НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АТОМНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ
кафедра ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ

“На правах рукопису”
УДК _____

“До захисту допущено”
Завідувач кафедри
_____ **Наталія АУШЕВА**
“__” _____ 2023 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеню магістра
за освітньо-професійною програмою
“Цифрові технології в енергетиці”
зі спеціальності 122 *“Комп’ютерні науки”*
на тему: Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання

Виконав: студент 2-го курсу, групи ТР-з21мп
Головачук Станіслав Васильович _____
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доц., к.т.н., доц. Кублій Лариса Іванівна _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Засвідчую, що в цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ — 2023

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Факультет Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра цифрових технологій в енергетиці

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”

освітня програма “Цифрові технології в енергетиці”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
_____ Наталія АУШЕВА
“__” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Головачуку Станіславу Васильовичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання”

керівник роботи к.т.н., доц. Кублій Лариса Іванівна
(прізвище, ім’я, по батькові науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від ”___” _____ 2023р. № _____

2. Термін подання студентом роботи _____

3. Об’єкт дослідження: методи машинного навчання, запрограмовані на прогнозування кількості викидів вуглекислого газу довільним автомобілем з відомими характеристиками протягом певної довжини рейсу.

4. Вихідні дані до роботи: мова програмування Java, мова програмування Python, фреймворк Spring, платформа JDK.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати можливі аналоги при виборі набору технологій, провести дослідження предметної області, розробити модель машинного навчання у сфері прогнозування викидів вуглекислого газу довільним автомобілем, розробити веб-систему “Визначення рівня викидів CO_2

автомобільних рейсів", створити веб-інтерфейс користувача, виконати тестування розробленого програмного продукту.

5. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: діаграми прецедентів, діаграми класів, діаграма бази даних, скриншоти інтерфейсу програми, таблиці й рисунки.

6. Орієнтований перелік публікацій:

1. Головачук С.В. Кублій Л.І. Використання машинного навчання для визначення рівня викидів вуглекислого газу автомобільних рейсів. Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики. У 2-х т. : Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів, м. Київ, 25-28 квітня 2023 р. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка", 2023. Т. 2. С. 208-209.

2. Головачук С. В. Застосування лінійної регресії для визначення кількості автомобільних викидів CO_2. Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень: матеріали V Міжнар. студент. наук. конф., м. Тернопіль, 6 жовт. 2023 р. Тернопіль, 2023. с.102-104.

7. Дата видачі завдання __ _____ 202_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1.	Затвердження теми роботи		
2.	Вивчення та аналіз задачі		
3.	Розробка архітектури та загальної структури системи		
4.	Розробка структур окремих підсистем		
5.	Програмна реалізація системи		
6.	Оформлення пояснювальної записки		
7.	Захист програмного продукту		
8.	Передзахист		
9.	Захист		

Студент _____ Станіслав ГОЛОВАЧУК
(підпис) (ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____ Лариса КУБЛІЙ
(підпис) (ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з веб-системи “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів” і пояснювальної записки. Пояснювальну записку до випускної роботи магістра виконано на 102 аркушах, вона містить перелік посилань на використані джерела з 45 найменувань. У роботі наведено 37 рисунків і 9 таблиць.

Актуальність теми зумовлена зростанням кількості шкідливих викидів двигунами внутрішнього згорання транспортних засобів. Це привертає особливу увагу до екологічного моніторингу стану довкілля як важливої умови сталого розвитку суспільства. Моніторинг шкідливих викидів передбачає застосування комплексу методів аналізу викидів кожного окремого чинника — у даному випадку автомобіля. Наявність такого засобу моніторингу робить можливим прийняття кількісних і якісних рішень щодо виправлення негативного впливу на довкілля, тим самим роблячи ці викиди контрольованими. Таким чином, є потреба в програмному забезпеченні, зокрема в системі визначення рівня шкідливих викидів вуглецю на основі факторів, які є унікальними для кожного автомобіля, а також для активності кожного водія, як чинників, які мають безпосередній вплив на рівень шкідливих викидів.

