCD, i, 3);
}
N5110_WriteString2(&LCD, 0, 8, StrChNum); //Ch_num=
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 42, 8, StrChInd);
}
}
else {
N5110_WriteString2(&LCD, 0, 0, StrChNum); // Ch_num=
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 42, 0, StrChInd);
}
}

```

```
N5110_WriteString2(&LCD, 0, 8, StrChOFF); // Ch_num=
}
}
else{
N5110_WriteChar(&LCD, 0, 0, 'T');
N5110_WriteChar (&bCO, 6, 0, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 0, PulseTime);
N5110_WriteChar(&LCD, 0, 8, 'D');
N5110_WriteChar(&LCD, 6, 8, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 8, Distance[0]);

N5110_WriteChar(&LCD, 0, 0, 'T');
N5110_WriteChar (&bCO, 6, 0, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 0, PulseTime);
N5110_WriteChar(&LCD, 0, 8, 'D');
N5110_WriteChar(&LCD, 6, 8, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 8, Distance[1]);

N5110_WriteChar(&LCD, 0, 0, 'T');
N5110_WriteChar (&bCO, 6, 0, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 0, PulseTime);
N5110_WriteChar(&LCD, 0, 8, 'D');
N5110_WriteChar(&LCD, 6, 8, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 8, Distance[2]);

N5110_WriteChar(&LCD, 0, 0, 'T');
N5110_WriteChar (&bCO, 6, 0, '=');
N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 0, PulseTime);
N5110_WriteChar(&LCD, 0, 8, 'D');
N5110_WriteChar(&LCD, 6, 8, '=');
```



```

N5110_WriteDec_UINT16(&LCD, 12, 8, Distance[3]);
}
}
void TIM3_Config(void)
{
TIM_TimeBaseInitTypeDef  TIM_TimeBaseStructure;
NVIC_InitTypeDefNVIC_InitStructure;

/* TIM3 clock enable */
RCC_APB1PeriphClockCrad(RCC_APB1Periph_TIM3, ENABLE);
/* Enable the TIM3 global Interrupt */
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = TIM3_IRQn;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPriority = 0;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
/* Compute the prescaler value */
PrescalerValue = (uint16_t) (SystemCoreClock / 1000) - 1;
/* Time base configuration */
TIM_TimeBaseStructure.TIM_Period = 200-1;
TIM_TimeBaseStructure. TIM_Prescaler = PrescalerValue;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_ClockDivision = 0;
TIM_TimeBaseStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up ;
TIM_TimeBaseInit(TIM3, &TIM_TimeBaseStructure);
/* TIM3 Interrupts enable */
TIM_ITConfig(TIM3, TIM_IT_Update, ENABLE);
/* TIM3 enable counter */
TIM_Crad(TIM3, ENABLE);
}
//Simple millisecond delay function as explained in nearly every code
upload HI do! Nonetheless, the while loop will execute the "nop"

```

instruction until //"T" amount of MSec (milliseconds) has passed.

```
void Delay(uint32_t T){
volatile uint32_t MSS = MSec;
while((MSec-MSS)<T) asm volatile("nop");
}
```

```
void SysTick_Handler()
{
MSec++;
}

long map(long x, long in_min, long in_max, long out_min, long out_max)
{
Return (x-in_min)*(out_max-out_min)/(in_max-in_min)+out_min;
}
```

