

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

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформаційних систем та технологій

«На правах рукопису»
УДК _____004.75_____

До захисту допущено:
В. о. завідувача кафедри
_____ Олександр РОЛІК
«__»_____2021 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інформаційне забезпечення
робототехнічних систем»
зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»
на тему: «Автоматизована система обліку завантаженості громадського
транспорту»

Виконав (-ла):
студент (-ка) VI курсу, групи ІК-01мп
Мроць Максим Богданович _____

Керівник:
доц., к.т.н.,
Батрак Євгеній Олександрович _____

Рецензент:
начальник науково-дослідної частини НАУ,
д.т.н., професор,
Дружинін Володимир Анатолійович _____

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра інформаційних систем та технологій

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Мроцю Максиму Богдановичу

1. Тема дисертації «Автоматизована система обліку завантаженості громадського транспорту», науковий керівник дисертації Батрак Євгеній Олександрович, доц., к.т.н, затверджені наказом по університету від «27» 10 2021 р. № 3587-с
2. Термін подання студентом дисертації «13» грудня 2021 р.
3. Об'єкт дослідження – система обліку пасажиропотоку
4. Предмет дослідження – технології та алгоритми обліку пасажиропотоку
5. Перелік завдань, які потрібно розробити – аналіз предметної області, вибір технології підрахунку, створення архітектури системи. розробка програмного забезпечення та бази даних.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу – 8
8. Консультанти розділів дисертації

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

9. Дата видачі завдання 05.10.2021

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Ознайомлення з завданням	05.10.2021	
2	Аналіз проблеми та об'єкта досліджень	07.10.2021	
3	Аналіз існуючих систем	08.10.2021	
4	Постановка задачі	10.10.2021	
5	Можливі методи вирішення поставленої мети	11.10.2021	
6	Вибір компонентів та програмних засобів	12.10.2021	
7	Розробка системи прототипу	15.10.2021	
8	Оформлення документації	25.10.2021	
9	Передзахист	25.11.2021	
10	Представлення до захисту	20.12.2021	

Студент

Максим МРОЦЬ

Науковий керівник

Євгеній БАТРАК

РЕФЕРАТ

Розмір пояснювальної записки – 111 аркушів, містить 26 ілюстрацій, 35 таблиць, 8 додатків.

Актуальність теми. У роботі розглянуто проблему автоматичного обліку пасажиропотоку у громадському транспорті яка б збирала потрібні статистичні дані для компанії перевізника. Було розглянуто декілька технологій обліку та обрано необхідну для створення надійної та точної системи.

Мета дослідження. Метою магістерської дисертації являється покращення точності обліку пасажирів, зменшити собівартість системи та зробити легше монтування а ніж в аналогічних системах.

Об'єкт дослідження: система обліку пасажиропотоку

Предмет дослідження: технології та алгоритми обліку пасажиропотоку

Для реалізації поставленої мети сформульовані наступні завдання:

- аналіз предметної області;
- вибір технології підрахунку
- створення архітектури системи;
- розробка програмного забезпечення та бази даних.

Наукова новизна полягає у створенні системи автоматичного обліку пасажиропотоку у громадському транспорті, яка здатна визначати кількість та напрямок руху пасажирів. Результат досягнутий шляхом застосування більшої кількості датчиків, сигнали яких обробляються алгоритмом, що здатен визначити одночасний рух декількох людей в різних напрямках. Вартість та затрати на утримання даної системи будуть нижчими, аніж наявні рішення на ринку.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що програмна система є простою у використанні користувачем. Апаратна система ніяк не впливає на комфорт користування громадським транспортом. Система може бути використана на будь-якому виді громадського транспорту.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась на кафедрі інформатики та програмної інженерії Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Ключові слова: STM32F401, NEO-6M, ESP-01S, НАТИСКНА ПЛАСТИНА, ОБЛІК, НАПРЯМОК РУХУ, ПАСАЖИРОПОТІК.

ABSTRACT

Explanatory note size – 111 pages, contains 26 illustrations, 35 tables, 8 applications.

Topicality. Examines the problem of automatic passenger counting in public transports, which would collect the necessary statistics for the carrier companies. Several accounting technologies were considered and selected the one needed technologies to create a reliable and accurate system.

The aim of the study. The aim of the master's dissertation is to improve the accuracy of passenger accounting, reduce the cost of the system and make installation easier than in similar systems.

Object of research: system of accounting for passenger traffic

Subject of research: technologies and algorithms for passenger traffic accounting

To achieve this goal, the following tasks were formulated:

- analysis of the subject area;
- choice of counting technology;
- creation of system architecture;
- software and database development.

The scientific novelty of the results of the master's dissertation is the creation of a system of automatic accounting of passenger traffic in public transport, which is able to determine the number and direction of passengers. The result is achieved by using more sensors, the signals of which are processed by an algorithm that can detect the simultaneous movement of several people in different directions. The cost and maintenance of this system will be lower than available solutions on the market.

The practical value of the obtained results is that the software system is easy to use by the customer. The hardware system does not affect the comfort of using public transport. The system can be used on any type of public transport.

Relationship with working with scientific programs, plans, topics. Work was performed at the Department of Informatics and Software Engineering of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute. Igor Sikorsky».

Keywords: STM32F401, NEO-6M, ESP-01S, PRESSURE PLATE,
ACCOUNTING, DIRECTION, PASSENGER FLOW

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ОБ’ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ	14
1.1 Способи обліку пасажирів.....	14
1.1.1 За тривалістю періоду, що охоплюється	15
1.1.2 За шириною охоплення транспортної мережі.....	15
1.1.3 За способом проведення.....	16
1.2 Автоматизована система підрахунку пасажирів.....	19
1.3 Технології підрахунку людей у громадському транспорті.....	22
1.3.1 Оптичні датчики та системи зору.....	23
1.3.2 Датчики виявлення тіла.....	24
1.3.3 Теплові датчики.....	29
1.3.4 Сканування QR-коду.....	30
1.3.5 Смарт картки	30
1.3.6 Підключення Wi-Fi і Bluetooth	31
1.4 Порівняння технологій підрахунку пасажирів.....	32
1.5 Висновок до розділу.....	33
2 АНАЛІЗ ГОТОВИХ РІШЕНЬ	34
2.1 Система підрахунку пасажирів GPSM Pass-track	34
2.2 Система контролю пасажиропотоку «Автокондуктор»	35
2.3 Система контролю пасажиропотоку «Сходінка»	37
2.4 Система автоматичного підрахунку пасажирів GPSM Clever Scan.....	38
2.5 Датчик підрахунку DA-400	39

2.6 Система автоматичного підрахунку пасажирів IRMA Matrix.....	41
2.7 Висновок до розділу.....	43
3 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	44
3.1 Складові системи яка розроблюється	44
3.2 Вимоги до системи автоматизованого обліку.....	45
3.2 Розташування апаратної частини	46
3.3 Висновок до розділу.....	49
4 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ РЕАЛІЗАЦІЙ	50
4.1 Вибір мови програмування	50
4.1.1 Мова програмування C++	50
4.1.2 Мова програмування C#.....	51
4.1.3 Мова програмування C.....	53
4.1.4 Мова програмування PHP	54
4.1.5 Мова програмування Java	55
4.1.6 Мова програмування JavaScript.....	56
4.1.7 Мова програмування Python	57
4.2 Вибір фреймворку	59
4.3 Вибір бази даних	61
4.3.1 Система управління БД MySQL.....	62
4.3.2 Система управління БД SQLite.....	63
4.3.3 Система управління БД PostgreSQL.....	64
4.3.4 Система управління БД MongoDB.....	65
4.4 Вибір мікроконтролера.....	67
4.5 Вибір модуля GPS	69
4.6 Вибір модуля Wi-Fi.....	70

	9
4.7 Висновок до розділу.....	71
5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ	72
5.1 Розробка структурної схеми системи.....	72
5.1.1 Архітектура системи	74
5.1.2 Використання системи.....	75
5.2 Розробка апаратної частини	76
5.2.1 Розробка модулю	76
5.2.2 Розробка програмного забезпечення модулю	78
5.3 Розробка бази даних.....	80
5.4 Клієнтська програма	84
5.4 Висновок до розділу.....	85
6 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	87
6.1 Опис ідеї проекту	87
6.2 Технологічний аудит ідеї проекту	88
6.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	89
6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	96
6.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	98
6.6 Висновок до розділу.....	101
ВИСНОВОК.....	103
Перелік використаних джерел	105

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

EOM – електронна обчислювальна машина

OPS(Optical Sensors) – оптичні датчики

APC(Automated Passenger Counter) – автоматизований лічильник пасажирів

ІЧ – інфрачервоне

QR(Quick Response) – швидкий відгук

RFID(Radio Frequency Identificatio) – радіочастотна ідентифікація

Wi-Fi(Wireless Fidelity) – бездротова правдивість відтворення

ТЗ – транспортний засіб

ТМ – транспортної мережі

ІІ – штучний інтелект

GPS(Global Positioning System) – система глобального позиціонування

ToF camera(Time-of-flight camera) – камера часу польоту

SDK(Software Development Kit) – комплект для розробки програмного забезпечення

R&D(Research and development) – дослідження та розробка

3D(tri-dimensional) – тривимірний

API(Application Programming Interface) – прикладний програмний інтерфейс

HTTP(HyperText Transfer Protocol) – протокол передачі гіпертекстових документів

JSON(JavaScript Object Notation) – запис об'єктів JavaScript

XML(Extensible Markup Language) – розширювана мова розмітки

HTTPS(HyperText Transfer Protocol Secure) – захищений протокол передачі гіпертексту

LF(Low Frequency) – низька частота

HF(High Frequency) – висока частота

UHF(Ultra High Frequency) – надвисока частота

WPF(Windows Presentation Foundation) – графічна підсистема

PEP(Python Enhancement Proposal) – пропозиція щодо покращення Python

GIL(Global Interpreter Lock) – глобальне блокування інтерпретатора

GUI(Graphical User Interface) – графічний інтерфейс користувача

СУБД – система управління базами даних

БД – база даних

IDE(Integrated Development Environment) – інтегроване середовище розробки

CSS(Cascading Style Sheets) – каскадні таблиці стилів

ВСТУП

Люди які проживають або приїжджають до великого міста зіштовхуються з проблемою вибору транспорту для пересування. Свій вибір більшість громадян робить опираючись на якість та доступність саме громадського транспорту міста. В залежності від комфорту проїзду, зручності транспортних маршрутів, часу проїзду робиться вибір між громадським транспортом чи власним авто. Нажаль більшість людей обирає власне авто, що призводить до збільшення трафіку на дорогах міста яке погіршує інфраструктуру міста. Для вирішення цієї проблеми транспортним компаніям потрібно удосконалювати систему громадського транспорту на основі великої кількості статистичних даних.

Найважливішим критерієм удосконалення системи громадського транспорту є оптимізація маршрутної мережі. Для такої оптимізації найпотрібнішими показниками є показник пасажиропотоку і наповнюваності транспортних засобів в залежності від маршруту, часу, дати та місця. Для отримання таких даних транспортні компанії проводять обліки пасажиропотоку які в більшості випадків проводяться великою кількістю кондукторів або обліковців. Такі дослідження переважно проводять методом візуального спостереження або опитування. Дані таких опитування мають низьку точність та достовірність, тому транспортні компанії починають шукати альтернативні способи обліку пасажиропотоку.

Одним з таких способів являється автоматизована система обліку пасажиропотоку у громадському транспорті. Робота такої системи використовує різні датчики для отримання статистичних даних у реальному часу з дуже високою точністю обліку. Використання системи автоматичного обліку пасажиропотоку призведе до таких покращень:

- скорочення часу в дорозі;
- збільшення задоволеності пасажирів;
- отримання статистичних даних;
- збільшення кількості пасажирів;
- оптимальне використання вільного простору у транспортному засобі;

– оптимізація маршрутів руху громадського транспорту.

Метою магістерської дисертації є розробка автоматизованої системи обліку пасажиропотоку, яка буде надавати транспортній компанії необхідні статистичні дані для аналізу пасажиропотоку та навантаження маршрутної мережі. При розробці даної системи слід досягти наступних поставлених цілей:

- a) зменшити вартість автоматизованої системи в порівнянні з існуючими рішеннями;
- b) зменшити вартість обслуговування системи;
- c) зменшення вартості модернізації та розширення системи;
- d) розробити просту процедуру інтеграції створеної системи;
- e) мінімізувати часові та ресурсні затрати на первинне розгортання системи;
- f) збільшити прибутки транспортної компанії.

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Способи обліку пасажирів

Завдяки систематичному аналізу та спостереженню за змінами пасажиропотоку у транспортній мережі, дозволило вирішувати питання ефективної організації перевезень та ефективного використання транспортних одиниць перевізника. Характери пасажиропотоку можна розподілити за наступними критеріями:

- часом;
- довжиною маршрутів;
- напрямку руху.

Існує багато різних методів обстеження, які використовуються для дослідження пасажиропотоку. Існуючі методи обстеження пасажиропотоків можна класифікувати за низкою ознак.

На рисунку 1.1 наведено графічне зображення класифікації методів обстеження пасажиропотоків.

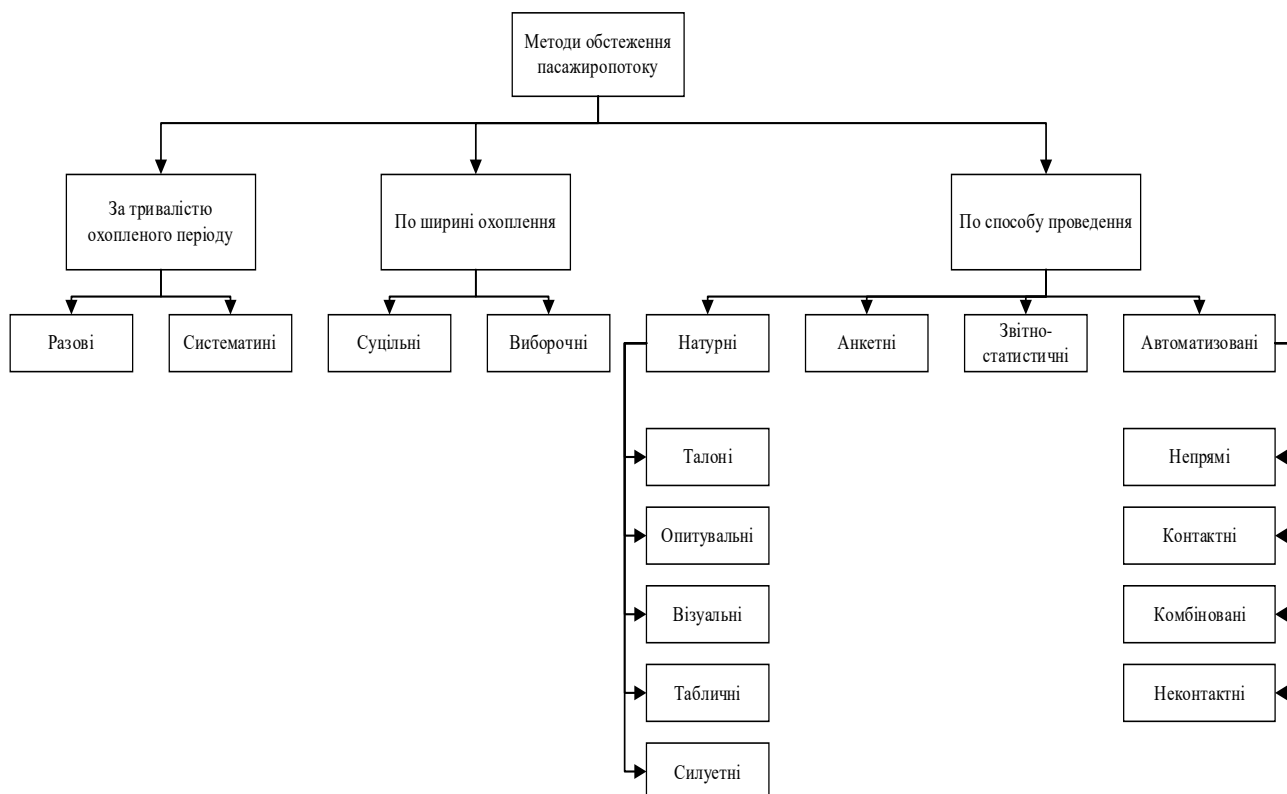


Рисунок 1.1 – Класифікація методів обстеження пасажиропотоків

1.1.1 За тривалістю періоду, що охоплюється

За тривалістю періоду, що охоплюється розрізняють:

- систематичні обстеження;
- разові обстеження.

При систематичному обліку мають на увазі обстеження які проводяться щоденно у продовж усього часу ТЗ за його маршрутом. При даному методі обстеженні переважно залучають працівників фірми транспортного перевізника.

Разовим обстеженням характерні недовгочасні обстеження. Дане обстеження проводиться в більшості випадків при відкритті нового маршруту або закритті маршруту. При даному обстеженні ставлять наступні цілі: визначення місткості та необхідної кількості транспортних засобів, які будуть курсувати на даному маршруті.

1.1.2 За шириною охоплення транспортної мережі

По ширині охоплення ТМ розрізняють:

- суцільні;
- вибіркові.

Суцільні обліки націлені на транспортну мережу конкретного району та на всі транспортні засоби які у нього курсують. Так як даний метод охоплює велику територію та значну кількість ТЗ – це вимагає від транспортного перевізника наймати та залучати велику кількість персоналу. Метод суцільного обліку націлений на урегулювання таких питань:

- ефективність ТМ;
- розвиток ТМ;
- координація роботи ТЗ;
- вибір ТЗ в залежності від пасажиропотоку.

Вибіркові обліки націлені на вирішенні незначних завдань на вибіркових маршрутах транспортних засобів.

1.1.3 За способом проведення

За способом проведення розрізняють:

- анкетні;
- звітно-статистичні;
- натурні;
- автоматизовані.

Анкетний метод обліку поширюється на всю ТМ району який обслуговується.

Використання анкетного методу дозволяє теоретично передбачити рух населення по транспортній мережі. Метод оснований на розповсюдженні опитувальних анкет у місцях масового скупчення людей. Для отримання найбільш високої точності анкетного методу, запитання опитувальних анкети повинні бути ретельно продумані та легкими у розумінні. Даний метод є складним через обробку анкет, яких може бути неймовірна кількість. Для полегшення роботи та зменшенню кадрів персоналу, відповіді анкет можуть кодуватися для обробки їх за допомогою використання ЕОМ.

Для обстеження звітно-статистичним методом потрібні наступні дані: кількість проданих квитків, дані з квитково-облікових листів, кількість осіб які скористалися проїзними, пільговими проїзними, а також не придбані квитки. Перевагою даного методу являється визначення пасажиропотоку людей за часом(годиною, днем) або за маршрутом транспорту. Однак недолік методу являє собою неможливе встановлення максимальної завантаженості транспортних засобів на маршруті.

Натурне обстеження націлене на збирання та оброблення інформації пересування пасажирів у транспортних засобах. Існують наступні натурні обстеження:

- талоні;
- табличні;
- візуальні;
- силуетні;
- опитування.

Талонний метод працює за наступним принципом. У кожному транспортному засобі біля кожних дверей стоять обліковця. На зупинках обліковці роздають ввійшовши пасажирам талони, які відрізняються кольором в залежності від напряму маршруту, пасажир вказує номер зупинки на котрій він ввійшов до ТЗ, номери зупинок оголошують ті ж обліковці. Талони здаються пасажирами при виході обліковцям, які зазначають номер зупинки на якій вийшов пасажир. Обмін використаних талонів на нові відбувається на кінцевій зупинці маршруту. Даний метод є доволі складним так як для його коректної роботи потрібно визначити потрібну кількість обліковців та попередньо їх навчити. Також потрібно проінформувати самих пасажирів про роботу даного методу, що не є легкою задачею. За допомогою даного методу можна встановити потік пасажирів на маршруті по годинно, середня дальність поїздок пасажирів та наповненість транспортних засобів.

При табличному методі як і в талонному, на кожній двері транспорту розташовується обліковець. Обліковець записує у таблицю, у графі відповідної зупинки, кількість людей які ввійшли та вийшли. Обліковці проводять підрахунок пасажирів окремо один від одного, але підрахунок статистичних даних проводиться спільно. Для спрощення обробки даних може використовуватися ЕОМ.