Метою роботи є розробка системи “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів”, яка дасть можливість користувачам проводити аналіз розрахованих очікуваних даних кількості викидів CO_2 довільним автомобілем на основі його технічних характеристик, а також вести персоналізовану екологічну статистику викидів вуглекислого газу. Мета обумовлює завдання роботи — розробку програмної системи, здатної розраховувати рівень викидів будь-якого автомобіля. Така система дає можливість моніторити і вести статистику рівнів викидів вуглецю в атмосферу. Задачею дослідження є побудова моделі

машинного навчання методами лінійної регресії. Встановлена мета включає в себе такі **завдання**, які обумовлюють її досягнення:

— дослідження статистики викидів вуглекислого газу;

— впровадження моделі машинного навчання на основі лінійної регресії для розрахунку викидів довільного автомобіля;

— розробка веб-системи в якості інтерфейсу;

— вивчення варіантів використання системи і встановлення порядку взаємодії з кінцевим користувачем.

Об'єктом дослідження є методи машинного навчання для розв'язання задачі прогнозування кількості викидів вуглекислого газу довільними автомобілями з відомими характеристиками на основі аналізу статистичних даних.

Предметом дослідження є програмне забезпечення з використанням моделей машинного навчання для прогнозування кількості викидів вуглекислого газу різними автомобілями.

Засобами виконання роботи є об'єктно-орієнтований підхід проєктування, програмування застосунків мовами Java та Python, модель машинного навчання, запрограмована на основі лінійної регресії, інструменти розмітки для розробки веб-інтерфейсу.

Результатом є програмна систем, яка складається з веб-інтерфейсу, сервісу обробки веб-запитів і моделі машинного навчання, які можуть бути використані фізичними та юридичними особами (зокрема, тими, які використовують транспортні засоби на основі двигуна внутрішнього згоряння) з метою моніторингу, введення статистики і розрахунків викидів CO_2.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці власної математичної моделі на основі статистичних даних засобами машинного навчання, здатної розраховувати викиди CO_2 довільного автомобіля на основі характеристик, а також використанні цієї моделі у веб-системі аналізу екологічних ризиків для навколишнього середовища. Система дає можливість

оцінювати вплив на екологічний стан довкілля шляхом моніторингу й аналізу шкідливих викидів власних транспортних засобів.

Апробація результатів дисертації була визначена двома науковими конференціями:

1. Головачук С.В., Кублій Л.І. Використання машинного навчання для визначення рівня викидів вуглекислого газу автомобільних рейсів. *Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики.* У 2-х т. : матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів, м. Київ, 25-28 квітня 2023 року. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка", 2023. Т. 2. С. 208-209.

2. Головачук С. В. Застосування лінійної регресії для визначення кількості автомобільних викидів CO_2. *Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень*: матеріали V Міжнародної студентської наукової конференції, м. Тернопіль, 6 жовтня 2023 р. Тернопіль, 2023. С. 102-104. URL: https://archive.liga.science/index.php/conference-proceedings/issue/view/inter-06.10.2023

Ключові слова: МАШИННЕ НАВЧАННЯ, ЛІНІЙНА РЕГРЕСІЯ, АВТОМОБІЛЬ, ВИКИДИ ВУГЛЕЦЮ (CO_2), веб, JAVA, PYTHON.

ABSTRACT

The master's thesis consists of a web system "Determining the level of CO_2 emissions of automobile flights" and an explanatory note. The explanatory note to the master's thesis is made on 102 sheets, it contains a list of references to the used sources from 45 titles. The work contains 37 figures and 10 tables.