```
void TIM3_IRQHandler(void)
{
If(TIM_GetITStatus(TIM3, TIM_IT_Update)!=RESET)
{
TIM_CLEARITPendingBit(TIM3, TIM_IT_Update);
UpdateGraf();
}
}
```

## ДОДАТОК Б

Публікація на тему: Система управління дорожнім рухом на основі технології інтернету речей

УДК. 621.324

Головко В. А. магістр (НТУУ КПІ).

Ключові слова: інтернет, речей, керування рухом, інтенсивність транспортних потоків, керування рухом.

XXI століття поставило перед людством цілий спектр проблем, серед яких важливою проблемою є створення умов безпечного проживання та діяльності людей [1].

Цю проблему в різних формах та в різних об'ємах вирішують практично у всіх галузях людської діяльності.

Стосується це і транспортної галузі. Зокрема формування умов необхідної безпечності автомобільних перевезень як на великих автомагістралях, так і в містах.

Саме в містах ця проблема стоїть надто гостро.

В даній статті розглядаються особливості та проблеми керування рухом міського транспорту в межах одного кварталу.

Не секрет [2], що одночасно із збільшенням кількості людей, які проживають в містах, – збільшується і інтенсивність транспортних потоків, як в місті великому, так і в межах міського кварталу.

Старі технології керування транспортними потоками не забезпечують необхідної ефективності та безпечності руху.

Одним із можливих варіантів формування достатніх масивів інформації про поточний стан транспортних та пішохідних потоків в межах міського кварталу може бути автоматизована система збору, обробки та використання результатів такої діяльності для формування оптимальних керуючих станів управління технічними засобами керування рухом.

Реалізація такої системи найбільш ефективна при використанні інтернет речей [3].

На рисунку 1 приведена структурна схема такої автоматизованої системи керування дорожнім рухом (АСКДР) з використанням інтернет речей.

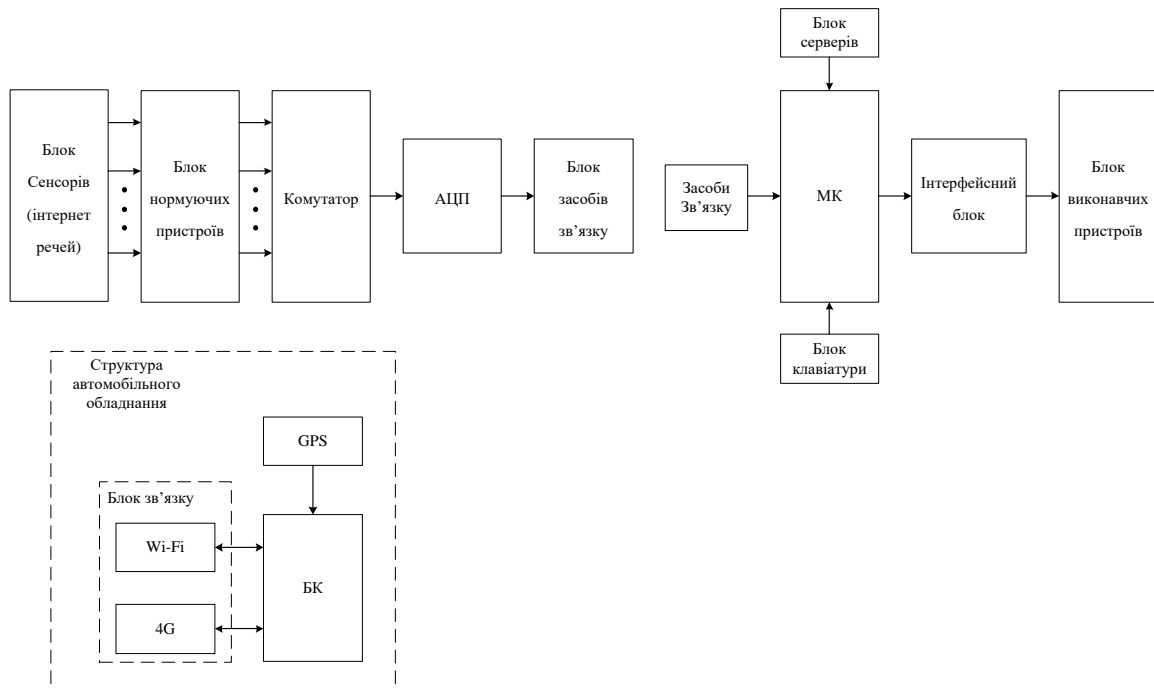


Рисунок 1 – Структура АСКДР