При візуальному методі на проміжних зупинках до транспортного засобу заходить обліковець, який візуально визначає наповнюваність транспортного засобу присвоюючи бал який вноситься у таблицю. Бальна система виглядає наступним чином:

- а) вільні сидячі місця – 1 бал;
- б) всі сидіння зайняті – 2 бали;
- в) декілька стоячих пасажирів – 3 бали;
- г) оголошена кількість місць зайнята – 4 бали;
- е) ТЗ переповнено – 5 балів.

Результатами даного методу є наповнюваність транспортного засобу, а не кількість перевезених пасажирів.

Силуетний метод відрізняється від візуального лише тим, що замість бальної системи обліковець у бланку обирає силует в залежності від наповненості транспортного засобу. Для кожного силуету є відповідна кількість пасажирів.

Опитувальний метод обстеження пасажиропотоків пропонує використання обліковців, які, перебуваючи у салоні пасажирського транспорту, питають вхідних пасажирів про пункт виходу, пересадки, цілі поїздки та фіксують цю інформацію. Опитувальний метод відноситься до натурних обстежень та відрізняється від анкетного обстеження тому, що опитування проводиться лише серед безпосередніх користувачів пасажирського транспорту. Цей метод дозволяє отримувати дані про кореспонденцію пасажирів, що допомагає коригувати маршрути та розробляти організаційні заходи щодо зменшення часу поїздки та скорочення пересадок пасажирів.

Автоматизований метод збору інформації про пасажиропотік збирається в обробленому вигляді, без залучення для збору інформації людей. Автоматизовані обстеження поділяють на:

- контактні;
- неконтактні;
- непрямі;
- комбіновані.

При контактному методі на місцях зупинок встановлюють пристрої з клавіатурою. Через пристрої пасажири можуть водити дані про маршрути якими вони користуються або напрямки яким їздять.

Прикладом неконтактного методу може бути ІЧ датчики. Пасажири проходячи через ІЧ ворота перетинають пучок світлового променя, на блок дешифрування поступає електричний імпульс, завдяки чому людина записується у реєстр пасажирів. При даному методі точність різко знижується у час пік при великому потоці людей.

Непрямий метод базується на використанні тензодатчиків. Кількість пасажирів вираховується при зважуванні усіх пасажирів та діленням маси на середню вагу, а саме 70 кг.

Комбінований метод має на увазі використання декількох методів одночасно для підвищення точності.

1.2 Автоматизована система підрахунку пасажирів

Урбанізація та зростаюче населення у містах підсилюють попит на транспорт. У містах де не є розвинений громадський транспорт переважно збільшується попит на персональні авто, що негативно впливає на трафік та інфраструктуру міста. Одним з методів розвитку громадського транспорту являється автоматизована система підрахунку пасажирів. Використання автоматизованих систем підрахунку підтримує розвиток сфери громадських перевезень упродовж всього терміну експлуатації, а не у короткостроковій перспективі.

Прибуток постачальника послуг перевезення залежить від кількості пасажирів які користуються його транспортом, а отже це найважливіша цифра для нього. На сьогодні, переважно, системи підрахунку пасажирів вираховують лише кількість людей які входять, а не входять та виходять. Даний підхід негативно впливає на фактичну кількість пасажирів, що може вплинути не кращим чином при оптимізації маршрутів та транспортних засобів. Системи націлені лише на кількість пасажирів що ввійшли, в більшості випадків використовуються для підрахунку кількості людей упродовж всього часу курсування громадського транспорту на маршруті.

Автоматичні лічильники пасажирів – це, по суті, подвійні датчики підрахунку людей, які підраховують кількість вхідних і вихідних і встановлюються на транзитних транспортних засобах. Автоматичні лічильники пасажирів точно й автоматично підраховують і реєструють кількість людей у автобусах, потягах, залізничних мережах, кораблях тощо, коли вони сходять і виходять на кожній зупинці чи станції.

Автоматичні системи підрахунку пасажирів надають кращу точність та ефективність обліку на відміно від методі ручного обліку контролерами, або при проведенні опитування. Порівнюючи автоматичний та ручний підрахунок пасажирів, точність між ними варіюється в середньому на 15%.

Пристрої автоматичного підрахунку пасажирів стають все більш поширеними серед транспортних операторів, які прагнуть підвищити точність звітування та аналізувати моделі використання, зв'язуючи дані про посадку та висадку з розташуванням зупинок або станцій.

Дані з автоматичних систем підрахунку пасажирів мають вирішальне значення для розробки транспортних концепцій для міст майбутнього, не тільки для транспортних компаній, але й для операторів, органів влади та муніципалітетів. Дані підрахунку пасажирів є цінним джерелом знань для широкого спектру проблем міського транспорту. Дані можна використовувати для оцінки наданих послуг, швидкого реагування на поточну дорожню ситуацію та стратегічного розвитку майбутніх послуг.

Впровадження автоматичного підрахунку пасажирів має наступні переваги:

а) дані в реальному часі про кількість пасажирів;

Завдяки даним з автоматичних систем, які збираються у режимі реального часу, є можливим оптимізувати рухомий склад транспорту та маршрут завдяки живій інформації. Через це стає можливим оптимізація мереж трафіку та покращити його планування.

б) підвищена задоволеність клієнтів;

Оброблені дані з датчиків, про наповнення ТЗ, можуть бути оприлюднені для пасажирів які чекають на зупинках. На основі цих даних, пасажирів, можуть оптимально розподілитися між рухомим складом на маршруті, що підвищить комфорт проїзду.

в) гнучка настройка місткості автомобіля;

Історія даних системами підрахунку надає можливість компанії перевізнику регулювати кількість транспортних засобів в залежності від пасажиропотоку на маршруті. Тобто транспортна компанія на основі даних сама вирішує які види

громадського транспорту та в якій кількості виводити на маршрути, та коригувати цю кількість в залежності від ситуації на дорозі та часу. Маючи дані о максимальній кількості місць у ТЗ та кількості пасажирів, транспортні компанії збільшують експлуатаційний термін транспортних засобів, так як він не загрузається понад норму.

d) обладнання транспортного засобу відповідно до вимог пасажирів;

Завдяки деяким автоматичним системам підрахунку пасажирів є можливим відрізнити людину від багажу, велосипедів, колясок, інвалідних крісел. Такі дані дають можливість транспортним компаніям визначати простір у транспортних засобах потрібний для такого типу перевезень, та обладнати рухомий склад пандусами.

e) ефективна оптимізація маршрутів;

Дані звітів про заповнюваність автоматичного підрахунку пасажирів забезпечують ідеальну основу для ефективної оптимізації маршруту. Компанії громадського транспорту можуть розпізнати транспортний попит і адаптуватися на рівні мережі.

f) зниження витрат;

Автоматичні системи підрахунку пасажирів є не лише високоточними, а й економічно вигідними. Система надає диференційовані дані про ефективність транспортування, забезпечуючи основу для точного зниження витрат на основі продуктивності.

g) збільшення прибутку від транспортної реклами;

Реклама є пасивним доходом транспортних компаній. Реклама завдяки високій частоті переглядів є надзвичайно ефективною у громадському транспорті. Для залучення рекламних агентств розміщувати рекламу у транспортних засобах, транспортні компанії можуть надавати дані по кількості пасажирів. З даних які будуть отримувати, рекламні агентства, зможуть обирати маршрути з великим пасажиропотоком, або розміщувати рекламу на конкретних маршрутах.

h) контрольовані системи оплати та квитків.

Системи автоматичного підрахунку можуть бути використанні за для контролю продажу квитків, порівнюючи дані про кількість пасажирів та продажу квитків. При розбіжностях, транспортна компанія може залучувати контролерів які будуть виписувати безбілетникам штрафи.

Для підрахунку пасажирів, датчики, або як їх називають лічильники, встановлюють біля кожних дверей транспортного засобу, встановлення відрізняється в залежності від вибору виду датчика. Лічильники фіксують кількість людей які вийшли та ввійшли. Дані з лічильника передаються на хмарну платформу. Дані з лічильники можна використовувати у реальному часі для прийняття рішень та аналізу. Однак історичні дані, які збираються протягом великого проміжку часу, представляють для транспортної компанії більше користі. При аналізі таких даних, транспортна компанія, визначає тенденцію використання транспорту в залежності від маршруту та часу доби, що дозволяє ефективно розробити маршрути та системи трафіку, що в свою чергу покращить задоволеність пасажирів при користуванні громадським транспортом.

1.3 Технології підрахунку людей у громадському транспорті

Велика кількість методів підрахунку, являються автоматичними системами підрахунку пасажиропотоку. Виокремлюють наступні технології та датчики підрахунку пасажиропотоку:

- оптичні датчики;
- системи зору;
- теплові датчики;
- сканування QR-коду;
- смарт карти;
- підключення Wi-Fi і Bluetooth;
- інфрачервоні датчики;
- натискні пластини;
- датчики ваги.

Датчики відрізняються між собою методами встановлення, технологіями підрахунку пасажирів, ціною та ефективність тощо. Для вибору датчика автоматичної системи підрахунку потрібно виділити їхні переваги та недоліки.

1.3.1 Оптичні датчики та системи зору

Оптичні датчики, також визначені як OPS, знаходяться на стадії розробки, хоча в деяких випадках вже були представлені деякими виробниками. Серед транспортних компаній використання оптичних датчиків не є поширеним, так як вони були нещодавно впровадженні. Виробник запевняють що, OPS забезпечують так ж точність як натискні пластини, але перевага оптичних датчиків полягає в їхньому обслуговуванні. На відміну від натискних пластин, в оптичних датчиках немає рухомих частин, що знижує ризик потрапляння бруду. Та встановлення є доволі легким в порівнянні з інфрачервоними датчиками, де потрібно встановлювати декілька датчиків на одні двері.

Оптичні датчика, як і камери з ШІ, можуть відрізнити пасажирів від багажу, тварин, велосипедів, також можуть визначати напрямок руху пасажирів і ідентифікують рух на вхід або вихід.



Рисунок 1.2 – АРС на основі систем зору

Системи зору, різні рішення яких поширені на ринку, але переважно засновані на двох стереоскопічних камерах, зображених на рисунку 1.2. Дані системи встановлюють над дверима, та фіксують зображення в області під пристроями. Системи зору є лідерами на ринку по точності підрахунків пасажирів. Дана система забезпечує точність підрахунку до 98%. Системи зору можуть визначати напрямок руху пасажирів, та відрізнити людей від багажу, велосипедів, інвалідних крісел, колясок тощо. Одним з немало важливих факторів, система здатна відрізнити дорослу людину від дітей. Дані пристрої оснащуються світлодіодами, що дозволяє працювати системі при будь-яких умовах освітлення.

Відмінною характеристикою цих пристроїв є те, що вони можуть записувати інформацію про час і дату, що дозволяє користувачам зробити необхідний статистичний аналіз пізніше, а також можна в будь-який момент перевірити всі результати шляхом порівняння з відеозаписами.

Переваги оптичних датчиків та систем зору:

- висока точність підрахунку;
- може визначати стать, вік та вираз обличчя відвідувачів, щоб покращити націлювання;
- контакт не потрібен;
- відрізняє пасажирів від неживих об'єктів;
- дозволяє перевіряти пасажирів з метою безпеки.

Недоліки оптичних датчиків та систем зору:

- занепокоєння з приводу вторгнення в конфіденційність;
- велика ціна обладнання;
- дорогий і складний монтаж.

1.3.2 Датчики виявлення тіла

Ці датчики визначають тіла за допомогою руху, тиску або ваги. До таких датчиків можна віднести:

- інфрачервоні датчики;

- натискні пластина;
- датчики ваги.

1.3.2.1 Інфрачервоні датчики

Інфрачервоні сповіщувачі можна розділити на дві основні категорії, а саме:

- датчики активного типу – складаються з передавача і приймача, вони створюють точний промінь і працюють як детектор увімкнення/вимкнення;
- датчики пасивного типу – ділять інфрачервоний промінь на пучки, створюючи таким чином зону об'ємного виявлення.

Датчики активного типу переважно встановлюють паралельно один одному, так що переривання світлодіода відбувається в напрямку перетину, і, таким чином, напрямок входу можна відрізнити від вихідного. Через їх конфігурацію бар'єр, цей тип інфрачервоного датчика також визначається як бар'єрні датчики, зображенні на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Активний інфрачервоний випромінювач

Недоліком даної системи являється необхідність встановлення більше ніж одного датчика на двері, що призводить до збільшення вартості. Щоб уникнути проблеми що пасажир не уникнув датчика та визначення напрямку руху, на кожних дверях транспортного засобу повинно бути встановлено щонайменше два датчика.

Використання пасивних компонентів генерує менш точний промінь, що складається з двох паралельних масивів, розташування яких дозволяє урізноманітнити дві типології відображення сигналу, незалежно від того, чи входять пасажир, чи залишаючи транспортний засіб. Як і у випадку з датчиками активного типу, для визначення напрямку проходу необхідно застосовувати щонайменше два датчика на двері, що в свою чергу збільшує ціну системи.

Переваги інфрачервоних датчиків:

- датчики руху є одними з найдоступніших варіантів для підрахунку людей;
- дуже простий спосіб порахувати людей;
- анонімні дані;
- немає рухомих частин;
- можна встановити біля дверних прорізів.

Недоліки інфрачервоних датчиків:

- складний монтаж;
- потрібно встановлення великої кількості датчиків;
- працюють лише в тих місцях, де вони розміщені;
- менш точний, оскільки важко підрахувати великі групи людей;
- не вдається отримати статистику настроїв.

1.3.2.2 Натискні пластини

Натискні пластини реєструють пасажирів, коли вони наступають на пластину. Датчики розташовуються на сходинках транспортних засобів, або за їх відсутності поблизу дверей на підлозі, рисунок 1.4.

Металева конструкція може бути покрита шаром гуми і прикріплена до ступенів за допомогою спеціально виділених кріпильних конструкцій або просто склеєна за допомогою високо герметичного клею, останній розчин застосовують рідше, оскільки він може досить швидко зіпсуватися.

Їх установка зазвичай не вимагає особливого догляду, проте слід враховувати, що край пластини не активний, тобто він не перемикає вимикач.

При використанні даного АРС, слід звернути увагу. Якщо на маршруті дуже великий потік людей, то точність обліку може знижуватися, в таких випадках можна використовувати допоміжну систему, наприклад пасивні ПЧ-датчики.

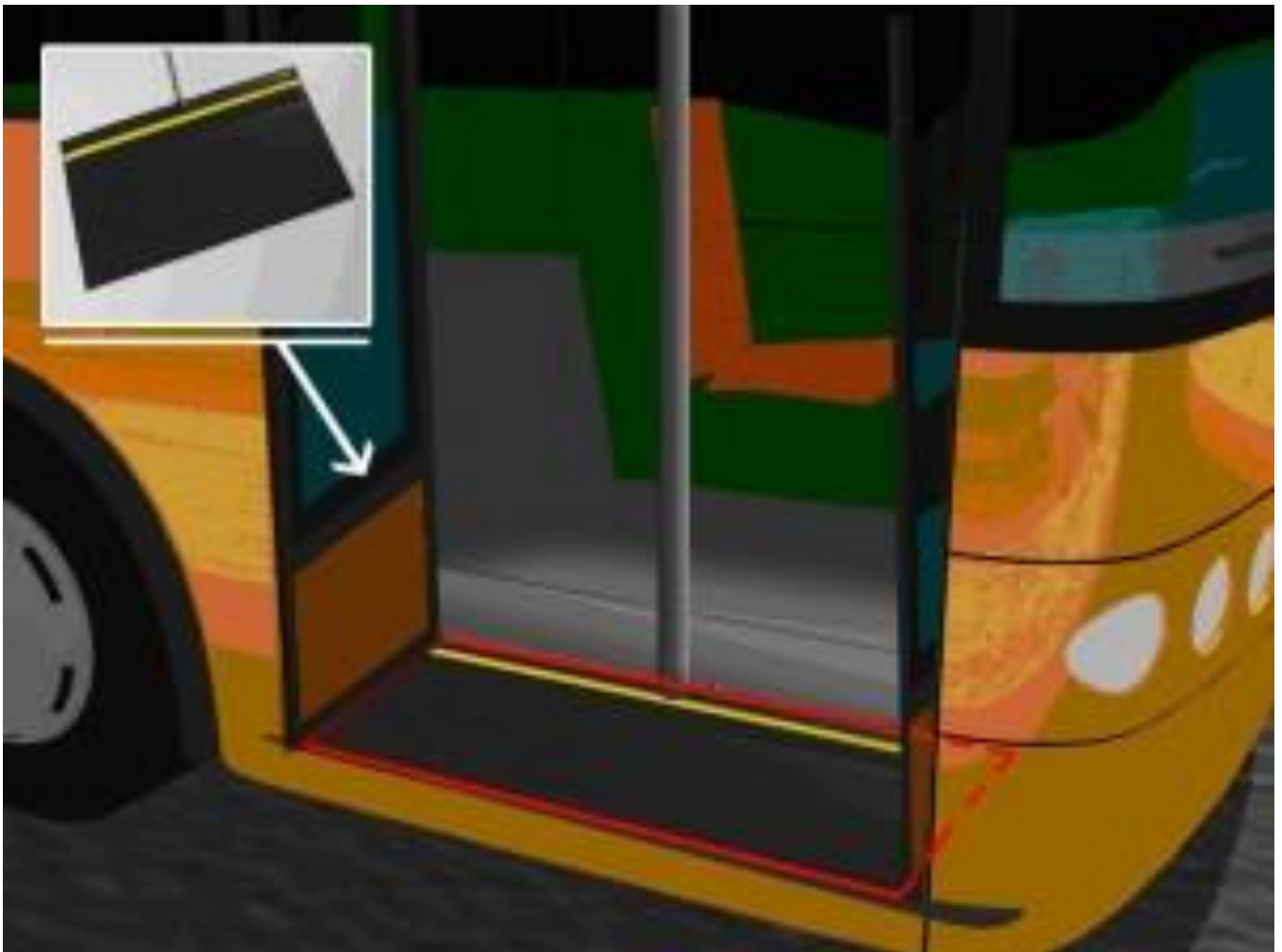


Рисунок 1.4 – Розміщення натискних пластин

Переваги натискних пластин:

- простий монтаж;

- дуже простий спосіб обліку;
- анонімні дані;
- немає рухомих частин.

Недоліки натискних пластин:

- є рухомі частини;
- менш точний, оскільки важко підрахувати великі групи людей;
- не вдається отримати статистику настроїв.

1.3.2.3 Датчики ваги

Датчики ваги вимірюють загальну вагу транспортного засобу і віднімають вагу порожнього транспортного засобу з цієї суми, отримане значення ділять на 70 кг, середню масу людини, отримуючи приблизне значення пасажирів в транспортному засобі.

Вага автомобіля може бути підрахована завдяки розташованим тензодатчикам на підвісках самого транспортного засобу. Місця встановлення датчиків зображено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Місця встановлення датчиків ваги

Дана технологія уже давно використовують у галузі транспорту, що правда для інших цілей. Тензодатчики та електропневматичні клапани використовують для

оцінки сили яка потрібна для гальмування у трамваях та поїздах, яка залежить від ваги транспорту.

Переваги датчиків ваги:

- анонімні дані.

Недоліки датчиків ваги:

- є рухомі частини;
- низька точність;
- складний та дорогий монтаж.

1.3.3 Теплові датчики

Теплові датчики, які зазвичай розміщуються на стелі, виявляють теплові сигнатури тіла людей, що ходять під датчиками, за допомогою технології тепловізійної обробки, яка перетворює інфрачервоне випромінювання у видимі зображення.

Переваги теплових датчиків:

- може використовуватися для відстеження контактів людей з вищою температурою тіла;
- високоточний;
- простий у використанні;
- не впливає на умови освітлення;
- легко ховається від очей пасажирів.;
- може бути корисним для автоматичного регулювання системи кондиціонування автомобіля відповідно до кількості людей, що є важливим для стійкості.

Недоліки теплових датчиків:

- не можна отримати інформацію про настрій пасажирів.

1.3.4 Сканування QR-коду

QR коди зчитується за допомогою телефона або спеціального валідатора встановленому у транспортному засобі. Код швидкого реагування може бути зчитаний як з паперу так і з електронного носія. Кожен QR-код пов'язаний з сховищем даних, яке збирає всі скани цього коду.

Можливості сканування QR-коду для платежів та відстеження відвідуваності безмежні, і, таким чином, їх можна розглядати як оновлення системи смарт-карт у громадському транспорті.

Переваги QR-коду:

- швидкий і простий у використанні;
- контакт не потрібен;
- анонімні дані;
- наразі використовується для відстеження контактів, тому він може розрізняти одноразове сканування різними пристроями та повторне сканування одним і тим же пристроєм.