The relevance of the topic is due to the increase in the number of harmful emissions from vehicles based on the internal combustion engine. This draws special attention to ecological monitoring of the state of the environment as an important condition for the sustainable development of society. The monitoring of harmful emissions is understood as the application of a set of methods for analyzing the emissions of each individual factor, in this case, a car. The presence of such a monitoring tool makes it possible to make quantitative and qualitative decisions regarding the correction of the negative impact on the environment, thereby making these emissions controllable. Therefore, there is a need for software, in particular a system for determining the level of harmful carbon emissions based on factors that are unique to the characteristics of each car, as well as for the activity of each driver, as factors that have a direct impact on the level of harmful emissions.

The purpose of the work is to develop the application "Determining the level of CO_2 emissions of automobile flights", which will allow users to analyze the calculated expected data on the amount of CO_2 emissions of any car based on its passport technical characteristics and to keep personalized environmental statistics of carbon dioxide emissions. This goal determines the task of the work — the development of a software system capable of calculating the level of emissions of any car. Such a system makes it possible to monitor and keep statistics on the levels of carbon emissions into the atmosphere. The task of the research is to build a machine learning model using linear regression methods. The set goal includes the following tasks that determine its achievement:

— research on the statistics of carbon dioxide emissions by cars;

— implementation of a machine learning model based on linear regression to calculate the emissions of an arbitrary car;

— development of a web system as an interface between the user and the program;

— studying options for using the system and establishing the order of interaction with the end user.

The object of the study is machine learning methods for solving the problem of predicting the amount of carbon dioxide emissions by arbitrary cars with known characteristics based on the analysis of statistical data.

The subject of the research is software using machine learning models to predict the amount of carbon dioxide emissions of various cars.

An object-oriented design approach, application programming in Java and Python languages, a machine learning model programmed on the basis of linear regression, and markup tools for web interface development were used as means of **performing the work.**

The result is a software application consisting of a web interface, a web request processing service and a machine learning model that can be used by individuals and legal entities (in particular, those using vehicles based on the internal combustion engine) for the purpose of monitoring, input statistics and calculations of CO_2 emissions.

The practical significance of the obtained work results lies in the development of an own mathematical model based on statistical data by means of machine learning, capable of calculating CO_2 emissions of an arbitrary car based on its characteristics, as well as the use of this model in a web system for the analysis of ecological risks for the environment. The system allows the user to assess personal impact on the ecological state of the environment by monitoring and analyzing the harmful emissions of their own vehicles.

The approval of the results of the dissertation was determined by the following two scientific conferences:

1. Holovachuk S.V., Kublii L.I. Using machine learning to determine the level of carbon dioxide emissions of car trips. Modern problems of scientific energy supply. In 2 volumes: materials of the 20th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students, Kyiv, April 25-28, 2023. K.: KPI named after Igor Sikorskyi, Polytechnic Publishing House, 2023. Vol. 2, pp. 208-209.

2. Holovachuk S. V. Application of linear regression to determine the amount of automobile CO2 emissions. Current issues and prospects for conducting scientific research: materials of the 5th International Student Scientific Conference, Ternopil, October 6, 2023. Ternopil, 2023. P. 102-104. URL: https://archive.liga.science/index.php/conference-proceedings/issue/view/inter-06.10.2023

Keywords: MACHINE LEARNING, LINEAR REGRESSION, CAR, CARBON EMISSIONS (CO_2), WEB, JAVA, PYTHON.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....12
ВСТУП.....13
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВИКИДІВ CO_2.....16
1.1. Визначення актуальних проблем.....16
1.2. Завдання реалізації системи і визначення користувачів.....17
1.3. Екологічні ризики, пов'язані з автомобільними викидами.....20
1.4. Методи і показники розрахунку викидів CO_2.....22
1.5. Функціональні можливості сучасних програмних засобів у задачах моніторингу і контролю викидів CO_2.....24
1.6. Висновки до розділу 1.....26
2. МЕТОДИЧНО-МАТЕМАТИЧНИЙ КОНТЕКСТ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ВИКИДІВ.....28
2.1. Аналіз моделей машинного навчання для розв'язання проблеми.....29
2.2. Подання набору даних і виявлення залежностей.....33
2.3. Побудова LR-моделі та оцінка точності 35
2.4. Висновки до розділу 2.....39
3. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ ВИКИДІВ CO_2.....40
3.1. Проєктування веб-системи.....40
3.2. Розробка моделі бази даних системи і проєктування сутностей.....43
3.3. Реалізація внутрішньосистемної логіки.....48
3.4. Висновки до розділу 3.....53
4. МЕТОДИКА ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧ-СИСТЕМА.....54
4.1. Варіанти використання системи й аналіз прецедентів.....55
4.2. Опис програмного модуля.....58
4.2.1. Функціональне призначення.....58
4.2.2. Опис логічної структури.....59
4.4.3. Використані технічні засоби 62