Саме технологія інтернет речей спільно із каналами швидкісного зв'язку дозволяє в режимі on-line зчитати і передати до системного комп'ютера велику кількість результатів вимірювання реального стану транспортних потоків в межах міського кварталу, на основі яких і будуть сформовані керуючі сигнали на блок виконуючих пристроїв, що сформує оптимально можливі умови безпечного руху.

Узагальнений алгоритм роботи такої АСКДР приведений на рисунку 2.

Впровадження такої АСКДР в межах міського кварталу з використанням інтернет речей дозволить отримати наступні розрахунки:

- підвищення безпеки руху на 10%;
- зменшення вимушених простоїв транспорту на 15%;
- збільшення середньої швидкості руху транспорту на 10%;

- зменшення викидів  $CO_2$  на 25%;
- зменшення витрат пального на 20-25.

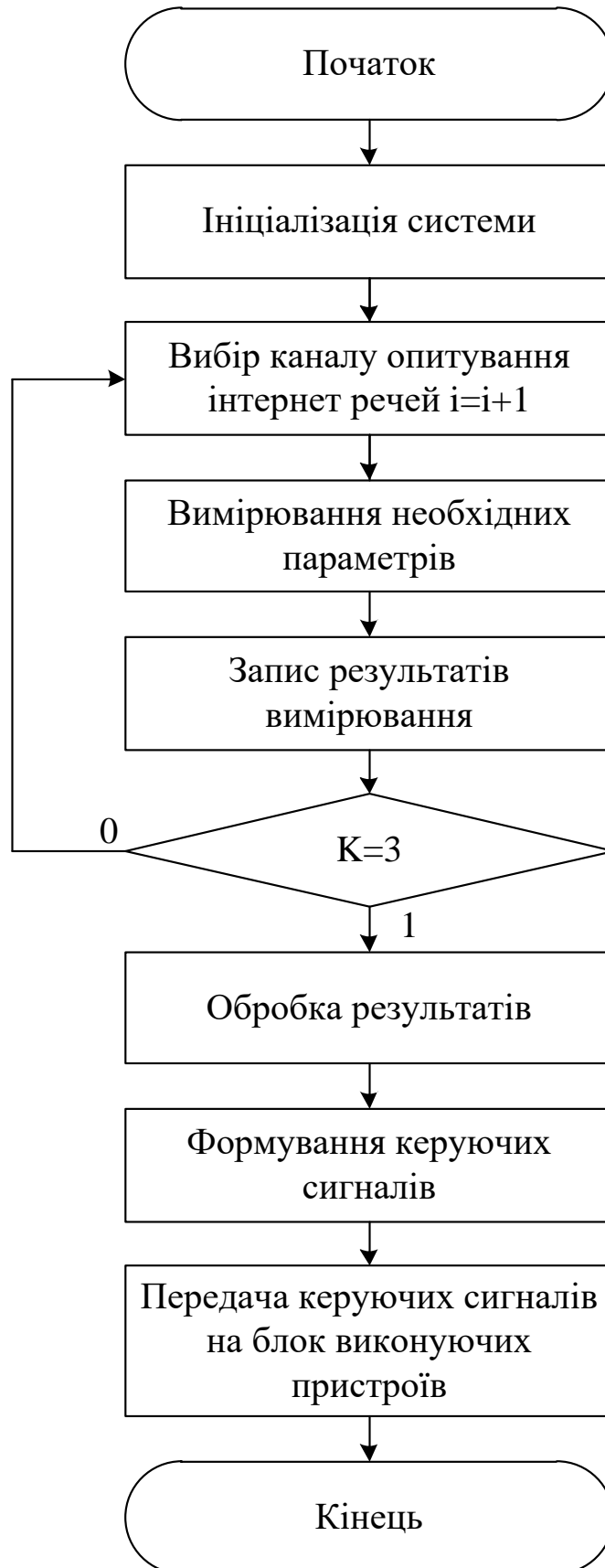


Рисунок 2 – узагальнений алгоритм роботи

Аналізуючи вищесказане можна стверджувати, що АСКДР з використання інтернет речей – є практично єдиною ефективною технологією вирішення проблем формування умов безпечного руху транспортних потоків в населених пунктах.

Враховуючи той факт, що кількість окремих сенсорів на Землі постійно збільшується і від сьогоднішніх 15 мільярдів в 2020 році досягне кількості в 50÷60 мільярдів, запропоноване АСКДР є актуальною і перспективною

#### Література.

1. Автоматизовані системи керування дорожнім рухом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/81363/tehnika/avtomatizovani\\_sistemi\\_keruvannya\\_dorozhnim\\_ruhom](https://pidruchniki.com/81363/tehnika/avtomatizovani_sistemi_keruvannya_dorozhnim_ruhom).
2. Сидоров Д. Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ НА ДІЛЯНКАХ ВУЛИЧНОДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЇЇ ЗМІНИ / Д. Ю. Сидоров. – Луцьк: Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ", 2014
3. Транспортний потік і його характеристики у сучасному світі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/3540898/page:3/>.