Недоліки QR-коду:

- вимагає, щоб кожен пасажир мав мобільний пристрій;
- потрібне встановлення декількох пристроїв для зчитування у ТЗ.

1.3.5 Смарт картки

Смарт-карта містить у собі мікро чіп який за допомогою безконтактної технології RFID підключається до пристрою зчитування. Завдяки мікро чіпу, на смарт-картах можна зберігати великі обсяги даних, та взаємодіяти з пристроєм для зчитування карт.

Дані смарт карти являються своєрідним лічильником пасажирів у транспортних засобах.

Переваги:

- забезпечує конфіденційність даних;

- великий обсяг пам'яті завдяки мікро чіпу;
- не потребує контакту;
- простий метод підрахунку людей;
- зручність у порівнянні з щоденною покупкою талоні.

Недоліки:

- вимагає від пасажирів придбати смарт-картки;
- потрібні зчитувачі смарт-карт біля воріт станції або в транспортному засобі;
- пасажиром може знадобитися поповнити баланс смарт-картки на касі або в квитковому автоматі, якщо опція поповнення в Інтернеті недоступна;
- без аналізу настроїв.

1.3.6 Підключення Wi-Fi і Bluetooth

Маяки Wi-Fi і Bluetooth підраховують людей, надсилаючи запити на перевірку на мобільні пристрої, які вони виявляють поблизу. По суті, це запит на підключення, який користувач пристрою може прийняти або відхилити. Кількість запитів на перевірку розглядатиметься як кількість пасажирів. Інший спосіб підрахунку за допомогою Wi-Fi — підрахунок пристроїв, які вже підключені до Wi-Fi.

Переваги системи обліку через підключення Wi-Fi і Bluetooth:

- може надати різноманітні корисні відомості, такі як підрахунок людей, підрахунок транспортних засобів, час перебування, маршрути подорожі, час поїздок і місце розташування;
- можна використовувати для аналізу настроїв;
- може вживати заходів для дотримання конфіденційності, наприклад, запитувати згоду користувача та анонімізувати;
- недорогий;
- просте встановлення портативних Bluetooth-маяків з батарейним живленням.

Недоліки системи обліку через підключення Wi-Fi і Bluetooth:

- необхідно обладнати ТЗ маяками Wi-Fi або Bluetooth;

- вимагає, щоб кожен пасажир мав мобільний пристрій;
- зменшується точність якщо у пасажирів є декілька телефонів;
- потрібно, щоб пасажирів з мобільними пристроями ввімкнули Wi-Fi або Bluetooth.

1.4 Порівняння технологій підрахунку пасажирів

Проведемо порівняльний аналіз технологій підрахунку пасажирів у транспортних засобах, таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння технологій підрахунку

	Системи зору [6]	Натискні пластини [6]	ІЧ датчики [6]	Смарт карти [7]	QR код [7]
Точність підрахунку	98%	95%	90%	95%	95%
Визначення напрямку руху пасажирів	+	-	+	-	-
Профілактичне обслуговування	-	-	+	-	-
Помилкова активація	+	-	+	-	-
Складний монтаж	+	-	+	-	-
Складна заміна	+	+	+	-	-
Кількість датчиків на один вхід	1	≥ 2	≥ 2	1	1

	Системи зору [6]	Натискні пластини [6]	ІЧ датчики [6]	Смарт карти [7]	QR код [7]
Наявність рухомих частин	-	+	-	-	-
Ціна датчика станом на грудень	> 10000 грн [8]	>1500 грн [9]	>1000 грн [10]	>20000 грн [11]	>20000 грн [11]

У порівняльній таблиці наведено різні технології обліку пасажиропотоку. Для її побудови було обрано головні критерії які цікавлять транспортні компанії. Як видно з таблиці ціна датчиків на системи зору та валідаторів смарт-карт та QR кодів є дещо високими, у порівнянні з іншими. Однак функціональність таких систем є набагато вищою.

1.5 Висновок до розділу

Обліку пасажиропотоку є найважливішим процесом при аналізі ефективності маршрутних мереж громадського транспорту. Існує велика кількість способів обліку пасажиропотоку в громадському транспорті, які включають облік з залученням великої кількості обліковців та автоматичні системи обліку. Без сумніву автоматизовані системи підрахунку мають кращу точність обчислення, а ніж ручний підрахунок. Більшість автоматизованих систем можуть надавати різноманітні статистичні дані транспортним компаніям які потрібні для аналізу та удосконалення транспортної мережі.

У цьому розділі було розглянуто різні методи обліку пасажиропотоку. Серед усіх способів саме автоматизований облік, може задовільнити потреби транспортних компаній для яких потрібні статистичні дані у режимі реального часу. Однак різні технології підрахунку, можуть мати ті чи інші переваги та недоліки.

2 АНАЛІЗ ГОТОВИХ РІШЕНЬ

Для розробки власної системи автоматичного підрахунку пасажирів у транспортних засобах, необхідно провести аналіз уже готових система обліку та датчиків які використовують при створенні даних систем. Аналіз проведений по системах у вільному доступі. У готових системах було описано їхні недоліки та переваги і технічні характеристики.

2.1 Система підрахунку пасажирів GPSM Pass-track

Система автоматичного обліку Pass-track розроблена компанією GPSM. APC дозволяє підраховувати пасажирів у реальному часі на борту транспортного засобу, рисунок 2.1.

Система надсилає звіти про наповненість ТЗ на маршруті та часу. Центр моніторингу використовує дану інформацію для оптимізації розкладу руху транспортних засобів, зменшує або збільшує кількість ТЗ на маршруті.

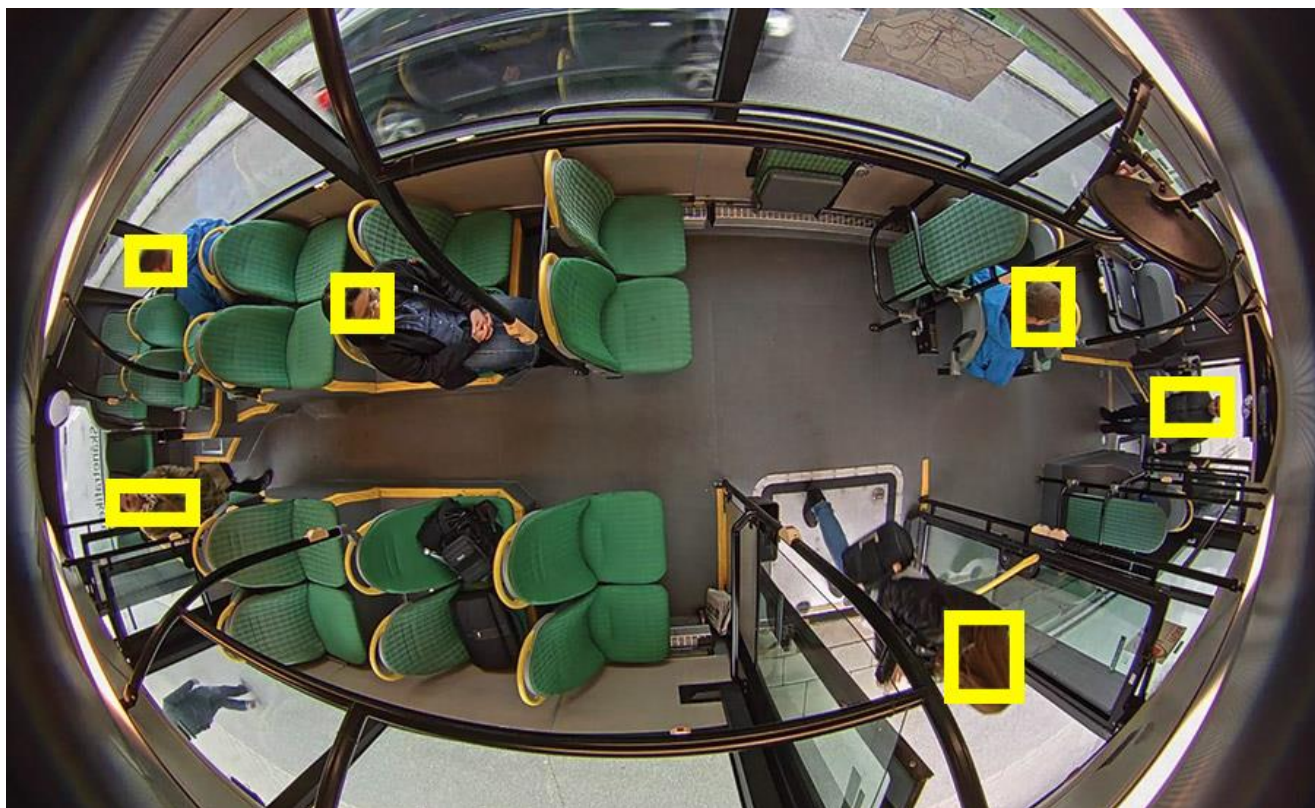


Рисунок 2.1 – підрахунок з камери в салоні автобуса

Система складається з відеокамери, нейронної мережі для розпізнавання, дата центру та системи моніторингу, рисунок 2.2.

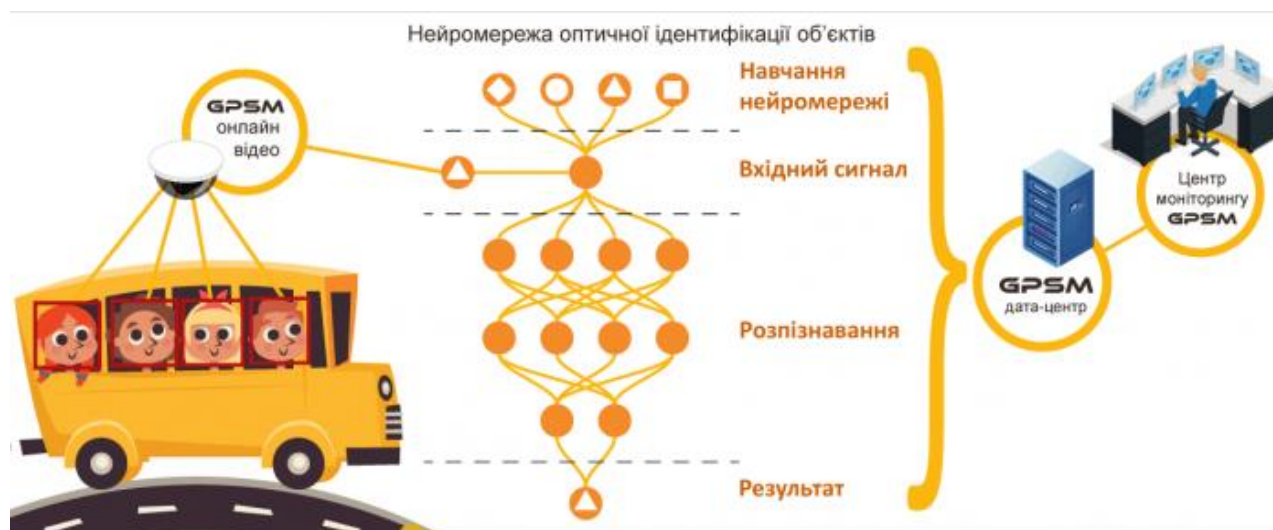


Рисунок 2.2 – підрахунок в режимі реального часу

При використанні системи GPSM Pass-track відкривається можливість перевіряти кількість пасажирів у транспорті у реальному часі. Виявляти маршрути з великим пасажиром та маршрути з низьким пасажиропотоком відповідно перенаправляти транспортні маршрути з одного маршруту на інший, що збільшить прибуток перевізника та комфорт пасажирів.

Недоліком даної системи являється одна камера у салоні транспортного засобу, через що появляються сліпі зони та зменшується точність обліку при високому пасажиропотоці.

Ціна станом на грудень становить 15350 гривень[2].

2.2 Система контролю пасажиропотоку «Автокондуктор»

Автокондуктор – апаратно-програмна система, яка використовується для оптимізації пасажиро перевезень. В системі реалізоване наступне:

- облік пасажиропотоку;
- визначення руху пасажирів;

- автоматичний облік проданих білетів;
- облік пільгових категорій пасажирів;
- аналіз пасажиропотоку у реальному часі.

У транспортних засобах встановлюють відеокамери які охоплюють весь простір транспортного засобу. Розташування камер у транспортному засобі показано на рисунку 2.3.

Система включає в себе: камери, нейронну мережу, дата центр, центр моніторингу.

Завдяки камерам розташованим над входами у транспортний засіб, система розпізнає напрямок руху пасажирів, вхід чи вихід.

Система є універсальною, тобто її можна встановити на будь який вид транспортного засобу: автобус, тролейбус, трамвай. У системі можуть використовуватися відеокамери будь яких виробників.

Недоліком системи є те, що встановлюються ті ж відеокамери. Знижується точність обліку пасажиропотоку при забрудненні камер. У даній системі використовується велика кількість камер, що в свою чергу збільшує ціну системи.

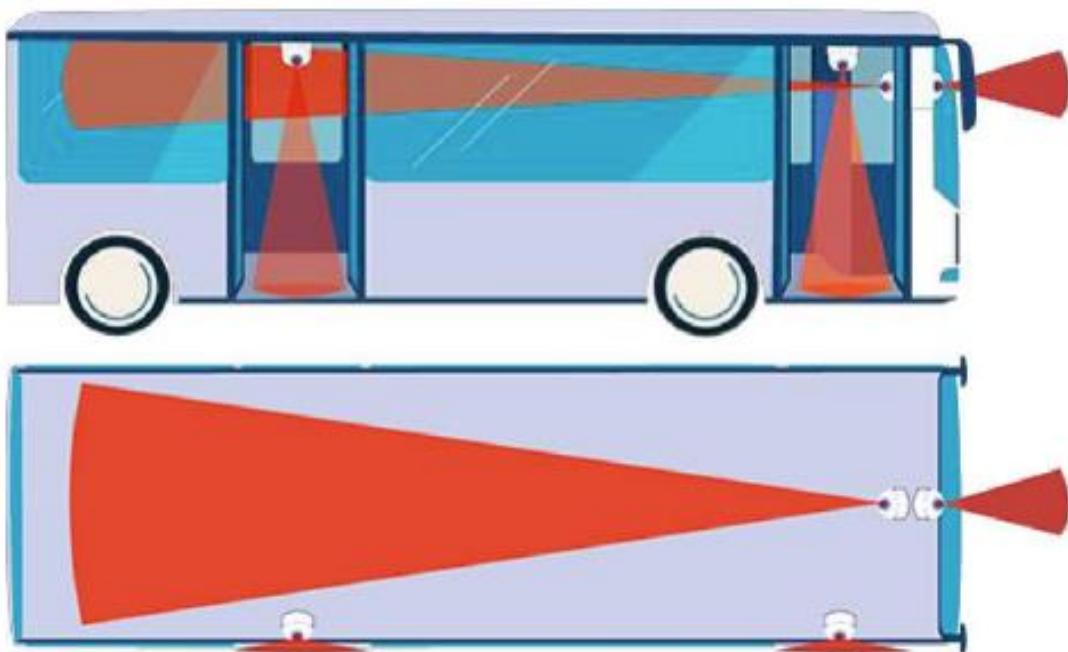


Рисунок 2.3 – Розташування камер в системі «Автокондуктор»

Ціна станом на грудень комплекту для трьох дверей близько 31500 грн[1].

2.3 Система контролю пасажиропотоку «Сходинка»

Система обліку «Сходинка» яка використовується для автоматичного обліку пасажиропотоку у транспортних засобах.

Для підрахунку пасажиропотоку на вході у транспортний засіб встановлюється датчик, який нагадує килимок. Товщина датчика всього лиш 5 міліметрів, який кріпиться від гумовим покриттям транспортного засобу. Такі датчики встановлюються на кожному вході. Розташування датчиків зображено на рисунку 2.4.

Система працює наступним чином. Бортове обладнання GPS передає сигнали з датчиків оператору, де ці сигнали і обробляються. Датчики підрахунку працюють у парі з датчиками відкриття дверей, щоб підрахунок вівся лише під час зупинки.

Переваги системи «Сходинка»:

- а) встановлюється на будь який транспортний засіб;
- б) робота системи не залежить від погодних умов;
- с) легке встановлення.

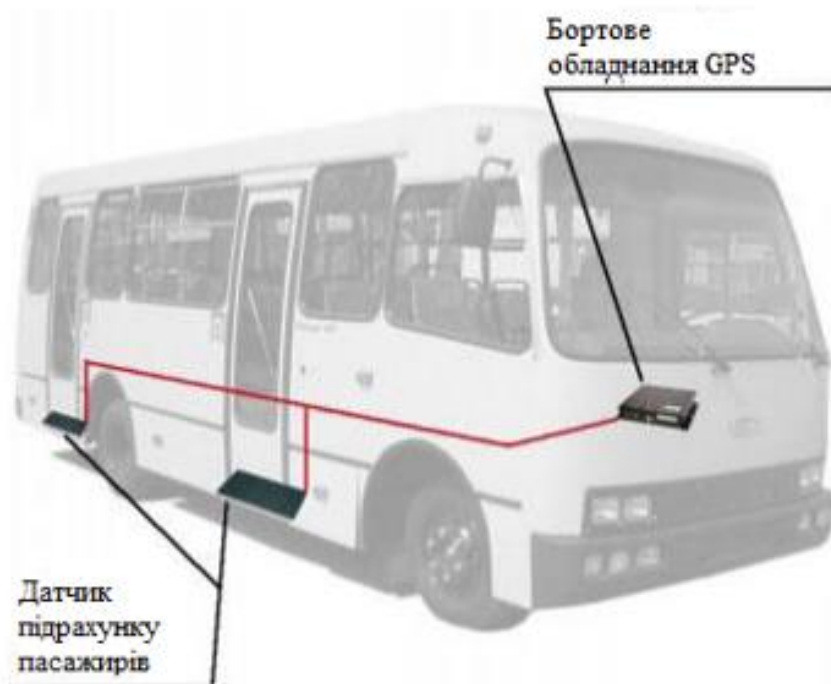


Рисунок 2.4 Систем контролю пасажиропотоку «Сходинка».

Недоліком являється похибка обліку, яка складає 5%. Точність обліку зменшується при високому пасажиропотоку.

2.4 Система автоматичного підрахунку пасажирів GPSM Clever Scan

Лічильник пасажиропотоку Clever Scan розроблена компанією GPSM. Датчик часто застосовується у різних видах транспорту, таких як:

- автобуси;
- тролейбуси;
- метро;
- трамваї.

Датчик автоматично підраховує пасажирів які проходять в зоні видимості, визначає висоту, відрізняє дорослого від дитини, та визначає напрямок руху. Датчик надає високу точність підрахунку, та надсилає звіти у реальному часі. Аналіз даних зібраних з датчика проводиться на серверному програмному забезпеченні.

Розміри датчика зображенні на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – розміри датчика Clever Scan

Переваги датчику Clever Scan

- проста установка;

- низька вартість;
- висока точність;
- рухома частина з камерою
- визначає не живі об'єкти.

Особливість датчика у рухомій частині з камерами, що дає можливість після установки повернути камеру в залежності від потреб які переслідує транспортний перевізник.

Компанія GPSM надає наступні технічні характеристики датчика Clever Scan які представленні у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика Clever Scan.

	Параметри[3]
Джерело живлення	DC12-36 В
Споживана потужність	3,6 Вт
Мова системи	Українська, Англійська
Точність обліку	95%
Висота установки	1,9-2,2 м
Рівень освітленості	0,001 lux - 100 lux
Розміри	178мм*65мм*58мм

Ціна датчика станом на грудень становить 11 тисяч гривень[3].

2.5 Датчик підрахунку DA-400

Сенсор DA-400 представлений компанією Infodev[4]. Датчик призначений для підрахунку пасажирів у різних видах транспортних засобів. Датчик надає точність 97%. Розміри датчиків можуть сягати до 13,5 мм що дозволяє легко встановлювати їх при обмеженому місці у ТЗ, рисунок 2.6.

На точність підрахунку датчика не впливає освітлення, погодні умови та швидкість проходження пасажирів.



Рисунок 2.6 – Датчик DA-400

Датчик DA-400 розроблений та відкалібрований на заводі для швидкого встановлення лише завдяки кільком гвинтам. Тип кріплення зменшує затрати при монтуванні та час встановлення . Для датчика не потрібно мінімальної відстані від сенсора до людини. Оптичний датчик покриває всю довжину конструкції.

Сенсор працює у парі з бортовим комп'ютером, на якому відбуваються обчислення.