4.4.4. Виклик і завантаження..... 63
4.4.5. Вхідні й вихідні дані..... 63
4.3. Розгортання програми в середовищі..... 64
4.4. Визначення системних вимог.....66
4.5. Процес взаємодії з веб-інтерфейсом.....67
4.6. Висновки до розділу 4.....72
5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....73
5.1. Ідея стартап-проєкту..... 74
5.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту..... 76
5.3. Аналіз за системою SWOT..... 81
5.4. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту..... 83
5.5. Висновки до розділу 5.....86
ВИСНОВКИ..... 87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 89
Додаток А. Публікації..... 92

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Java — об’єктно-орієнтована мова програмування, випущена 1995 року компанією Sun Microsystems як основний компонент платформи Java.

Python — інтерпретована об’єктно-орієнтована мова програмування високого рівня зі суворою динамічною типізацією.

ML (Machine learning) — клас методів штучного інтелекту, характерною рисою яких є не пряме розв’язання завдання, а навчання за рахунок застосування рішень безлічі подібних завдань.

API — це абревіатура від Application Programming Interface, що є програмним посередником, який дає можливість двом додаткам спілкуватися.

CO_2 — хімічна формула діоксиду вуглецю (вуглекислого газу).

REST — архітектурний стиль взаємодії компонентів розподіленої програми в мережі.

HTTP — протокол, який дає можливість передавати ресурси.

UI — подання, з яким користувач може взаємодіяти для використання цифрового продукту чи послуги.

HTML — стандартна мова розмітки документів, призначених для відображення у веб-браузері.

CSS — формальна мова опису зовнішнього вигляду веб-сторінки.

Javascript — динамічна, об’єктно-орієнтована прототипна мова програмування. Реалізація стандарту ECMAScript.

SQL — декларативна мова, яка застосовується для модифікації та керування даними в реляційній базі даних.

UML — стандартизована мова моделювання, яка складається з інтегрованого набору діаграм.

ВСТУП

Сучасна проблема збереження чистоти атмосфери набула надзвичайної актуальності особливо з урахуванням зростання обсягів використання автомобілів у повсякденному житті. Використання сучасних технологій штучного інтелекту, зокрема тих, які базуються на машинному навчанні, може сприяти побудові моделі контролю та моніторингу рівня атмосферного забруднення через моделювання.

Під моніторингом і контролем кількості викидів шкідливих газів в атмосферу розуміють комплекс заходів щодо збору статистики, відстеження та розрахунку викидів кожного окремого чинника для своєчасного й послідовного виявлення критичної точки та застосування заходів, які мають нормалізувати становище довкілля.

Аналіз викидів CO_2 кожним окремим чинником може стати розв’язанням проблеми шляхом виховання свідомого використання транспорту, який призводить до забруднення навколишнього середовища. Надання кожному окремому водієві засобів моніторингу, візуалізації, статистики і розрахунків викидів його автомобіля розцінюється як комплекс дій, спрямованих на попередження екологічної кризи.

Тож є потреба в програмному забезпеченні, здатному надати кожному водієві як користувачеві системи можливостей для аналізу та оцінки персонального впливу на навколишнє середовище шляхом розрахунку даних щодо рівня викидів певного транспортного засобу, базуючись лише на попередньо відомих характеристиках, а також на дистанції, яку конкретний водій проїжджає за певний проміжок часу. Це програмне забезпечення також повинно забезпечувати можливість аналізу та візуалізації поточного екологічного стану навколишнього середовища.

На даний час поки не існує єдиної системи, яка здатна надати сукупний функціонал щодо визначення рівня токсичності автомобіля, розрахунку його впливу на навколишнє середовище як на конкретному вузькому проміжку часу, так і на далекій майбутній перспективі. Зацікавлений свідомий водій мусить власноруч розраховувати всі дані та особисто вести статистику своїх поїздок. Далеко не кожний водій має достатньо математичних навичок, а також бажання і часу для здійснення таких комплексних розрахунків. Тому актуальною залишається можливість застосування технік машинного навчання для визначення обсягів автомобільних викидів вуглекислого газу з метою подальшого запобігання забрудненню навколишнього середовища. У зв'язку з цим поставлено завдання використання цих технологій як інструментарію прогнозування приблизної кількості викидів, які завдають шкоди середовищу. Головним завданням прогнозування викидів автомобіля є контроль їхньої кількості і наочне подання у вигляді статистики.

У першому розділі аналізується сутність поняття екологічного ризику та впливу автомобільних викидів на стан навколишнього середовища, розглядається проблема та аналізуються шляхи її розв'язання. Також надається огляд наукової літератури та висвітлюються результати проведених відомих досліджень з даної теми. Проведено також аналіз схожих за певними рисами існуючих проєктів, які мають певний функціонал, споріднений за своєю суттю для розв'язання поставленої задачі.

У другому розділі аналізується сутність побудови моделі, здатної проводити розрахунок викидів CO_2 довільного автомобіля. Тут також порівнюються моделі машинного навчання та визначається найбільш придатна. Крім цього, подано наявний статистичний набір даних (датасет), який служить джерелом навчання для прогнозуючої моделі.

У третьому розділі детально розглядаються основні аспекти розробки веб-системи розрахунку викидів з урахуванням рівня токсичності автомобіля та їздових потреб водія. Детально висвітлюються етапи програмної реалізації системи на боці сервісу обробки запитів, а також на боці прогнозуючої моделі.

Наводяться вибрані інструменти для реалізації, ілюстровані відповідним візуальним матеріалом.

У четвертому розділі надається опис порядку взаємодії користувача з програмною системою, включаючи процедуру інсталяції програмного забезпечення, вимоги до системи, розглядаються прецеденти використання програми, порядок взаємодії з програмою та презентується кінцевий вигляд веб-інтерфейсу, який є прошарком системи, який напряму надається користувачеві.

У п’ятому розділі висвітлені етапи створення стартап-проєкту, який ґрунтується на розробленому комплексному алгоритмі для визначення рівня викидів конкретного автомобіля з метою подальшого моніторингу його викидів. Цей алгоритм здійснюється шляхом аналізу якісних і кількісних показників наявних статистичних даних токсичності відомих автомобілів і побудови моделі лінійної регресії методами машинного навчання для розрахунку цих даних для довільного автомобіля. На основі даних з’являється можливість визначення викидів протягом певної часової дистанції.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВИКИДІВ CO_2

Проблема запобігання забрудненню атмосфери в наш час є дуже актуальною. Зі збільшенням використання автомобілів у повсякденному житті ця проблема стала ще більш значущою. Використання сучасних технологій штучного інтелекту, зокрема тих, які базуються на машинному навчанні, дає можливість передбачити рівень забруднення атмосфери шляхом моделювання і прогнозування.

Існує досить велика кількість проєктів, які стосуються збереження довкілля, і деякі з них використовують машинне навчання [1]. Проте актуальною залишається можливість застосування технік машинного навчання для визначення обсягів автомобільних викидів вуглекислого газу з метою подальшого запобігання забрудненню навколишнього середовища. У зв’язку з цим поставлено завдання використання цих технологій як інструментарію прогнозування приблизної кількості викидів, які завдають шкоди середовищу. Головним завданням прогнозування викидів автомобіля є контроль їхньої кількості і наочне її подання.