Переваги датчика DA-400:

- компактний;
- корпус з переробленого алюмінію;
- на роботу не впливають зовнішні чинники;
- висока точність;
- не потрібне калібрування;
- захист від пошкоджень, фарби;
- проста установка;
- немає сліпих зон.

2.6 Система автоматичного підрахунку пасажирів IRMA Matrix

IRMA Matrix система автоматичного обліку пасажиропотоку розроблена компанією iris-GmbH. За словами виробника, система, забезпечує високу точність обліку та підрахунку, яка досягається завдяки використаній технології (ToF).

Камера системи оснащена 500-піксельною матрицею та технологію Time-of-Flight яка є запатентованою. Система у режимі реального часу по піксельно вимірює відстань до об'єкта, після обробки видає 3D зображення. На рисунку 2.7 зображено область дії та принцип роботи відеокамери.

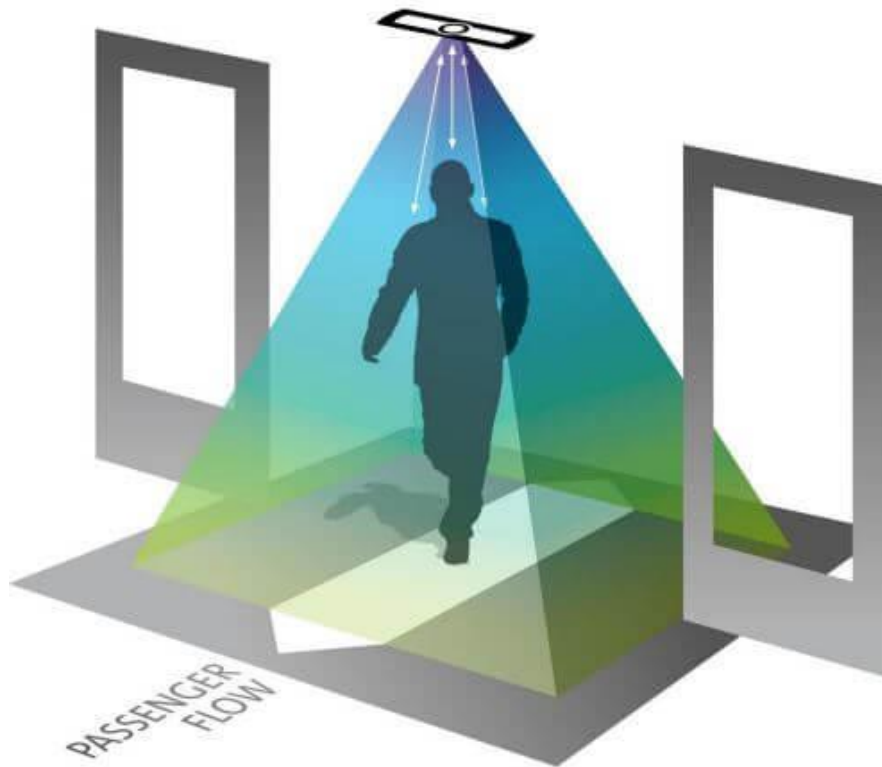


Рисунок 2.7 - Датчика підрахунку пасажирів IRMA Matrix

На роботу датчика та його точність не впливають умови навколишнього середовища та відсутня помилкова активація при оптичних ілюзіях.

Система відрізняє людей від неживих об'єктів по формі тілі та рухам. У системі немає критерія як мінімальна відстань до датчика.

Окрім пасажирів система може розпізнати не живі об'єкти, такі як:

- велосипеди;
- коляски;
- інвалідні крісла;
- валізи.

Люди що проходять під датчиком, в зоні його дії, фіксуються системою, яка заодно визначає зріст пасажирів, що дає можливість відрізнити дорослу особу від дитини. Такі дані використовуються при аналізі проданих білетів. Але найважливішим критерієм, для транспортної компанії, є високоточний підрахунок з мінімальною похибкою, що дозволяє ефективно оптимізувати маршрути та кількість транспорту на них.

В громадському транспорті, часто бувають моменти коли пасажир заходить і одразу ж виходить. Такі ситуації не є проблемою для IRMA MATRIX, вони легко розпізнаються датчиком. Також зазначається що сенсор коректно працює з великим наповном людей та не зменшується точність.

Ціна датчика станом на починається від 26 тисяч гривень[5].

Переваги датчиків підрахунку пасажирів IRMA Matrix

- найвища точність підрахунку;
- повністю автоматичний підрахунок;
- категоріювання пасажирів по віку;
- розпізнавання не живих об'єктів;
- відкритий протокол і SDK для Windows і Linux;
- інтеграція з навігаційними терміналами та програмним забезпеченням "Навігатор";
- універсальний монтаж і низькі експлуатаційні витрати;
- два роки гарантії;
- довгий термін служби.

Технічні характеристики датчика надані виробником представленні у таблиці

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики дачика IRMA MATRIX

		Параметри[5]
Живлення	Постійний струм	24 В
	Вита пара(PoE)	48 В
Інтерфейс підключення	Ethernet	100 Мбит/с
	CAN	125 Кбит/с
Матриця		500 пікселів
Середнє напрацювання на відмову		1,2 млн. часов
Мінімальна висота установки		180 см

2.7 Висновок до розділу

При проведенні аналізу було виявлено що на ринку більшість технологій було саме з використанням камер які за допомогою нейронної мережі розпізнають людей. У таких системах найбільший показник точність серед існуючих автоматизованих систем. Головною особливістю таких систем є те що вони збирають велике різноманіття даних, які є вкрай важливими для транспортних компаній.

Одним із головних критеріїв при виборі автоматизованої системи обліку пасажиропотоку являється співвідношення її вартості до функціональності. Однак ціни на існуючі системи є великими, що нерідко призводить до того що транспортні компанії починають розроблювати власні системи автоматичного обліку пасажиропотоку.

3 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

3.1 Складові системи яка розроблюється

Цілю даної роботи являється розробка автоматизованої системи обліку пасажиропотоку у громадському транспорті. Система буде складатися з двох складових, а саме:

- програмної;
- апаратної.

Апаратна частина відповідає за облік пасажирів які ввійшли чи вийшли з транспортного засобу, відстеження громадського часу у реальному часі, та надсилання оброблених сигналів, тобто кількість пасажирів, на серверну частину програмного забезпечення. До складу апаратної частини входять:

- апаратно обчислювальна платформа;
- модуль GPS;
- модуль Wi-Fi;
- датчик відкриття дверей;
- натискні пластини.

Програмна частина у свою чергу розділяється на такі складові:

- клієнтська частина;
- серверна частина;
- база даних.

Роль серверної частини відповідає за прийом даних з апаратної частини та внесення даних у базу даних. Клієнтська частина спілкується з базою даних через сервер.

3.2 Вимоги до системи автоматизованого обліку

Для системи автоматичного обліку пасажиропотоку у громадському транспорті опишемо функціональність яка повинна бути реалізована для всієї системи в цілому та для окремих компонентів.

Система повинна мати наступну функціональність:

- автоматизований облік пасажирів що ввійшли;
- автоматизований облік пасажирів що вийшли;
- автоматизований облік та зберігання даних про кількість пасажирів які знаходяться на транспортному засобі;
- визначення напрямку руху пасажирів;
- автоматична прив'язка даних про кількість пасажирів до часу;
- автоматична прив'язка даних про кількість пасажирів до маршруту;
- автоматична прив'язка даних про кількість пасажирів до зупинку транспортного засобу;
- додавання в базу нових маршрутів;
- додавання в базу нових транспортних засобів;
- додавання в базу нових зупинок транспортного засобу;
- зберігання даних протягом тривалого періоду часу;
- зручне представлення даних доступне для статистичного аналізу.

Для апаратної частини яка буде розташовуватися на борту громадського транспортного засобу було визначено наступні вимоги:

- система повинна працювати в діапазоні температур експлуатації транспортного засобу;
- система повинна мати можливість встановлення на будь який вид громадського транспорту;
- система повинна мати можливість встановлення чи заміни елементів апаратної частини без втручання у механізм роботи транспортного засобу.

- система не повинна впливати на комфорт пасажирів при користуванні громадським транспортом;
- унеможливити доступ несанкціонованих осіб до взаємодії з апаратним комплексом;
- мінімізувати або унеможливити помилкову активацію системи;
- система ніяким образом не повинна впливати на роботу водія транспортного засобу.

Клієнтське програмне забезпечення повинно відповідати наступним критеріям:

- мінімалістичний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- можливість додавання нових елементів та можливостей;
- зручний формат відображення даних.

Дана система розроблюється з мінімальною функціональністю яка буде оброблювати та надавати всі необхідні дані для проведення статистичних аналізів на основі яких буде проводитися реорганізація маршрутів та транспортних засобів. Також планується розширення системи, завдяки додаванню нових алгоритмів обробки, інтерактивної карти та розширення бази даних.

3.2 Розташування апаратної частини

В якості датчика для отримання вхідних даних пасажиропотоку було використано натискну пластину. Конструкція натискної пластини нагадує кнопку. Датчик має дві пластини і між ними контакт. Щоб виключити випадкові спрацювання які залежать від зовнішніх факторів, між опорними частинами датчику розміщено пружини з сумарним опором у 10 кілограм. Датчик повинен працювати у будь яких можливих температурних границях експлуатації транспортного засобу. Натискні пластини з гумовим покриттям монтуються на поверхню біля дверей на транспортному засобі за допомогою болтів. При наявності сходинок натискні пластини монтуються на двох рівнях, рисунок 3.1.



Рисунок 3.1 – Приклад монтування датчиків на сходах

У разі якщо замість сходок рівна площа натискні пластини монтуються одна за одною, рисунок 3.2.

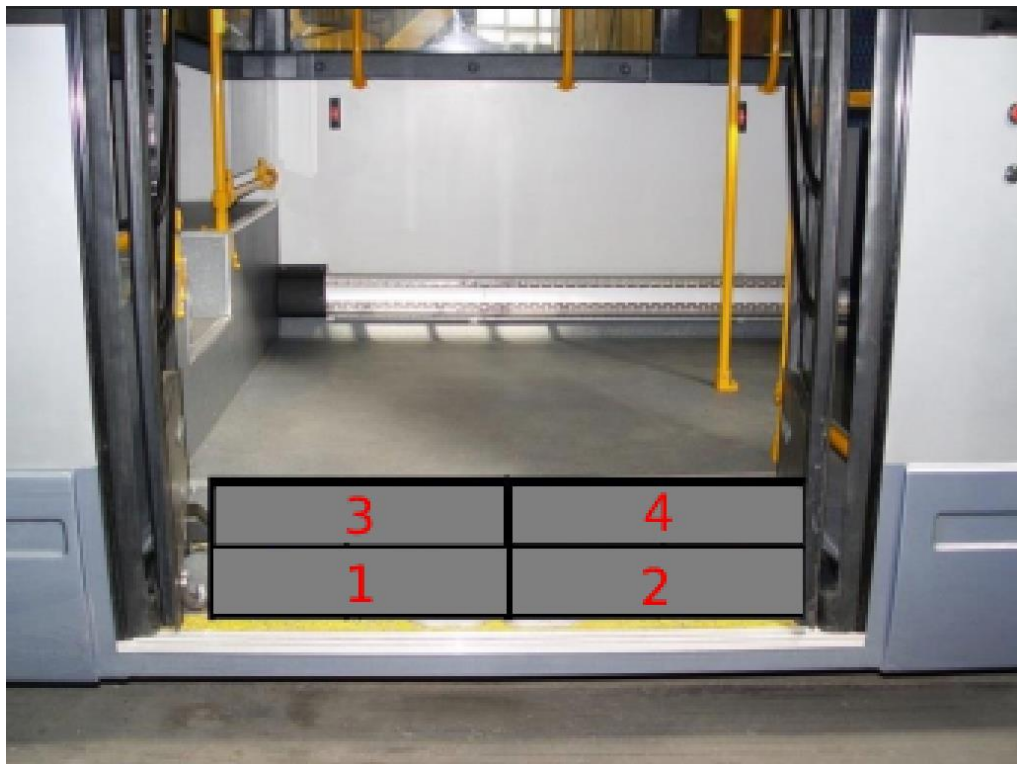


Рисунок 3.2 – Приклад монтування датчиків на рівній площині

Сигнали про натиснення оброблюються на платі розробника. Плата може бути розміщена під будь-яким захисним корпусом механізму відкриття дверей, рисунок 3.3.



Рисунок 3.3 – Місце розташування плати розробника

Місце розташування ніяк не вплине на роботу плати розробника так як плата розробника повинна працювати в діапазоні температур від -40 до +85, а захисний корпус слугує захистом від стороннього втручання та захисту від вологи. На рисунку 3.4 зображена схема з'єднання апаратних компонентів між собою. Синім кольором позначається місце розташування натискних пластин. Зеленим кольором позначається місця встановлення плати розробника, GPS-модуля та датчика стану дверей. Жовтим кольором біля водія розташовується модуль Wi-Fi зв'язку.

Для зменшення зовнішніх чинників які можуть діяти на дроти, що призведе до їхнього виходу з ладу, дроти повинні прокладатися під обшивкою салону автобуса з використання гофри.

Для з'єднання електричних проводів повинні бути використанні клєми з системою пружинного затискання яке зменшить фактор випадкового роз'єднання.

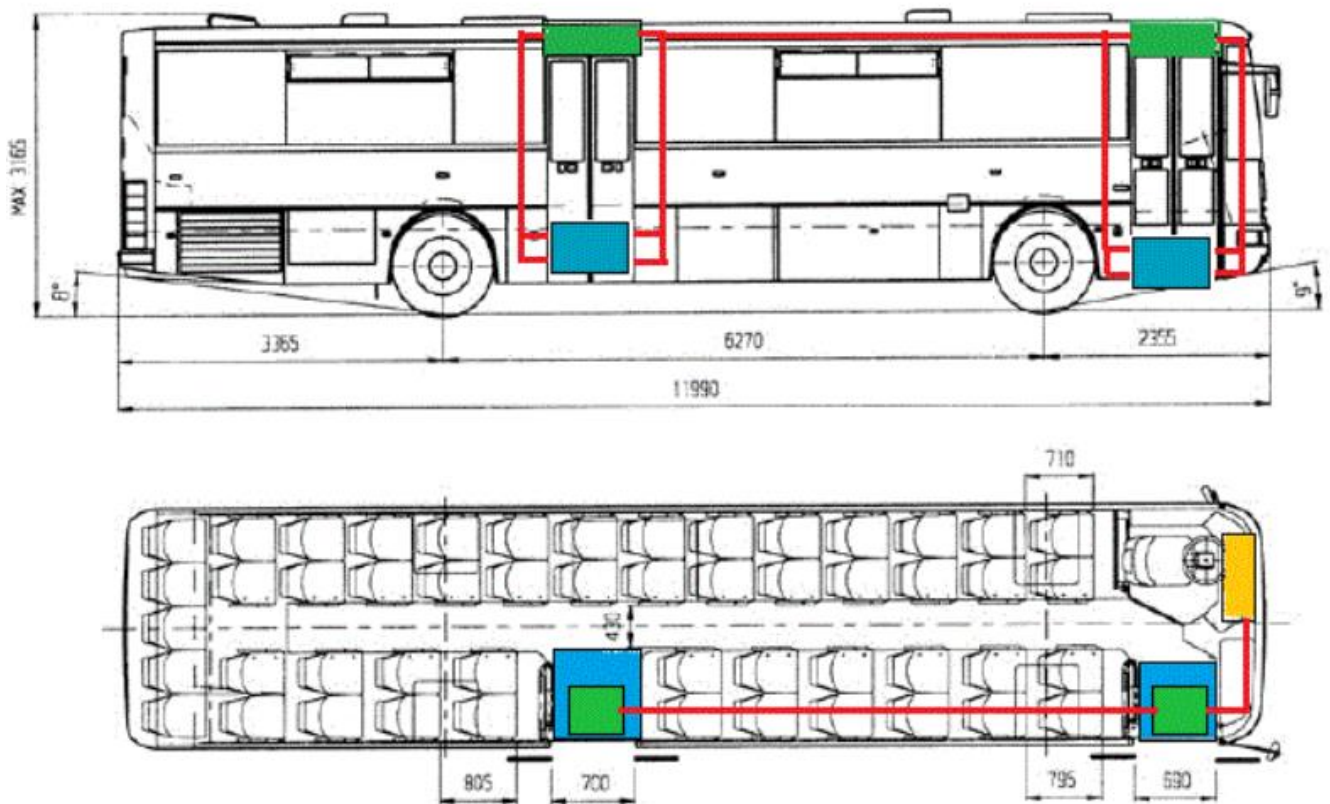


Рисунок 3.4 – Загальна схема з'єднання компонентів

3.3 Висновок до розділу

При постановці задачі були визначенні складові системи, та їхню функціональність. Для системи були поставленні вимоги яких потрібно дотриматися при створенні власної автоматизованої системи обліку пасажиропотоку. Розроблено план оновлення системи та добавлення нових функціональних можливостей.

4 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ РЕАЛІЗАЦІЙ

4.1 Вибір мови програмування

Необхідно вибрати мову програмування на якій буде написано додаток. У ході проведення аналізу було виокремлено такі мови програмування:

- C++;
- C#;
- C;
- PHP;
- Java;
- JavaScript;
- Python.

4.1.1 Мова програмування C++

C++ — крос платформна мова. Мова використовують при розробці високопродуктивних програм. Мова розроблялася як розширення мови програмування C. Особливість мови – високий контроль системних ресурсів та пам'яттю. C++ мова парадигми ООП, але вона також підтримує процедурне програмування та узагальнене програмування.

Особливості мови C++:

- компільована мова;
- статична типізація;
- наявність стандартної бібліотеки шаблонів;
- динамічне виділення пам'яті.

Для кращого розуміння мови програмування C++ наведено переваги та недоліки.

Переваги мови програмування C++:

- a) портативність – мова програмування не залежить від платформи, що дозволяє запускати ту ж програму на різних операційних системах;
- b) об'єктно-орієнтована – одна з найважливіших переваг мови програмування C++, вона включає такі поняття як класи, успадкування, поліморфізм, абстракція, інкапсуляція;
- c) багато парадигмна – мова підтримує такі парадигми як: імперативна, об'єктно орієнтована, процедурна, узагальнена;
- d) маніпуляції на низькому рівні – мова дозволяє маніпулювати даними, працювати з ними, на низькому рівні;
- e) управління пам'яттю – мова C++ надає повний контроль над пам'яттю;
- f) велика спільнота – мова програмування має велику спільноту користувачів, які можуть допомогти вирішити різні питання, або порадити літературу;
- g) масштабованість – означає що програма здатна працювати як у невеликому так і великому масштабі даних.

Недоліки мови програмування C++:

- a) покажчики – є важкими для розуміння та використовують багато пам'яті, при неправильному використанні може призвести до збою системи або неправильної поведінки;
- b) безпека – незважаючи на те що ООП забезпечує хорошу безпеку для даних, але все ж ще існує проблема безпеки через доступність покажчиків, глобальних змінних;
- c) відсутність сміттєзбірника – у C++ відсутня функція збирача сміття, ця задача лягає на плечі розробника.

4.1.2 Мова програмування C#

Мова програмування C# розроблялася як альтернатива мові програмування Java. Отже синтаксис мови C# схожий на синтаксис Java та C++, так як є родиною мови C.

C# є мультипарадигмною мовою програмування. C# підтримує наступні парадигми розробки:

- імперативна;
- об'єктно-орієнтована;
- функційна;
- узагальнена;
- рефлексивна;
- подійно-орієнтована.

Програми які написанні на мові програмування C# використовує середовище розробки .NET. Часто при згадуванні мови програмування C# мають на увазі .NET, що не є вірним. Технологія .NET є фреймворком для мови програмування C#.

Компанія Microsoft стрімко розвиває кросплатформеність мови програмування C#.

Переваги мови програмування C#:

- а) стабільні оновлення – корпорація Microsoft стабільно випускає оновлення мови програмування C# та фреймворку .NET;
- б) інтегрований мовний запит (LINQ) – це простий і водночас проста мова запитів до джерела даних;
- в) прості методи розширення – можливість додавання метода в існуючий тип без створення нового похідного типу;
- г) автоматичний збір сміття – в мові програмування C# є функція збирача мусору;
- д) автоматизоване управління пам'яттю – це звільняє розробника від ручного виділення та звільнення пам'яті;
- е) зворотна сумісність.

Недоліки мови програмування C#:

- а) менш гнучкий – мова програмування переважно залежить від платформи .NET;

б) важка у навчанні – мова програмування має багато бібліотек які потрібно вивчити;

4.1.3 Мова програмування C

Мова програмування C являється процедурною мовою. Це є проста в водночас і гнучка мова. Багато високорівневих мов запозичили синтаксис саме з мови програмування C.