1.1. Визначення актуальних проблем

Проблем, які мають бути розв’язані системою, є дві. Перша з них технічна — середні статистичні дані викидів вуглекислого газу відомі не для всіх автомобілів, які їздять дорогами світу. Ці дані існують лише для окремих моделей, які були досліджені й заявлені офіційним виробником. Для кожного окремо взятого автомобіля ці дані не відомі, способу їхнього розрахунку не надано. Тому, потрібна математична модель, здатна прогнозувати цей рівень для будь-якого автомобіля, базуючись лише на вхідних параметрах даного

автомобіля. Ця проблема логічно розв’язується впровадженням моделі машинного навчання, здатної розраховувати рівень викидів, базуючись на вхідних параметрах.

Друга проблема — екологічна. Сотні тисяч автомобілів кожного дня забруднюють атмосферу своїми викидами. Тому актуальним є створення системи, здатної визначати рівень токсичності автомобіля і віднести його до категорії “безпечних за CO_2 викидами” або категорії “шкідливих за CO_2 викидами” на основі певної межі допустимих викидів. Таким чином, ціллю є заохочення водіїв використовувати “безпечний за CO_2” транспорт. Ведення статистики викидів дасть можливість наочно показувати рівень шкоди, заподіяної природі.

1.2. Завдання реалізації системи і визначення користувачів

Основними завданнями впровадження системи “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів” є побудова прогнозуючої моделі і побудова відповідного веб-інтерфейсу. Система забезпечуватиме можливість аналізу статистичних даних і формування прогнозованого результату на основі вхідних характеристик.

Призначенням програмного забезпечення є використання його як інструменту при плануванні автомобільних рейсів для врахування кількості викидів CO_2 в атмосферу для подальшого аналізу та визначення шляху нейтралізації створеної кількості викидів.

Потенційними користувачами є будь-які небайдужі до стану екології фізичні особи (водії приватних транспортних засобів) та юридичні особи (зокрема ті, які спеціалізуються на транспортних послугах або мають свій автопарк). У випадку фізичних осіб мотиваційним чинником виступає екологічна свідомість. У випадку юридичних компаній провідним мотиваційним чинником є

підтримка “зеленої” репутації, оскільки в рамках маркетингових кампаній усі сучасні перевізники прагнуть отримати всесвітньовідомий статус “CO_2 neutral” або “zero carbon footprint”, що означає нейтральний вплив на навколишнє середовище. Ця тенденція показує бажання компаній дотримуватися екологічних правил і сприяє певним діям з їхнього боку, спрямованим на компенсацію шкоди природі. Узагальненим прикладом є компанії, які підраховують свої річні викиди і на їхній основі розраховують і роблять благодійні внески в екологічні організації для відтворення природного потенціалу, тим самим забезпечуючи свій зелений статус. Серед таких компаній можна виділити кількох загальновідомих лідерів з кожної галузі:

— німецька транспортна компанія DKV, яка спеціалізується на вантажних перевезеннях;

— всесвітньо відома та популярна компанія Apple, яка є лідером у сфері виробництва смарт-гаджетів. Уже кілька років ця компанія працює над зменшенням власного вуглецевого сліду. На останній презентації своїх продуктів у вересні 2023 року компанія Apple заявила, що планує оптимізувати своє виробництво і транспортну логістику до рівня нульових викидів станом на 2030 рік [2];

— компанія Microsoft, яка також встановила амбіційну мету стати CO_2-ейтральною до 2030 року. План включає зменшення викидів від діяльності компанії та компенсацію решти;

— компанія Google вже виявила прагнення до CO_2-нейтральності. Для зменшення викидів вони використовують відновлювальні джерела енергії та вкладають свої активи у проєкти, спрямовані на розвиток зеленої енергетики;