Мова часто використовується при написанні скриптів для мікроконтролерів. Однією з особливостей мови програмування C – це доступ до пам'яті низького рівня. Мова програмування C приваблює до себе через ряд особливостей:

- простото;
- висока швидкодія;
- високий рівень мобільності;
- можливість використання можливостей мов низького та середнього рівня.

Для мови програмування C наведено переваги та недоліки.

Переваги мови програмування C:

- a) портативна мова – гнучка мова, код якої можна запускати на будь-якій машині без зміни коду;
- b) вбудовані функції - у ANSI C всього 32 ключові слова, які мають багато вбудованих функцій.
- c) розширення – розробник може добавляти власні функції до стандартної бібліотеки;
- d) структурована мова програмування;
- e) мова середнього рівня;
- f) динамічний розподіл пам'яті.

Недоліки мови програмування C:

- a) поняття простору імен – у C не реалізована концепція простору імен;
- b) низький рівень абстракції;
- c) відсутність обробки винятків.

4.1.4 Мова програмування PHP

Мова програмування php підтримує декілька парадигм програмування, такі як:

- імперативне програмування;
- об'єктно орієнтоване програмування;
- рефлексивне програмування;
- процедурне програмування.

Переважно мову програмування PHP обирають для написання скриптів для серверної частини. Також використовують для веб розробки. Являється мовою загального призначення.

Мова програмування PHP має інтегровану підтримку для роботи з базою даних MySQL. Не зважаючи на це PHP також використовують для роботи з такими базами даних як:

- postgres;
- oracle;
- sybase;
- inforix;
- MS SQL Server.
- ODBC.

Переваги та недоліки мови програмування PHP наведені для кращого розуміння її можливостей.

Переваги мови програмування PHP:

- a) міжплатформенність – при використанні даної мови не важливо замислюватися виборів операційної системи;
- b) відкрите джерело – мова програмування PHP має відкритий код;
- c) легко освоїти – мову програмування PHP легко освоїти навіть для початківця;
- d) синхронізація з БД – мову програмування PHP легко підключити до будь якої бази даних, будь то реляційна чи нереляційна;

- e) спільнота – упродовж існування, мова програмування РНР збрала навколо себе велику спільноту розробників та документації, що допомагають при вирішенні виниклих проблем;
- f) стабільність – стабільніша ніж більшість подібних скритованих мов програмування;
- g) гнучкість – часто використовується для поєднання функцій з іншими мовами.

Недоліки мови програмування РНР:

- a) безпека – у РНР є проблеми з безпекою даних, так як у неї відкритий код;
- b) ненадійний – РНР не може похвастатися ефективністю, через помилки користувачі можуть отримати неправильні дані.
- c) погана продуктивність – не здатна підтримати використання багатьох функцій одночасно;
- d) обробка помилок – відсутні інструменти для налагодження.

4.1.5 Мова програмування Java

Популярна об'єктно-орієнтована мова програмування Java. Окрім об'єктно-орієнтованої парадигми включає в себе: імперативне, рефлексивне, узагальнене програмування.

Мова програмування Java не залежить від платформи на якій вона виконується. Байт-код при компілюванні інтерпретується на віртуальній машині, тобто JVM.

Мова використовується для великого спектру задач. Серед них можна виділити наступні:

- мобільні додатки;
- створення корпоративного ПЗ;
- наукові обчислювальні програми;
- розробка серверної частини;
- розробка веб додатків.

Переваги мови програмування Java:

- a) кросплатформна – байт-код інтерпретується на JVM, що дозволяє виконувати налюбій платформі;
- b) безпека – у Java багато функцій безпеки;
- c) багатопоточність – програми можуть виконувати декілька завдань одночасно;
- d) простота – мова програмування Java проста у виконанні та вивченні;
- e) розподіл пам'яті.

Недоліки мови програмування Java:

- a) продуктивність – Java використовує багато пам'яті і повільніша аніж подібні мови програмування;
- b) управління пам'яті – збірник сміття негативно впливає на продуктивність;
- c) складний код – рядок може містити багато слів що ускладнює їх розуміння.

4.1.6 Мова програмування JavaScript

Динамічна мова програмування JavaScript підтримує декілька парадигм програмування, а саме:

- імперативне програмування;
- об'єктно-оперативне програмування;
- функціональне програмування;
- рефлексивне програмування.

Це легка мова для вивчення яка найчастіше використовується для розробки сценаріїв веб сторінок, щоб взаємодіяти з користувачем на стороні клієнтської частини, створювати динамічні сторінки.

Синтаксис мови програмування JS дуже схожий з синтаксисом мов C++ та Java. Це зроблено для полегшення вивчення мови. В основному використовується при розробці веб сторінок, розробки клієнтської та серверної частин.

Переваги мови програмування JavaScript:

- a) швидкість – мова програмування JavaScript працює дуже швидко, оскільки переважно запускається у браузері на стороні клієнта, якщо для цього не потрібно зовнішніх ресурсів;
- b) сумісність – JS може використовувати разом з іншими мовами програмування;
- c) оновлення – JS стабільно отримує оновлення;
- d) універсальність – використовується для розробки бек-енд та фронт-енд частин.

Недоліки мови програмування JavaScript:

- a) безпека – код доступний для інших користувачів, що може бути використано у зловмисних цілях;
- b) підтримка браузера – старі версії браузера можуть не підтримувати деяких функцій JS;
- c) налагодження – немає інструментів для налагодження.

4.1.7 Мова програмування Python

Мова програмування Python багато парадигмна. Являється високо рівневою мовою програмування. Парадигми які підтримуються мовою програмування Python:

- імперативне програмування ;
- об’єктно-орієнтоване програмування;
- функціональне програмування;
- рефлексивне програмування.

Python використовують при написанні настільних програм, веб розробці, написанні скриптів, розробка нейронних мереж, наукових обчисленнях та багато іншого.

Мова програмування Python приваблює своїм простим синтаксисом, який легко вивчити, та код є легко читабельним. Простий синтаксис та динамічна типізацію роблять цю мову ідеальною для швидкої розробки програм та написання скриптів.

Для кращого розуміння мови програмування Python розберемо переваги та недоліки.

Переваги мови програмування Python:

- a) простий синтаксис – простий синтаксис робить мову програмування легкою для розуміння і читабельною;
- b) легкий у вивченні – завдяки простому синтаксису мову програмування Python вивчити легше ніж C++ чи Java;
- c) інтерпретована мова – тобто у даній мові програмування код виконується рядок за рядком, та при помилці зупиняє виконання;
- d) динамічна типізація – тип даних призначається автоматично при виконанні програми;
- e) бібліотека Python – стандартна бібліотека включає в себе велику кількість функцій;
- f) портативність – код написаний на мові програмування Python може бути запуснений на різних платформах без внесення змін як на інших мовах;
- g) PEP – єдиний стандарт написання коду;
- h) ком'юніті – Python є популярною мовою програмування, отже має велику спільноту яка може допомогти при вирішенні проблем.

Недоліки мови програмування Python:

- a) продуктивність – так як мова програмування є інтерпретованою та динамічного типу, це може призвести до повільного виконання;
- b) використання пам'яті – щоб забезпечити простоту розробки та динамічну типізацію, мова програмування Python використовує великий обсяг пам'яті.
- c) доступ до бази даних – рівень доступу на Python є примітивним і нерозвиненим;
- d) помилки під час виконанні – динамічна зміна типу даних може призвести до помилку під час виконання;
- e) синтаксис – синтаксис являється і мінусом мови, так як він є незвичним при переході з іншої мови.

4.2 Вибір фреймворку

Для розроблення додатку для користувача було обрано мову програмування С#.

Для обраної мови програмування виберемо фреймворк для полегшення розробки.

Фреймворк можна охарактеризувати як багато шарову структуру. Ця структура диктує свої правила створення програм та написання коду. Ця структура може бути змінена користувацьким кодом.

Використання фреймворку зменшує час написання, так як готовий каркас уже готовий. Розробник лиш доповнює його своїм кодом. Серед інших переваг користування фреймворком можна виділити наступне:

- більша безпека коду;
- простіше тестування та налагодження;
- легко адаптований код;
- уникнення дублювання коду.

Фреймворк може містити: допоміжні програми, компілятори, бібліотеки, API.

Можна виділити наступні фреймворки для мови програмування С#:

- .NET framework core;
- entity framework core;
- WPF;
- winforms;
- UWP.

Фреймворк .NET core відрізняється від .net framework тим що являється кросплатформним, можна запустити на операційних системах Mac та Linux. Це проект з відкритим кодом. Складається з бібліотек CoreFX та оптимізованого середовища виконання CoreCLR. Також .NET core та .net framework використовують одне і те ж API яке зветься .NET Standard. Даний фреймворк використовується при розробці мобільних програм, настільних програм, веб розробці, машинне навчання, мікросервісів.

Entity framework core це кросплатформна версія технології доступу до даних. Це структура об'єктно-реляційного відображення, ORM інструмент, для автоматичний механізм доступу до бази даних, але з вищим рівнем абстракції. При використанні EF core можна використовувати любую БД, якщо є підходящий драйвер. Компанія Microsoft надає для розробників такі вбудованих провайдери для роботи з MS SQL Server, SGL Lite, PostgreSQL.

Підсистема WPF, екосистеми платформи .NET, використовується для створення графічних інтерфейсів. У WPF за малювання елементів управління та графіки відповідає DirectX. Тобто робота малювання елементів незалежно від важкості оброблюється на графічному процесорі відеокарти, тобто це можуть бути задачі як малювання кнопки, так і складних 3D моделей. Фреймворк використовує мову декларативної розмітки інтерфейсу XAML, яка основана на XML.

Windows forms – безкоштовна бібліотека класів та має відкритий код. Це платформа для написання графічного інтерфейсу настільних клієнтських програм. Даний фреймворк доступний лише на операційній системі Windows. Попри це існує і між платформна реалізація при використанні Mono framework.

UWP – платформа для створення та запуску програм в операційній системі Win10. Переклад акроніму UWP – універсальна платформа windows. Тобто платформа являється універсальною для всіх пристроїв операційної системи Win10. Важливою деталлю являє те що UWP не запускаються на попередніх версіях операційної системи Windows.

Для вибору фреймворку у таблиці 4.1 наведено порівняння фреймворків за наступними критеріями:

- інтеграція інших мов програмування;
- кросплатформність;
- безкоштовна версія;
- дата останньої версії.

Таблиця 4.1 – порівняльна характеристика фреймворку.

	Інтеграція інших мов програмування	Кросплат-форменість	Безкоштовна версія	Дата останньої версії(рік)
.NET Core	+	+	+	8 листопада 2021 р. [12]
Entity Core	-	+	+	22 квітня 2020 року[13]
WPF	+	-	+	21 квітня 2021 року[14]
WinForms	+	-	+	20 жовтня 2020 р.[15]
UWP	+	-	+	Травень 2020 р.[16]

Проаналізувавши фреймворки за критеріями які було описано вище, було обрано фреймворк .net core для розробки настільної програми. Фреймворк використовують безліч розробників і велику кількість документації, це допоможе вирішити питання які появляться при розробці.

4.3 Вибір бази даних

База даних це сховище в якому зберігається дані в залежності від критеріїв які їм підходять. Баз даних є велика кількість як реляційних так і нереляційних. Для мови програмування PHP яка відповідає за серверну частину і буде взаємодіяти з базою даних, обрали наступні бази даних:

- mySQL;

- SQLite;
- PostgreSQL;
- MongoDB.

Кожна з цих СУБД використовує структуровану мову запитів SQL. Для вибору СУБД розберемо та проаналізуємо кожну з вибраних СУБД.

4.3.1 Система управління БД MySQL

Це одна з найпоширеніших та популярних систем управління базами даних. MySQL являється реляційною СУБД.

MySQL безкоштовне та багато платформне програмне забезпечення. Головною особливістю є безпека даних. У всьому світі дана СУБД вважається найбільш безпечною та надійною. Всі дані захищені паролем які зберігаються в зашифрованому вигляді. У СУБД має велику кількість розробників яка займається випуском оновлень та виправлень.

Для проектування баз даних використовують програмне забезпечення MySQL Workbench, рисунок 4.1

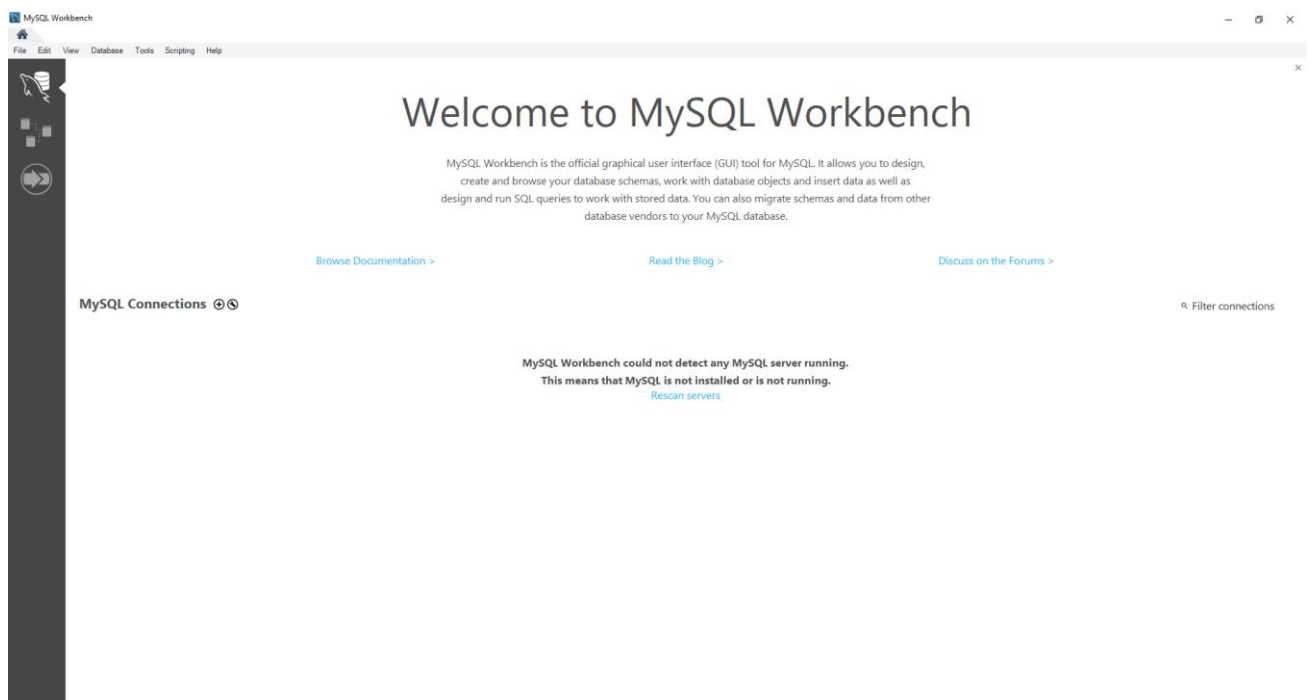


Рисунок 4.1 – інструмент візуального проектування MySQL Workbench

До особливостей даної СУБД можна віднести:

- безпека даних;
- масштабування;
- гнучкість;
- швидкість;
- портативність.

4.3.2 Система управління БД SQLite

SQLite – безплатна реляційна система управління базами даних яка може працювати незалежно від обраної платформи. Особливістю даної СУБД є легке вбудовування в додатки, так як БД складається з одного файлу, що дозволяє без зайвих проблем переносити БД з однієї машини на іншу.

Для візуального проектування баз даних використовують додаток SQLite Studio. Додаток має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача, рисунок 4.2.

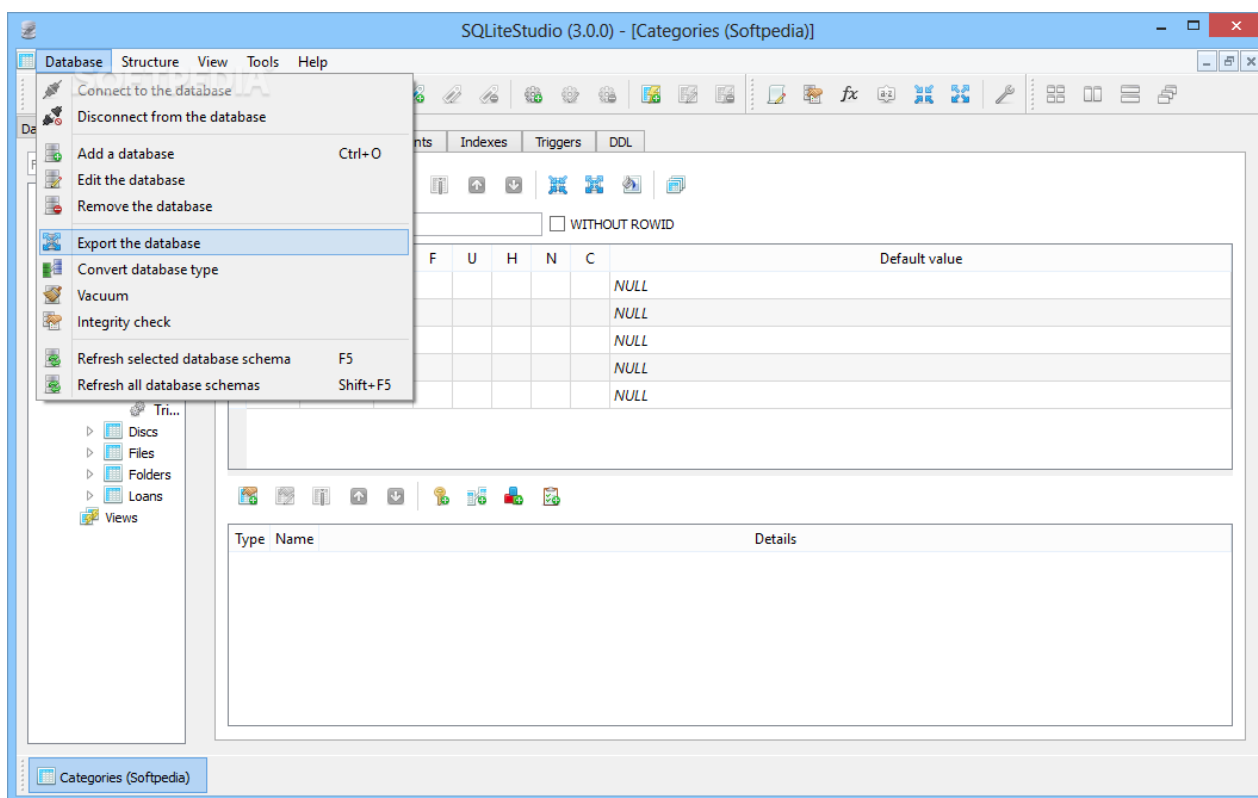


Рисунок 4.2 – інтерфейс SQLite Studio

Особливості SQLite:

- продуктивність;
- надійність;
- портативність;
- не потрібне встановлення.

Системи управління базами даних SQLite не підходить для використання якщо записуються великі обсяги даних у БД.

4.3.3 Система управління БД PostgreSQL

Об'єктно-реляційна СУБД PostgreSQL яка базується на мові SQL та має відкритий вихідний код. Вона підтримує БД необмеженого розміру, має надійні механізми транзакцій. Її можуть модифікувати одночасно кілька користувачів. Добре отримує дані із зовнішнього джерела даних. В порівнянні з іншими БД відносно не дорога. БД регулярно оновлюється, а також завжди можна отримати підтримку від спільноти. Але налаштування можуть бути складними для початківців.

Для роботи з сервером існує графічний клієнт, який спрощує адміністрування на сервері, рисунок 4.3.



Рисунок 4.3 – Графічний клієнт адміністрування СУБД PostgreSQL

Для даної СУБД властиві такі переваги та недоліки.

Переваги СУБД PostgreSQL:

- ефективно отримання даних із зовнішніх джерел;
- недорога в порівнянні з іншими лідерами ринку;
- висока продуктивністю;
- стабільність;
- швидкість реагування;
- управління ресурсами;
- адаптивність у різних середовищах.

Недоліки СУБД PostgreSQL:

- налаштування за замовчуванням не оптимізовано для сучасного обладнання;
- відсутня вбудована підтримка налаштувань із кількома майстрами.