— компанія Tesla спеціалізується на виробництві автомобілів, які працюють на електриці, активно сприяє світовому переходу на екологічно-чистий транспорт для зменшення викидів CO_2;

— відомий виробник побутових речей, компанія Unilever встановила мету стати CO_2-нейтральною до 2030 року. Крім того, вона планує зменшити використання пластику і покращити екологічні характеристики своїх продуктів;

— компанія Джефа Беззоса Amazon зобов'язалася стати CO_2-нейтральною до 2040 року і вже вкладає в проєкти зеленої енергетики значні кошти, а також зменшує викиди від своєї логістичної інфраструктури;

— європейський лідер у сфері пасажирських перевезень FlixBus пропонує компенсувати викиди CO_2 під час бронювання (рисунок 1.1).

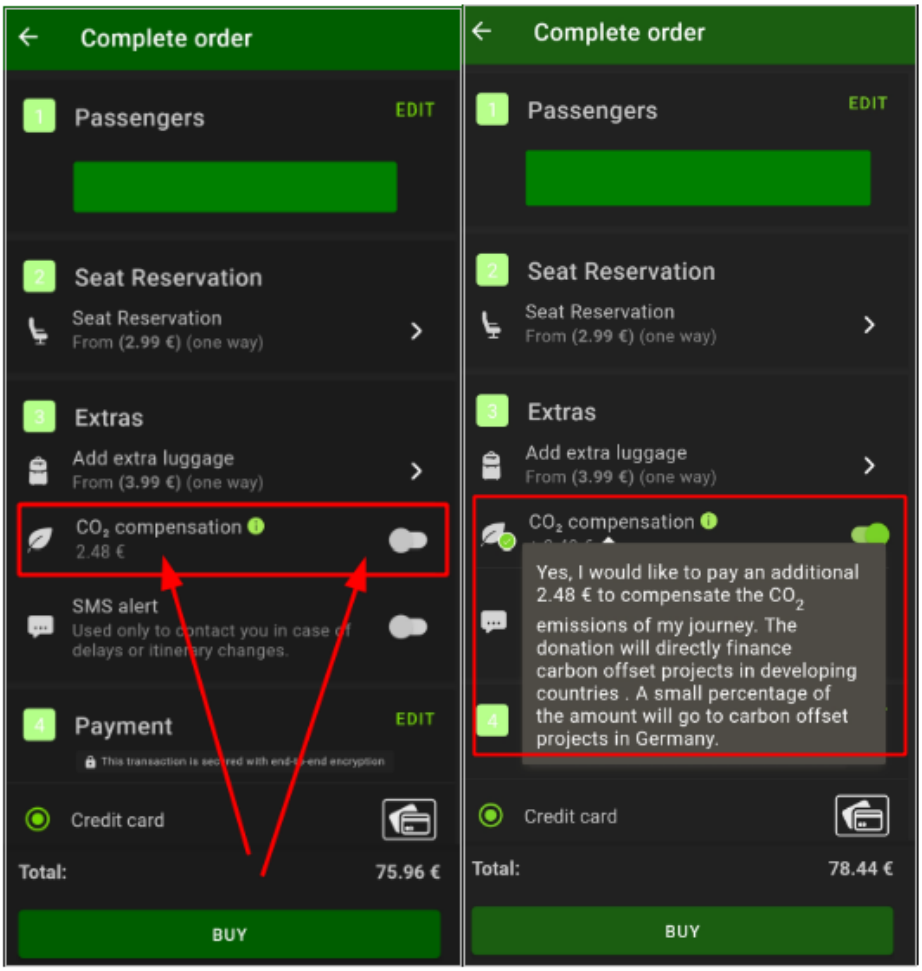

Рисунок 1.1 — Мобільний додаток FlixBus пропонує зробити благодійний внесок для компенсації викидів CO_2 при бронюванні квитків

Це є важливим аспектом для будь-якої компанії, яка в тій чи іншій мірі використовує транспортну логістику, оскільки, спираючись на сучасні тенденції, з такими компаніями прагнуть працювати всі провідні європейські організації. Не виключено, що в майбутньому зобов'язання щодо низьких рівнів викидів буде врегульовано законами ЄС як обов'язковий фактор.