4.3.4 Система управління БД MongoDB

MongoDB — це документно-орієнтована база даних NoSQL, яка використовується для зберігання великих обсягів даних. MongoDB працює як своєрідна база даних, тільки вона має інший формат, ніж більшість, оскільки вона повністю заснована на документації. Ця БД з'явилася приблизно в середині 2000-х років. Цей інструмент використовувався для проектів, у яких дані в реальному часі використовуються для аналізу. В MongoDB з'єднання з інструментами досить просте, також обробка даних відбувається дуже швидко. Єдина серйозна проблема полягає в тому, що він не здатний виконувати статистичний аналіз.

Для роботи з MongoDB можна скористатися графічним клієнтом, рисунок 4.4.

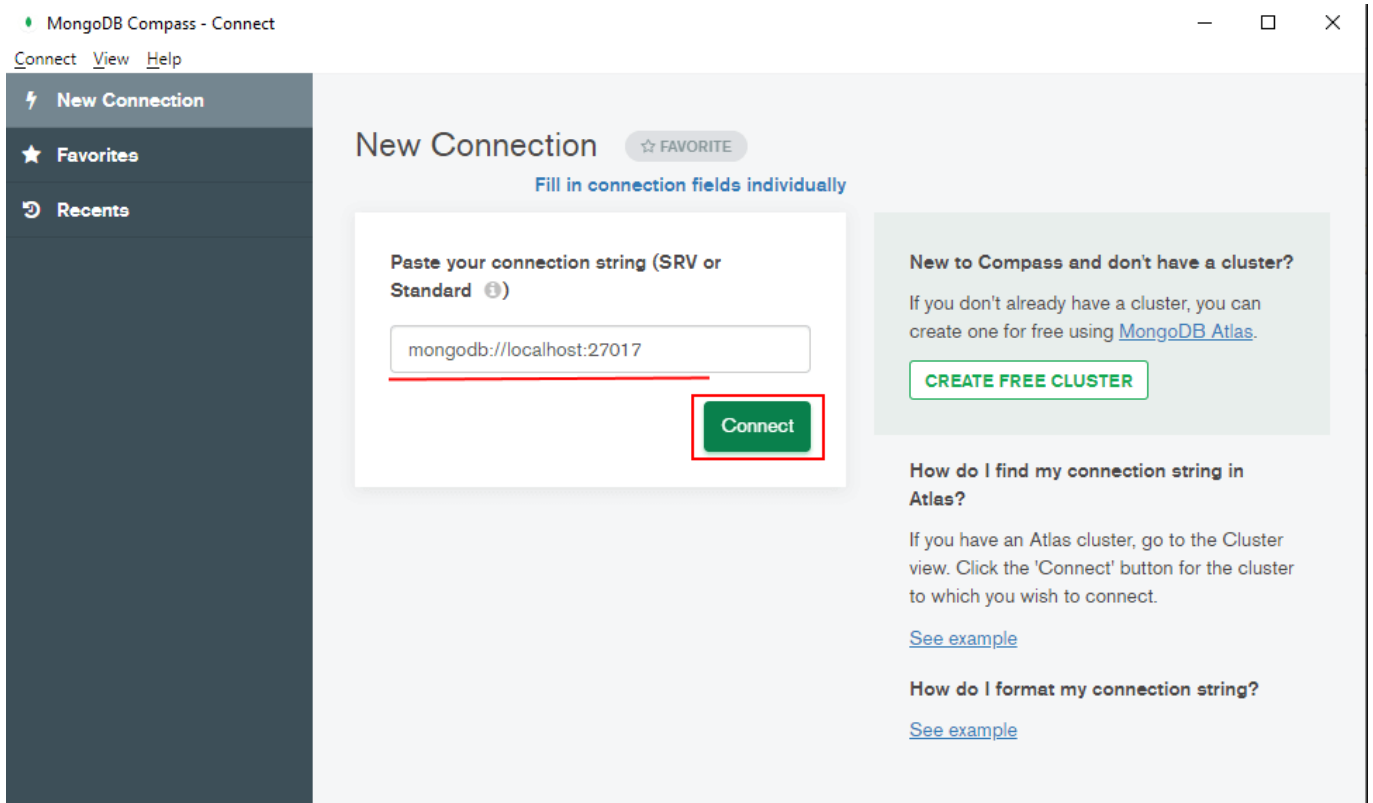


Рисунок 4.4 – Графічний клієнт MongoDB Compass

Виявимо переваги та недоліки СУБД MongoDB.

Переваги СУБД MongoDB:

- зчитує дані в режимі реального часу дуже точно і швидко;
- легкий та зрозумілий синтаксис;
- зберігання будь-яких типів даних шляхом створення типів персональних даних;
- потужні запити та аналітика;
- база даних без схем, що означає легкість масштабування.

Недоліки СУБД MongoDB:

- MongoDB не має з'єднань, що робить його менш оптимальним;
- велике споживання пам'яті;
- функція транзакції недоступна.

4.4 Вибір мікроконтролера

На ринку існує неймовірна кількість мікроконтролерів з різними характеристиками, виробниками та вартістю. Для автоматизованої системи обліку пасажиропотоку було обрано наступні мікроконтролери:

- STM32F446RET6U;
- STM32H755ZIT6U;
- STM32F103C8T6;
- STM32F401CCU6;
- nrf52832.

У таблиці 4.2 наведено порівняння мікроконтролерів плат розробника.

Таблиця 4.2 – Порівняльна таблиця мікроконтролерів

	STM32 F446RET6U [22]	STM32 H755ZIT6U [23]	STM32 F103C8T6 [24]	STM32 F401CCU6 [25]	nrf52832 [26]
Корпус	LQFP	LQFP-144	LQFP48	UFQFPN48	WLCSP QFN48
Розрядність МК	32 бітний	32 бітний	32 бітний	32 бітний	32 бітний
Максимальна тактова частота	180 мегагерц	480 мегагерц	72 мегагерца	84 мегагерца	2483 мегагерц
Напруга живлення	1.7– 3.6 В	1.62 – 3.6 В	2 – 3.6 В	1.7 – 3.6 В	1.7– 3.6 В

	STM32 F446RET6U [22]	STM32 H755ZIT6U [23]	STM32 F103C8T6 [24]	STM32 F401CCU6 [25]	nrf52832 [26]
Кількість портів вводу-виводу	50	168	37	36	32
АЦП	1 АЦП, 12 каналів	3 АЦП, по 20 каналів кожен	2 АЦП по 10 каналів кожен	1 АЦП до 10 каналів	1 АЦП, 8 каналів
ЦАП	2 ЦАП, 12 каналів	2 ЦАП, 12 каналів	Відсутній	Відсутній	Відсутній
RTC	Є	Є	Є	Є	Є
FPU	Є	Є	Немає	Є	Є
Апаратні реалізації інтерфейсів	I ² C – 4 канали SPI – 4 каналів USART – 4 канали HDMI-CEC – 1 канал I2S – 3 канали	I ² C – 4 канали SPI – 6 канали USART – 4 канали SAIs – 4 канали SD/SDIO/MMC – 2 канали	CAN – 1 канал I ² C – 2 канали SPI – 2 канали USART – 3 канали USB – пристрій	I ² C – 3 канали SPI – 3 канали USART – 3 канали USB – хост, пристрій, комбінований I ² S – 2 канали	I ² C – 2 канали SPI – 3 каналів UART – 1 канали
Таймери загального призначення	8	10	4	8	8

	STM32 F446RET6U [22]	STM32 H755ZIT6U [23]	STM32 F103C8T6 [24]	STM32 F401CCU6 [25]	nrf52832 [26]
Апаратне декодування сигналів енкодера	Є	Є	Є	Є	Є
Розмір EEPROM пам'яті	4 кілобайта	Немає	Немає	Немає	4 кілобайта
Розмір flash пам'яті	512 кілобайт	2 мегабайта	64 кілобайта	256 кілобайт	512 кілобайт
Розмір RAM пам'яті	128 кілобайт	1 мегабайт	20 кілобайт	64 кілобайта	64 кілобайт
Ціна станом на грудень	Від 4.86 \$ до 24.5\$ [27]	Від 22.9\$ до 30\$ [28]	10.9\$ [29]	Від 5.9\$ до 6.5\$ [30]	Від 7.86 \$ до 24.5\$ [31]

Для розроблення було обрано плату розробник на мікроконтролері STM32F401CCU6.

4.5 Вибір модуля GPS

Для автоматизованої системи було обрано GPS NEO-6M Міні SMA.

Модуль GPS NEO-6M Міні SMA - це сімейство автономних GPS-приймачів із високопродуктивним U-blox 6. Ці гнучкі та економічні приймачі пропонують численні варіанти підключення в мініатюрі. NEO-6M забезпечує спеціальний режим

часу для забезпечення більш високої точності хронометражу. Їх компактна архітектура, потужність і опції пам'яті створюють модулі NEO-6, які ідеально підходять для мобільних пристроїв, які працюють від батареї, з дуже жорсткою ціною та обмеженим простором. Технічні характеристик модуля наводяться в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики модуля GPS

	Параметри[18]
Напруга живлення	2.7V – 3.6V
Мах точність визначення курсу	0.5°
Мах точність визначення швидкості	0.1 м/с
Мах точність визначення положення	2.5м
Доступні інтерфейси	UART, I2C, SPI, USB
Швидкість поновлення	5 Гц
Чутливість	-147 dBm
Мах частота видачі інформації	1Hz

У порівнянні з іншими моделями які дорожчі, дана модель має меншу точність визначення положення яке відрізняється на величину одного метра, через це обрану саме цю модуль GPS.

Ціна датчика станом на грудень становить 244 гривні [19].

4.6 Вибір модуля Wi-Fi

Для автоматизованої системи було обрано Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01S.

ESP8266 ESP-01S – мікроконтролер і Wi-Fi модуль одночасно, який використовується в проектах де потрібна швидкісна безпроводна передача даних між різними об'єктами. Також може підключатися до ПЗ, яке виконалося на ПК. Сумісний з всіма платами розширення форм фактора ESP-01. Використовується у системах безпеки, системах телеметрії і т.д. Технічні характеристик модуля наводяться в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики модуля Wi-Fi

	Параметри[20]
Тактова частота контролера	40 МГц
Напруга живлення	3 В ~ 3.6 В
Максимальний робочий струм	220 мА
Підтримка бездротового стандарту	802.11 b / g / n
Робоча частота	2.4 ГГц
Кількість GPIO	4
Flash пам'ять	512 кб

Ціна датчика станом на грудень становить 59 грн[21].

4.7 Висновок до розділу

Для розробки програмної частини було обрано наступні мови програмування та базу даних. Для клієнтської програми було обрано мову програмування C#, так як вона може бути використана для створення багато платформного програмного забезпечення. Має високу швидкість у порівнянні з іншими мовами програмування. Для серверної частини обрано мову програмування PHP яка являється ефективною серверною мовою зі високою швидкістю, та простим синтаксисом. Так як в системі буде оперуватися велика кількість даних для їх збереження було обрано СУБД MySQL, яка забезпечить безпеку даних та швидкість при роботі з базою даних. Програмний код для мікроконтролера буде написано на мові програмування C, яка буде забезпечувати потрібну швидкість.

Для апаратної частини було обрано мікроконтролер STM32F401CCU6 в якій є велика кількість каналів входу/виходу, висока тактова частота якої буде достатньо при майбутній модернізації системи. Оскільки нам не важлива точність вимірювання положення до 1 метра, було обрано модуль GPS NEO-6M Міні SMA, який має достатню точність для системи. В якості модуля Wi-Fi було обрано модуль ESP-01S що побудований на базі ESP8266EX.

5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ

Система підрахунку пасажиропотоку реалізована на платі розробника STM32F401CCU6 з використанням мови програмування C.

Система обробки та збереження даних реалізовані використовуючи мову програмування PHP та СУБД MySQL.

Загальна структура архітектури системи обліку пасажиропотоку зображено на рисунку 5.1.

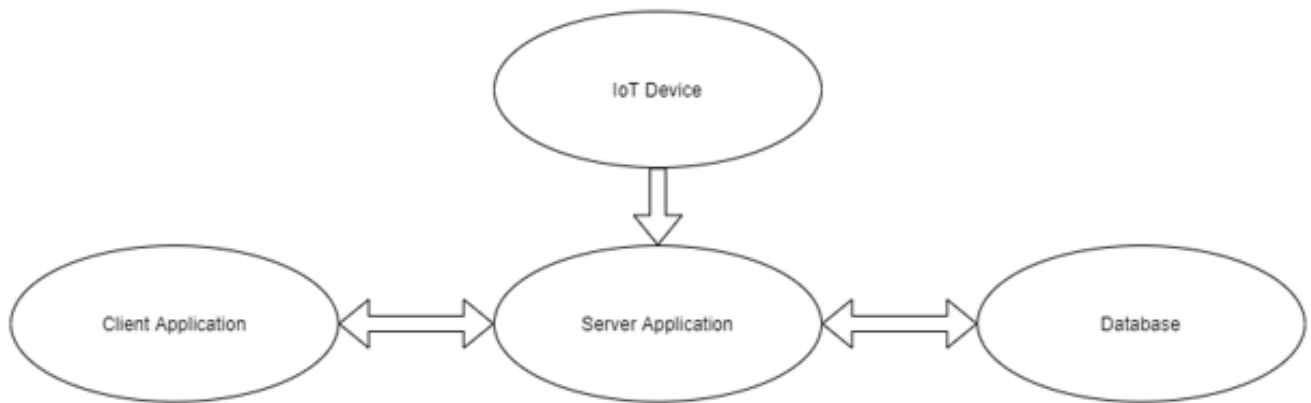


Рисунок 5.1 Загальна структура архітектури системи

Апаратна частина розташована на транспортному засобі(IoT Device) яка надсилає дані до сервер(Server Application) який в свою чергу записує дані у базу даних(Database) та обмінюється даними з клієнтською програмною частиною(Client Application).

5.1 Розробка структурної схеми системи

Для системи автоматизованого обліку пасажиропотоку, яка має на меті підраховувати одночасно декілька потоків пасажирів та напрямок їх руху, було розроблено архітектурну схему системи, що наведена у Додатку А.

Зображена архітектурна схема системи відповідає за наступні дії:

- облік кількості пасажирів;

- визначення руху пасажирів;
- передача даних до сервера;
- відстеження місцезнаходження транспорту;
- відслідковування положення дверей.

Структурна схема системи складається з наступних частин:

- мікроконтролера;
- модуля Wi-Fi;
- модуля GPS;
- блоку кінцевих перемикачів;
- блоку натискних пластин.

Мікроконтролер STM32F401CCU6 отримує сигнали від блоку натискних пластин, оброблює і формує пакет даних та надсилає данні на сервер для запису до бази даних.

Модуль Wi-Fi відповідає за надсилання пакетів даних за допомогою бездротової технологій передачі даних. Дані надсилають на сервер, написаний мовою програмування PHP, який в свою чергу надсилає команди та дані до бази даних. Зв'язаний з мікроконтролером двостороннім зв'язком за допомогою інтерфейсу UART. Отримує команди та дані від мікроконтролера та надсилає повідомлення у відповідь про підтвердження операції.

GPS модуль відповідає за відстеження транспортних засобів у реальному часі, та визначення координат місць зупинок транспорту. Відправка даних на мікроконтролер здійснюється щосекунди.

Роль блоку кінцевих перемикачів полягає у визначенні кінцевих положень дверей. У випадку якщо двері транспортного засобу відкриті здійснюється обробка вхідних сигналів натискних пластин.

Блок натискних пластин складається з матриці чотирьох пластин розміщених у два ряди. При нажаті пластини посилають сигнали до мікроконтролера який оброблює їх.

5.1.1 Архітектура системи

Для реалізації поставлених перед системою задач, а саме:

- підрахунку пасажирів у транспортному засобі;
- зберігання підрахованих даних на віддаленому сервері;
- надання механізму відображення даних користувачу.

Архітектуру розробленої системи було розбито на чотири взаємопов'язані групи виконавчих модулів:

а. група «Клієнтський застосунок»;

Група «Клієнтський застосунок» включає в себе: модуль користувацького інтерфейсу, модуль забезпечення безпеки системи, модуль обробки з серверу даних, модуль з'єднання з сервером, модуль виконання команд оператора.

б. Група «Пристроїв транспорту»;

Група «Пристроїв транспорту» включає в себе: групу сенсорів виявлення пасажирів, модуль обробки даних, модуль з'єднання з сервером.

в. Група «Сервер»;

Група «Сервер» включає в себе: модуль обробки даних, модуль безпеки даних, модуль надання програмного інтерфейсу для взаємодії, модуль для роботи з віддаленою базою даних.

г. Група «SQL сервер».

Група «SQL сервер» включає в себе: базу даних та модуль надання програмного інтерфейсу для взаємодії.

Всі модулі обробки даних представляють собою програмно-апаратні одиниці, основною задачею та метою є перетворення одних даних в інші, наприклад: сигнали з натискних пластин в поточну кількість пасажирів в транспортному засобі.

Модулі безпеки даних представляють собою програмну одиницю задачею якої є перевірка прав та рівнів доступу користувача до тієї чи іншої частини доступу.

Модулі з'єднання з сервером або з сервером баз даних реалізують механізми з'єднання та передачі даних між різними групами системи.

Модулі API(модулі програмного інтерфейсу) представляють собою уніфікований механізм для обміну даними різного формату між різними компонентами системи.

Модуль виконання команд оператора представляє собою програмну одиницю основною задачею якої є перетворення дій оператора на користувацькому інтерфейсі в уніфіковані системні команди або запити.

Модуль користувацького інтерфейсу представляє набір графічних вікон та елементів управління для надання шляху взаємодію оператора з системою в моделі зв'язку «людина-машина».

Архітектура системи наведена у Додатку Б.

5.1.2 Використання системи

Загалом в системі можна виділити наступні сценарії взаємодії між її компонентами та учасниками:

- а. пасажир – може виконати наступні дії: вхід або вихід з транспортного засобу;
- б. адміністратор – основною задачею являється перевірка статистичних даних кількості пасажирів на маршруті.

Для задоволення виконання даних дій з боку учасників система виконує наступний перелік дій з свого боку:

- підрахунок кількості пасажирів що ввійшли та вийшли з транспортного засобу;
- перерахунок та оновлення даних про кількість пасажирів в транспортному засобі на маршруті;
- виконання запитів до бази даних;
- відображення результатів оператору.

Для кращого розуміння взаємодії між компонентами та учасниками системи було створено та наведено діаграму використання у Додатку В.

5.2 Розробка апаратної частини

5.2.1 Розробка модулю

При розробці модулю було обрано мікроконтролер STM32F401CCU6. Модуль Wi-Fi та модуль GPS підключені по інтерфейсу UART. Для живлення від бортової системи транспортного засобу було використано стабілізатор напруги MIC5239-5.0YS-TR який перетворює напругу до 30 вольт в 5 вольт. Напруга 5 вольт потрібна для того щоб зменшити псування сигналу в довгих проводах які прямують до натискних пластин. Для живлення мікроконтролера та датчиків потрібна напруга в 3.3 вольт, для її формування було застосовано стабілізатор напруги AMS1117-3.3 йому на вхід можна подавати напругу до 18 вольт, його було застосовано в парі з MIC5239-5.0YS-TR через те що існують транспортні засоби бортова напруга яких сягає 24 вольт. Для підключення натискних пластин які при спрацюванні дають логічний сигнал 5 вольт та організації між ними та мікроконтролером гальванічної розв'язки було застосовано чотирну оптопару PC847, яка фактично собою являє чотири PC817. В даному випадку крім гальванічної розв'язку оптопара виконує роль конвертору рівнів.

Розроблена двостороння плата має розміри 150x200 міліметрів, такий розмір зумовлений великими габаритами пружинних клем, рисунок 5.2. Вибір саме таких клем здійснено завдяки простоті підключення контактів до них, та через їх властивість не послаблювати електричний контакт при впливі зовнішніх чинників, а саме вібрації. Для запобігання деформації плати через вплив зовнішніх чинників, було зроблено десять отворів діаметром 4 мм для наскрізного кріплення до рами або кузова транспортного засобу. Для запобігання пошкодження плати рекомендується використовувати гвинти-болти з композитними шайбами, рекомендований матеріал композиту – гума та метал.

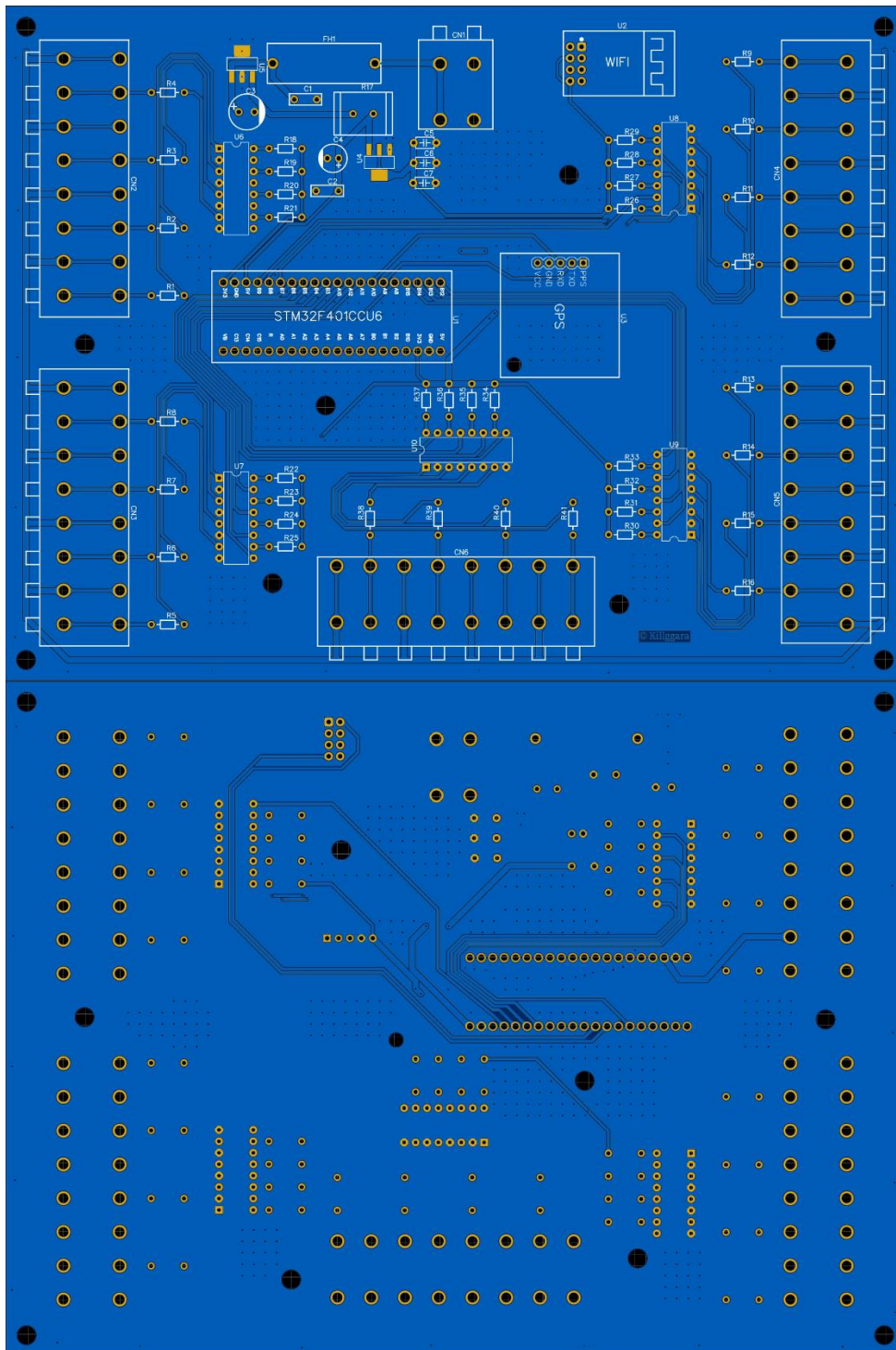


Рисунок 5.2 – Двостороння плата

На платі виконано логічне розподілення клем. Справа та зліва розміщено клемі для під'єднання натискних пластин, а знизу розміщено клему кінцевих перемикачів дверей, які відслідковують стан дверей. Зверху розташовано клемі живлення.

5.2.2 Розробка програмного забезпечення модулю

Для визначення руху у транспортному засобі використовується мікроконтролер, два ряди натискних пластин та розроблений алгоритм який виконує в собі наступні задачі:

- визначення напрямку руху пасажирів;
- визначення людей які вийшли з транспортного засобу минаючи перший ряд натискних пластин;
- визначення людей які не ввійшли у транспортний засіб натиснувши перший ряд натискних пластин.

Для забезпечення коректної роботи алгоритму визначення кількості пасажирів в транспортному засобі потрібно щоб, сигнали від натискних пластин послідовно надійшли до мікроконтролера.

У випадку коли мікроконтролер отримує два послідовних сигнали, спочатку від натискних пластин першого ряду, а потім від натискних пластин другого ряду, це свідчить про те що пасажир увійшов до транспортного засобу. В іншому випадку якщо черговість даних сигналів інвертна це свідчить про те що пасажир вийшов з транспортного засобу.

Також в цілях захисту програми є обробка виняткових випадків, а саме у разі отримання сигналу мікроконтролером лише від натискних пластин першого ряду, кількість пасажирів у транспортному засобі не буде змінена, а дана дія буде класифікуватися як «Пасажир передумав». У разі якщо мікроконтролер отримує сигнал від другого ряду натискних пластин без наступного за ним сигналу першого ряду натискних пластин це класифікується мікроконтролером як стан системи «Пасажир покинув транспорт».

У заключному етапі алгоритму, залежності від поточного розрахованого стану системи та кількості пасажирів мікроконтролер створює пакет даних та надсилає його на сервер.

Блок схема даного алгоритму наведена у Додатку Г.

Для визначення стану дверей у транспортному засобі використовується блок кінцевих перемикачів який представляє собою кнопку.

У випадку якщо двері відкриті, мікроконтролер оброблює сигнали які поступають з натискних пластин. Для визначення стану дверей та перевірки справності системи було розроблено алгоритм, який виконує наступні задачі:

- Перевірка чи транспортний засіб зупинився;
- Перевірка чи транспортний засіб;
- Визначення стану датчика відкриття дверей;
- Надсилання даних про стан системи;
- Облік пасажирів.

Для коректної роботи алгоритму потрібно, щоб транспортний засіб зупинився, а саме зупинився на зупинці. Перевірка чи зупинився транспортний засіб на завчасно визначеній зупинці, здійснюється завдяки порівнянню координат транспортного засобу та координат транспортної зупинки з деякою неточністю на стороні серверу.

При виконанні цих двох умов, згідно алгоритму відбувається перевірка стану дверей транспортного засобу. У випадку, якщо стан дверей «Відкриті», то мікроконтролер виконує обробку сигналів які поступають від натискних пластин згідно алгоритму «Облік кількості пасажирів». Якщо двері залишаються у стані «Закриті», алгоритм робить перевірку чи поступають сигнали від натискних пластин до мікроконтролера, якщо натискні пластини використовуються це свідчить про те, що модуль стану дверей є несправним, згідно цього мікроконтролер формує повідомлення про поломку системи та надсилає звіт на сервер. Якщо пластини не активні, алгоритм починає заново перевірку чи транспортний засіб зупинився.

У випадку якщо транспортний засіб зупинився не біля зупинки, то мікроконтролер оновлює дані про стан транспорту, створює пакет даних та надсилає на сервер.

Робота алгоритму наведена у Додатку Д.

Для коректної відправки пакетів даних мікроконтролером на сервер, було розроблено алгоритм перевірки відправки та отримання даних з серверу.

Для відправки даних на сервер, мікроконтролер оброблює сигнали з натискних пластин та перетворює їх в поточну кількість пасажирів у транспортному засобі. З цих даних мікроконтролер формує пакет даних, та підготовлює його до відправки. Спершу мікроконтролер намагається встановити зв'язок з сервером, якщо з'єднання відсутнє відбувається процедура повторного з'єднання. У випадку якщо з'єднання з сервером встановлене, мікроконтролер через модем Wi-Fi, який під'єднаний через інтерфейс UART, надсилає дані по бездротовій технології передачі даних на сервер. Для гарантування доставки повідомлень у цілісному вигляді, мікроконтролер здійснює відправку пакетів даних на сервер, якщо є сумніви що до цілісності доставлених даних, мікроконтролер повторно надсилає дані на сервер.

Для отримання даних з сервера, які будуть відображатися у графічному інтерфейсі користувача, алгоритм працює подібним чином: після отримання команд від користувача, клієнтський застосунок встановлює з'єднання з сервером, у випадку якщо з'єднання відсутнє, повторює процедуру підключення до серверу. Після встановлення зв'язку між сервером та клієнтським застосунком, сервер отримує команди через API, які дані потрібно вивести. Формує пакет даних та надсилає у клієнтський застосунок, де дані відображаються у графічному інтерфейсі.

Блок схема алгоритму наведена у Додатку Е.

5.3 Розробка бази даних

Для роботи системи потрібно зберігати такі дані:

- серійний номер транспортного засобу;
- реєстраційний номер транспортного засобу;
- назву маршруту;
- номер маршруту;
- назву зупинки;
- координати зупинки;
- координати де запинився транспортний засіб;
- кількість пасажирів в транспортному засобі;

- кількість пасажирів які ввійшли у транспортний засіб;
- кількість пасажирів які вийшли з транспортного засобу;
- дату та час.

Оскільки присутній досить великий об'єм інформації, яку потрібно зберігати, було вирішено створити базу даних, та розбити дані по різних таблицях.

База даних включає в себе п'ять таблиць ER діаграма яких зображена у Додатку Ж.

Перша таблиця «transport» зберігає дані про транспортний засіб а саме: серійний номер, та реєстраційний знак транспортного засобу. Її структура представлена у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Структура таблиця «transport»

Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ
idtransport	INT	–	Первинний
Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ
vin	VARCHAR(45)	Зберігає номер кузова	
trasportplate	VARCHAR(45)	Зберігає реєстраційний номер	

У таблиці «route» зберігаються дані про маршрут, його початкова-кінцева зупинка та номер маршруту. Її структура представлена у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Структура таблиця «route»

Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ
idroute	INT	–	Первинний
route_name	VARCHAR(255)	Зберігає назву маршруту	
route_number	INT	Зберігає номер маршруту	

У таблиці «transport_stop» зберігаються дані про назву зупинку де зупинився транспортний засіб та координати довготи та широти. Її структура представлена у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Структура таблиця «transport_stop»

Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ
idtransport_stop	INT	–	Первинний
stopname	VARCHAR(45)	Зберігає назву зупинки	
latitude	DOUBLE	Зберігає координати довгота	
longtitude	DOUBLE	Зберігає координати широти	

Таблиця «transport_route» зв'язаний з двома таблиця «transport» та «route», яка являється собою таблицю котра зв'язую їх разом з використанням зв'язку багато до одного. Її структура представлена у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Структура таблиця «transport_route»

Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ
idtransportroute	INT	–	Первинний
transport_idtransport	INT	–	Зовнішній
route_idroute	INT	–	Зовнішній

Таблиця «route_stop» зберігає дані назви зупинок на маршруті та її координати. Також являється таблицею яка зв'язую таблицю «route» та «transport_stop» з використанням зв'язку багато до одного. Її структура представлена у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Структура таблиця «route_stop»

Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ
idroutestop	INT	–	Первинний

routestopname	VARCHAR(255)	Зберігає назву зупинок	
latitude	DOUBLE	Зберігає координати довгота	
longitude	DOUBLE	Зберігає координати широти	
route_idroute	INT	–	Зовнішній
transport_stop_idtransport_stop	INT	–	Зовнішній

Таблиця «passengers» зберігає такі дані:

- пасажирів які ввійшли;
- пасажирів які вийшли;
- дату та час;
- кількість пасажирів які знаходять в ТЗ.

Таблиця зв'язана з таблицями «route_stop» та «transport_route» з використанням зв'язку багато до одного. Структура таблиці «passengers» представлена у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Структура таблиця «passengers»

Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ
idpassengers	INT	–	Первинний
passengersin	INT	Зберігає к-сть пасажирів які ввійшли	
Стовпець	Тип даних	Опис	Ключ

passengersout	INT	Зберігає к-сть пасажирів які вийшли	
passengersinside	INT	Зберігає к-сть пасажирів в ТЗ	
time	DATETIME	Зберігає дату та час	
transport_route_idtransportroute	INT	–	Зовнішній
route_stop_idroutestop	INT	–	Зовнішній

5.4 Клієнтська програма

Вікна програми надано у Додатку И. При запуску програми відкривається вікно яке складається з меню зверху програми, області виводу таблиць бази даних, та кнопок.

Меню зображено на рисунку 5.3.

File Tools About

Рисунок 5.3 – Меню програми

Область виводу бази даних зображено на рисунку 5.4.

	idtransport	vin	transportplate
▶	1	2DRF34VUDH21...	AA2356BP
	2	4HBS54BHTD98...	AA7777BP
*			

Рисунок 5.4 – Область виводу БД

Кнопки зображено на рисунку 5.5.



Рисунок 5.5 – Кнопки програми

При натисненні кнопки «Видалити ТЗ» відкривається нове вікно, рисунок 5.6. Воно включає в себе поле в яке потрібно вписати інформацію про транспортний засіб який потрібно видалити та дві кнопки «Видалити» та «Скасувати».

При натисненні кнопки «Статистика» відображається вікно в якому наведенні додаткові дані про транспортний засіб.

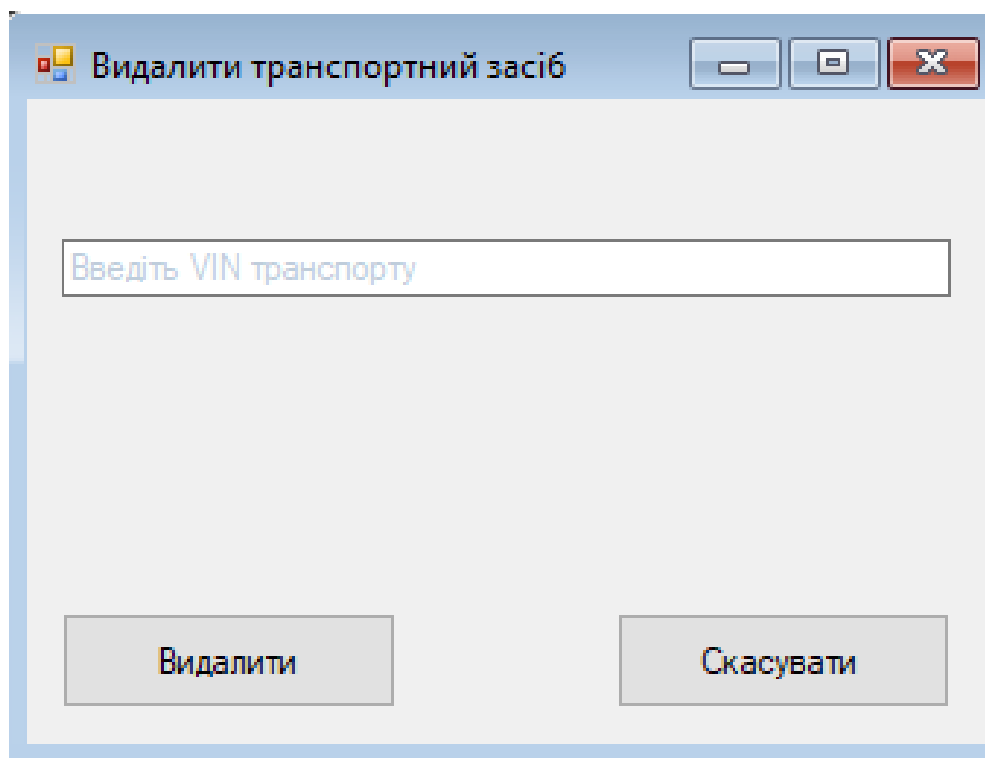


Рисунок 5.6 – Вікно видалення ТЗ

5.4 Висновок до розділу

Розроблено структурну схему та архітектуру системи автоматичного обліку пасажиропотоку у громадському транспорті.

Було спроектовано двосторонню плату на базі мікроконтролера STM32F401CCU6, яка призначена для монтажу на борту транспортному засобу.

Для безперебійної роботи системи було розроблено алгоритм перевірки датчиків на роботопридатність. Розроблено алгоритм визначення руху пасажирів у транспортному засобі, та алгоритм передачі та отримання даних з серверу.

Для збереження всіх даних було створено базу даних на мові програмування MySQL. Програмний додаток має мінімалістичний інтерфейс, але попри це має всю необхідну функціональність для роботи з базою даних.

6 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

6.1 Опис ідеї проекту

Проект – автоматизована система обліку пасажиропотоку в громадському транспорті. Опис стартап-проекту наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки використання	Вигоди до користувача
Автоматизована система обліку пасажиропотоку в громадському транспорті	Встановлення системи у громадському транспорті	Збирання статистичних даних про пасажиропотік на маршрутах громадського транспорту. Збільшення прибутку транспортної компанії. Покращення комфорту користування громадським транспортом

Техніко-економічні переваги стартап-проекту:

- автоматичний облік пасажиропотоку;
- низька вартість продукту;
- простота монтажу;
- модульна заміна;
- визначення напрямку руху пасажирів.

У таблиці 6.2 наведено порівняння стартапу з готовими системи конкурентів

Таблиця 6.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари/концепції конкурентів				W	N	S
		Мій проект	«Сходинка»	DA-400	GPSM Pass-track			
1.	Автоматичний облік пасажиропотоку	Має	Має	Має	Має	+		
2.	Визначення напрямку руху пасажирів	Має	Немає	Має	Має		+	
3.	Простота монтажу	Має	Немає	Немає	Немає			+
4	Ціна продукту	Низька	Середня	Дорога	Дорога			+
5	Модульна заміна елементів системи	+	+	-	-		+	

6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

У таблиці 6.3 представлено опис технології реалізації, їх доступності та наявності цих технологій для стартап-проекту.

Таблиця 6.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Керування системою та облік пасажирів	Мікроконтролер	Наявна	Доступна
2	Визначення координат транспорту	GPS модуль	Наявна	Доступна
3	Бездротове передавання даних на сервер	Wi-Fi модуль	Наявна	Доступна

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
4	Активність системи при відкритих дверях транспорту	Датчик контролю відкриття дверей	Наявна	Доступна
5	Визначення руху пасажирів ввійшов/вийшов	Мікроконтролер	Наявна	Доступна
6	Зменшення ціни монтажу	Болти, шурупи, стяжки	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: є можливою.				

Усі технології реалізації ідей проекту являються доступними для використання, завдяки чому можна створити систему.

6.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У таблиці 6.4 наведено попередню характеристику ринку.

Таблиця 6.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	10000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер об-межень)	Конкуренція
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Сертифікація електротехнічної безпеки

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	15 %

Провівши оцінку ринку можна сказати що ринок є сприятливим для входу.

У таблиці 6.5 наведено потенційні групи клієнтів які зацікавленні в стартап-проекті.

Таблиця 6.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Автоматичний підрахунок пасажиропотоку	Державні або приватні компанії громадських перевезень	Пошук рішення з найбільшою точністю підрахунку	– надійність; – ціна системи; – точність обліку.
2	Потреба у модульній заміні елементів системи	Державні або приватні компанії громадських перевезень	Пошук рішення які підтримують модульну заміну елементів	– легка заміна; – надійність; – ціна пристрою; – простота налаштування.
3	Визначення напрямку руху пасажирів	Державні або приватні компанії	Використання датчиків з необхідною функціональністю	- точність - ціна пристрою

При ринковому впровадженні існують фактори загроз які описанні в таблиці 6.6 у порядку зменшення їх значущості.

Таблиця 6.6 – Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зростання конкуренції	Поява нових компаній які випускають подібний за функціональністю продукт	– зниження ціни товару; – покращення моделі або створення нової.
2	Зниження продажів	Різде зниження придбання продукту	Добавлення нової функціональності для покращення продукту
3	Збільшення вартості комплектуючих елементів системи	Ринок цін на комплектуючі змінюється в залежності від зовнішніх чинників	Закупка інших комплектуючих

У таблиці 6.7 описані фактори можливостей стартап-проекту

Таблиця 6.7 – Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Підтримка інвесторів	Отримання фінансової підтримки	Розширення виробництва
2	Збільшення популярності продукту	Залучення нових клієнтів	Збільшення виробничих потужностей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
3	Зниження цін на комплектуючі.	Зменшення витрат на виробництво.	Модернізація пристрою з залишенням минулої ціни. Зниження цін.

Після цього проведемо ступеневий аналіз конкуренції ринку, який наведено у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції – чиста конкуренція.	Конкуренція на рівних засадах	Розроблення нової системи
2. Рівень конкурентної боротьби – міжнародна.	Конкуренція продуктів на світовому ринку	Замовлення реклами
3. Галузева ознака – внутрішньогалузева	Актуальне лише в транспортній галузі	Добавлення функціональності системі
4. Конкуренція за видами товарів – товарно-родова.	Конкуренція між приладами приладами схожої роботи але з іншими деталями та технологіями	Модернізація системи
5. Характер конкурентних переваг – цінова.	Клієнти звертають увагу спочатку на ціну а потім на функціональність	Визначення потреб покупців

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
6. Інтенсивність – не марочна	Покупці не звертають уваги під яким брендом продається товар	Розробка надійної системи з хорошою функціональністю

Тип конкуренції було обрано чистою конкуренцією, де всі знаходяться на рівних умовах. Галузь продукту підпадає під внутрішньогалузеву ознаку, тобто у продукті зацікавлена лише одна галузь.

Аналіз конкуренції за М. Портером наведено в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Система «Сходінка» DA-400 GPSM-Passtrack	Компанія яка розробить систему схожу за функціональністю	Від постачальника залежить стабільність поставок деталей для системи	Всі транспортні компанії громадського перевезення	Товар зроблений іншими компаніями
Висновки	Інтенсивність конкурентної боротьби є середня	Можуть виникнути в будь-який момент	Постачальники надають перевагу більш масовим замовникам	Клієнт диктує умови функціональності системи	Зниження продажів продукту

При аналізі конкуренції за М. Портером що найбільшими проблемами на ринку є постачальники та товари замітники, однак ситуація не є критичною, так як ведеться конкуренти нав'язують не інтенсивну боротьбу. Виникнення нових конкурентів не можна передбачити, але оскільки продукт популярний на ринку, все більше компанії будуть розроблювати альтернативні системи. Оскільки розробка системи цілком залежить від наявності деталей, то постачальник має великі важелі впливу на компанію.

У таблиці 6.10 наведено фактори конкурентоспроможності

Таблиця 6.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування факторів
1	Простий монтаж	За короткий проміжок часу дозволяє встановити систему на транспортний засіб
2	Ціна продукту	Ціна продукту набагато нижча ніж в конкурентів
3	Модульна заміна елементів системи	Апаратна частина системи складається з окремих модулів, до яких є швидкий доступ для заміни.

У таблиці 6.11 наведені результати аналізу сильних та слабких сторін проекту.

Таблиця 6.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «RMPCS-300»

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів порівняно з проектом							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Простий монтаж	10	GPSM Pass-track		«Сходінка»	DA-400				

№	Фактор конкуренто-спроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів порівняно з проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
2	Ціна продукту	12	DA-400 «Сходінка»		GPSP Pass-track				
3	Модульна заміна	13	DA-400 GPSP Pass-track		«Сходінка»				
4	Визначення напрямку руху пасажирів	7	«Сходінка»					GPSP Pass-track	DA-400

У таблиці 6.12 представлений SWOT-аналіз стартап-проекту який оснований на таблиці 6.11.

Таблиця 6.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - простий монтаж - модульна заміна елементів системи - ціна продукту 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - залежність від поставок товарів
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вихід на міжнародний ринок - інвестиції 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - не популярність продукту - фальсифікації з боку конкурентів - збій датчиків

У таблиці 6.13 на основі попередньої таблиці наведені альтернативи ринкового впровадження.

№	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Проведення демонстраційних конференцій	60%	1 рік
2	Кооперація з іншим компаніями	30%	1 рік

Слід обрати першу альтернативу, вона має найкращий відсоток отримання ресурсів.

6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для розробки ринкової стратегії потрібно визначити цільові групи потенційних клієнтів, дані описані у таблиці 6.14

Таблиця 6.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Комунальне підприємство	Низька	Середня	Середня	Низька
2	Приватні перевізники	Висока	Висока	Середня	Висока

Серед двох цільових груп виберемо саме приватного перевізника, так як це набагато простіший метод просування системи.

Для вибраного сегменту ринку створено базову стратегію ринку, таблиця 6.15.

Таблиця 6.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Модульна архітектура системи	Малий сегмент ринку	Унікальна функціональність системи	Стратегія спеціалізації

Для нашої системи було обрано альтернативу розвитку, а саме модульність архітектури системи. Дана альтернатива розрахована на малий сегмент ринку, заснована на стратегії спеціалізації. Ключовим моментом даного розвитку є унікальна функціональність системи.

Вибрану стратегію конкурентної поведінки наведено у таблиці 6.16.

Таблиця 6.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№	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	Не є «першопрохідцем»	Переманювання клієнтів від у конкурентів	Статичні дані про координати транспортних засобів	Стратегія наслідування лідера

У таблиці 6.17 наведено стратегію позиціонування

Таблиця 6.17 – Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока точність обліку пасажиропотоку	Стратегія спеціалізації	Стратегія наслідування лідера	Збільшення прибутку, великий спектр статистичних даних, покращення комфорту перевезень

Для стартап проекту було розроблено систему поведінки стартап-проекту на ринку та обрано стратегії позиціонування, розвитку та конкурентної поведінки.

6.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

У таблиці 6.18 описано ключові переваги товару.

Таблиця 6.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Потреба в статистичних даних кількості пасажирів	Автоматичний облік пасажиропотоку	Дані про кількість пасажирів які ввійшли чи вийшли з транспортного засобу
2	Заміни елементів системи	Модульна архітектура системи	Швидка заміна елементів які вийшли з ладу

Трирівнева маркетингова модель наведена у таблиці 6.19.

Таблиця 6.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматичне система обліку пасажиропотоку		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
		М	Вр
	Точність обліку	М	Тл
	Низька вартість	Нм	Вр
	Простота встановлення	М	Тх
	Якість: сертифікація електротехнічної безпеки		
	Пакування в коробці		
	Марка: RMPCS-300		
	До продажу: допомога при виборі		

III. Товар із підкріпленням	Після продажу: встановлення, налаштування
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: унеможливлення доступу до апаратної та програмної частин	

Продукту було дану назву а саме RMPCS-300. Для продукту визначено властивості та до кожної з них визначено характеристику.

Визначено які послуги буде надавати компанія клієнтам перед продажом та після продажу продукту.

Наступні дії зв'язані з аналізом цінових меж системи для визначення ціни власної системи, таблиця 6.20

Таблиця 6.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
20000+ грн	20000+ грн	1000000+ грн.	10000 – 15000 грн

Для успішного продажу товару було визначено канали збуту по яким буде продаватися продукт, таблиця 6.21.

Таблиця 6.21 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Покупка в магазинах	Служба доставки	Глибока	Посередники
Покупка через інтернет	Запакування, відправлення.	Мінімальна	Власні сили

Одним з важливих складових розробки маркетингової програми є вибір концепції маркетингових комунікацій, таблиця 6.22.

Таблиця 6.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Люди які слідкують за продуктами у інтернеті	Соціальні мережі, мережа інтернет, радіо-передачі, теле-реклама	Точність обліку Низька вартість Простота встановлення	Висвітли переваги продукту над альтернативними продуктами	Діалог двох перевізників про переваги продукту

6.6 Висновок до розділу

Було проведено аналіз продукту автоматизованої системи обліку пасажиропотоку в громадському транспорті під назвою RMPCS-300. Порівняння продукту з уже готовими системами показав що система за декількома критеріями краща аніж у конкурентів, при схожій функціональності.

Спершу було визначено ідею проекту. Визначили його слабкі та сильні сторони. Одним з головних етапів при розробці стартап-проекту являється визначення цільової аудиторії, та її вимоги. При правильному виборі якої буде легший поріг входження на ринок.

У випадку якщо система не буде продаватися на ринку на основних засадах розвитку, було обрано альтернативний шлях який націлений на малий сегмент ринку та його властивостям.

Ціна продукту була обумовлена після вивчення цінових меж конкурентів та прибутку транспортних компаній які займаються перевезенням пасажирів.

За результатами аналізу ринку можна зробити висновки що продукт автоматизованої системи обліку пасажиропотоку RMPCS-300 має сприятливі умови виходу на ринок як національний так і міжнародний. Продукт націлений на цільову групу приватних перевізників та задовольняє їх вимоги системи. Головними загрозами продукту являються конкуренти, зниження популярності продукту та збільшення цін на комплектуючі системи. Канали збуту будуть реалізовані через інтернет магазин та у партнерських магазинах.

ВИСНОВОК

У ході магістерської роботи було розроблено систему автоматичного підрахунку людей у громадському транспорті. Дана система надає всі необхідні статистичні дані транспортним компаніям для аналізу транспортної мережі. Для системи було визначенні вимоги потрібної функціональності яка повинна бути реалізована у ході розробки.

У ході розробки систему було розділено на два компонента: програмну та апаратну частину. Програмний компонент у свою чергу розділяється на серверну та клієнтську частини.

При розробці апаратної частини було обрано плату розробника на базі мікроконтролера STM32F401 яка відповідає технічним характеристикам потрібних для створення системи. Для вирішення проблеми передачі даних про координати місця знаходження транспортного засобу потрібно використати модулі GPS та Wi-Fi. Для розробленої системи було обрано модуль GPS NEO-6M Міні SMA, який здатний вимірювати точність положення транспортного засобу до 2,5 метрів. В якості модуля Wi-Fi було обрано модуль ESP-01S що побудований на базі мікроконтролера ESP8266EX. Для програмної апаратної частини було обрано мову програмування C.

Програмний комплекс складається з клієнтської програми моніторингу статистичних даних, серверу який приймає дані з апаратного комплексу та записує у базу даних. Клієнтська програма написана на мові програмування C# з використанням фреймворку .Net. Для написання серверної частини було обрано мову програмування PHP, а база даних написана з використанням СУБД MySQL.

У заключній частині магістерської дисертації було створено стартап проект, та проаналізовано потребу продукту на ринку та можливості його виходу на національний та міжнародний ринок. У ході аналізу стало зрозуміло що продукт є популярним на ринку транспортних громадських перевезень не лише в Україні, а й у всьому світі. Продукт у порівнянні з уже готовими системами має декілька переваг які полегшають входження у ринок.

Автоматизована система підрахунку пасажирів була розроблена з мінімальною функціональністю якої достатньо для користування. Однак попри це система має хороший потенціал для розвитку. Додавання нових методів обліку, інструментів для полегшення статистичного аналізу та інтерактивної карти може зробити дану систему одним із головних конкурентів уже існуючим системам.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Система управління пасажироперевізками «Автокондуктор» – URL: <https://xn--80aaa1bc10aak.xn--p1ai/wp-content/uploads/2018/09/Kommercheskoe-predlozhenie-Avtokonduktor1.pdf>
2. Система підрахунку пасажирів GPSM Pass-track – URL: <https://gpsm.ua/ua/sistema-podschjota-passazhirov-gpsm-pass-track/>
3. Система автоматичного підрахунку пасажирів GPSM Clever Scan – URL: <https://gpsm.ua/ua/sistema-avtomaticheskogo-podscheta-passazhirov-gpsm-clever-scan/>
4. Automatic Passenger Counting Solutions - INFODEV EDI inc – URL: <https://www.infodev.ca/products/gateway-series/>
5. Датчик підрахунку пасажиропотоку IRMA Matrix – URL: <https://transcontrol.com.ua/oborudovanie-gps/gps-glonass-sat-aksessuary/prochie-datchiki-identifikatory-i-aksessuary/irma-matrix.html>
6. Automatic passenger counting systems for public transport – URL: <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/3116/automatic-passenger-counting-systems-for-public-transport/>
7. Rachel H. Passenger Counting and Service Monitoring: A Worldwide Survey of Transportation Agency Practices - MTA New York City Transit, 2003. – 136 с.
8. Bus Passenger Counter facial recognition camera – URL: https://www.alibaba.com/product-detail/New-automatic-People-Counter-Bus-Passenger_1600267652180.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.5592547cp8TrjA
9. Price of pressure-sensitive mats – URL: https://www.ebay.com/sch/i.html?_nkw=Pressure-sensitive%20Mats&mkevt=1&siteid=1&mkcid=2&mkrid=711-153320-877673-6&source_name=google&mktype=dsa&campaignid=9475911508&groupid=104395799244&crp=442472939425&keyword=&targeted=dsa-903809781974&MT_ID=&adpos=&device=c&googleloc=9061015&geo_id=209&gclid=

Cj0KCQIA47GNBhDrARIsAKfZ2rC2038bA7HZJCHWIOIOJIXdbTnLgXiwp2OkFXE8
U7VKy_stOtiYTBAAAs8yEALw_wcB

10. Price of infrared sensors – URL:
[https://www.alibaba.com/showroom/infrared+sensor.html?fsb=y&IndexArea=product_en
&CatId=&SearchText=infrared+sensor&isGalleryList=G](https://www.alibaba.com/showroom/infrared+sensor.html?fsb=y&IndexArea=product_en&CatId=&SearchText=infrared+sensor&isGalleryList=G)

11. Price of bus validation – URL:
https://www.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative_id=SB_20211211142527&SearchText=bus+validators

12. Framework .NET – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/.NET>

13. Entity Framework – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Entity_Framework

14. Windows Presentation Foundation – URL:
https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Presentation_Foundation

15. Windows Forms – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Forms

16. Choose a UWP version - UWP applications – URL:
<https://docs.microsoft.com/en-us/windows/uwp/updates-and-versions/choose-a-uwp-version>

17. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database –
URL: <https://www.postgresql.org/>

18. Data sheet NEO-6 u-blox 6 GPS Modules. Version 3 грудень 2011 року С. 1-
21 – URL: https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf.

19. Модуль GPS NEO-6M Mini SMA – URL: <https://arduino.ua/prod4091-modyl-gps-neo-6m-mini-sma>

20. Data sheet ESP8266EX. Version 6.6. грудень 2020 року – URL:
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0aesp8266ex_datasheet_en.pdf.

21. Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01S – URL: <https://arduino.ua/prod2892-esp-01s-wi-fi-modyl-esp8266>

22. Data sheet STM32F446xC/E Version 10 January 2021 – URL:
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f446re.pdf>

23. Data sheet STM32H755xI Version 1 May 2019 – URL:
<https://www.compel.ru/item-pdf/e9302b414fd21018088bc84c4015e71f/ps/st~stm32h755.pdf>
24. Data sheet STM32F103x, 8STM32F103xB Version 17 August 2015 – URL:
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>
25. Data sheet STM32F401xB STM32F401xC Version 11 April 2019 – URL:
https://www.st.com/resource/en/reference_manual/dm00096844-stm32f401xb-c-and-stm32f401xd-e-advanced-arm-based-32-bit-mcus-stmicroelectronics.pdf
26. Data sheet nRF52832 Product Specification v1.4 Version 10 October 2017 – URL:
https://infocenter.nordicsemi.com/pdf/nRF52832_PS_v1.4.pdf
27. STM32F446RET6 Price & Stock – URL:
<https://www.digipart.com/part/STM32F446RET6>
28. STM32 H755ZIT6U Price & Stock – URL:
<https://www.digipart.com/part/STM32%20H755ZIT6U>
29. STM32F103C8T6 Stock – URL:
<https://www.digikey.com/en/products/detail/stmicroelectronics/STM32F103C8T6/1646338>
30. STM32F401CCU6 цена и запасы – URL:
https://www.findchips.com/search/STM32F401CCU6?gclid=Cj0KCQiA2NaNBhDvARIsAEw55hgSA69O_vbh6Lkfw21Mc9mggRjvJinuOzYOgOfAz57KGHxY8KWT3b0aAmi5EALw_wcB
31. nRF52832 цена и запасы – URL:
https://www.findchips.com/search/nRF52832?gclid=Cj0KCQiA2NaNBhDvARIsAEw55hjT_4RTmJrYiP9RUfy9kHgIRln30HiyiL66PqqM9zpogiwDnUPQ7zcaAoeJEALw_wcB
32. Датчик подсчета пассажиров: зачем нужен и как работает – URL:
<https://mapon.com.ua/datchik-podscheta-passazhirov-zachem-nuzhen-i-kak-rabotaet/>
33. 20 Benefits of Passenger Counters in Public Transportation работает – URL:
<https://v-count.com/20-benefits-of-passenger-counters-in-public-transportation/>

34. Passenger Counting: The Benefits of Automated Passenger Counting Systems (APC) – URL: <https://v-count.com/passenger-counting-8-benefits-of-automated-passenger-counting-systems-for-transportation/>
35. The Various People Counting Methods In Public Transport – URL: <https://www.iunera.com/kraken/public-transport/people-counting-in-public-transport/>
36. Підрахунок пасажирів | НВКП Спаринг-Віст – URL: <http://spring-vist.ua/pidrahunok-pasazhyriv>
37. Подсчёт пассажиропотока – URL: <https://www.euromobile.ru/solutions/transport/podschyot-passazhiropotoka/>
38. Automated Passenger Counting – URL: <https://www.retailsensing.com/automated-passenger-counting.html>
39. Advantages and Disadvantages of C++ | Make your Next Move! – URL: <https://data-flair.training/blogs/advantages-and-disadvantages-of-cpp/>
40. Порівняння мов програмування – URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B2_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F
41. The Good and the Bad of C# Programming – URL: <https://www.altexsoft.com/blog/c-sharp-pros-and-cons/>
42. Introduction to C# – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-c-sharp/>
43. A tour of the C# language – URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/tour-of-csharp/>
44. Java vs C# – 10 Key Differences between Java and C# – URL: <https://www.guru99.com/java-vs-c-sharp-key-difference.html>
45. PROS AND CONS OF PROGRAMMING LANGUAGES – URL: <https://www.chubbydeveloper.com/pros-and-cons-of-programming-languages/>
46. What is C Programming Language? Basics, Introduction, History – URL: <https://www.guru99.com/c-programming-language.html>

47. Advantages and Disadvantages of C Programming – Discover the Secrets of C – URL: <https://data-flair.training/blogs/advantages-and-disadvantages-of-c/>
48. Python Advantages and Disadvantages – Step in the right direction – URL: <https://techvidvan.com/tutorials/python-advantages-and-disadvantages/>
49. What is PHP? The PHP Programming Language Meaning Explained – URL: <https://www.freecodecamp.org/news/what-is-php-the-php-programming-language-meaning-explained/>
50. PHP Introduction – URL: https://www.tutorialspoint.com/php/php_introduction.htm
51. PHP Advantages and Disadvantages | What is PHP Language? Merits and Demerits of PHP – URL: <https://www.aplustopper.com/php-advantages-and-disadvantages/>
52. What is Java? Definition, Meaning & Features of Java Platforms – URL: <https://www.guru99.com/java-platform.html>
53. Java Overview – URL: https://www.tutorialspoint.com/java/java_overview.htm
54. Pros and Cons of Java | Advantages and Disadvantages of Java – URL: <https://data-flair.training/blogs/pros-and-cons-of-java/>
55. Advantages and Disadvantages of Java – URL: <https://techvidvan.com/tutorials/pros-and-cons-of-java/>
56. About JavaScript What is JavaScript? – URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/About_JavaScript
57. The Advantages and Disadvantages of JavaScript – URL: <https://www.freecodecamp.org/news/the-advantages-and-disadvantages-of-javascript/>
58. .NET Core Overview – URL: <https://www.tutorialsteacher.com/core/dotnet-core>
59. Entity Framework Core – URL: <https://www.entityframeworktutorial.net/efcore/entity-framework-core.aspx>
60. Введение в WPF Особенности платформы WPF – URL: <https://metanit.com/sharp/wpf/1.php>
61. WinForms – URL: <https://www.mono-project.com/docs/gui/winforms/>

62. Windows Forms: Современная модель программирования для создания GUI приложений – URL: <http://www.codenet.ru/progr/cpp/winforms.php>
63. Разработка приложений для универсальной платформы Windows (UWP) – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/cross-platform/develop-apps-for-the-universal-windows-platform-uwp?view=vs-2022>
64. SQLite Advantages – URL: <https://www.javatpoint.com/sqlite-advantages-and-disadvantages>
65. SQLite – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/SQLite>
66. MySQL Advantages and Disadvantages – URL: <https://www.techstrikers.com/MySQL/advantages-and-disadvantages-of-mysql.php>
67. MySQL – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/MySQL>
68. Лучшие IDE для разработки на C# – URL: https://gb.ru/posts/c_sharp_ides
69. C# Vs C++ And C# Vs Java – Explore The Key Differences – URL: <https://www.softwaretestinghelp.com/csharp-vs-cpp-vs-java/>
70. C# vs. C++: Which Language is Right for Your Software Project? – URL: <https://www.upwork.com/resources/c-sharp-vs-c-plus-plus>
71. Similarities and difference with C# and Other Languages – URL: <https://www.c-sharpcorner.com/article/similarities-and-difference-with-C-Sharp-and-other-languages/>