1.3. Екологічні ризики, пов’язані з автомобільними викидами

Екологічні проблеми, пов’язані з автомобільним транспортом, виникають через викиди різних шкідливих речовин у повітря та навколишнє середовище. Серед ключових аспектів ризику можна визначити викиди вуглекислого газу (CO_2), забруднення повітря оксидами азоту (NOx), вуглеводнями (HC) та іншими шкідливими речовинами. Крім того, окремо розглядають вплив виробництва автомобілів на навколишнє середовище. Крім викидів, які виникають під час поїздки, важливим аспектом є вплив виробництва автомобілів на довкілля. Це вимагає значних енергетичних ресурсів, сприяє утворенню великої кількості відходів і має негативний вплив на екологію [3].

Викиди CO_2 є серйозною проблемою, оскільки вони є головним чинником глобального потепління за рахунок згоряння пального в двигунах автомобілів. Це призводить до змін клімату й погіршення якості повітря. Оксиди азоту, вуглеводні та інші речовини, які автомобілі викидають у повітря, можуть спричиняти забруднення атмосфери, негативно впливати на здоров’я людей і викликати різноманітні захворювання.

Враховуючи ці аспекти, необхідно звертати увагу на комплексний підхід до зменшення екологічних ризиків, пов’язаних з автомобільним транспортом.

На рисунку 1.2 подано діаграму джерел забруднення повітря в місті Києві станом на 2015 рік. Як видно з діаграми, автомобілі займають більшу частину всіх джерел викидів.

Екологічні ризики, пов’язані з автомобільними викидами, становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров’я людини. Автомобілі викидають різні шкідливі речовини у повітря, що може призвести до різноманітних негативних наслідків. Ризик для здоров’я визначає ймовірність виникнення у людини отруєння, захворювання чи інших негативних наслідків після контакту із забруднювачем. Особливий вид ризику — це канцерогенний ризик, який оцінює шанси на виникнення пухлин, і неканцерогенний ризик, який стосується інших видів захворювань.

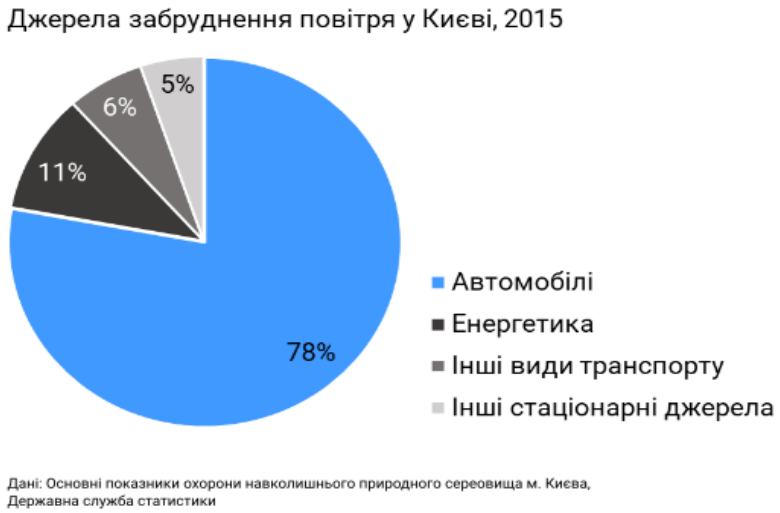

Рисунок 1.2 — Джерела забруднення повітря в Києві за 2015 рік [4]

Методологічні рекомендації для оцінки ризику для здоров'я від забруднення повітря були схвалені Наказом Міністерства охорони здоров'я України №184 від 13 квітня 2007 року [5]. Оцінка ризику включає визначення небезпечних речовин, оцінку їхнього впливу на організм, а також аналіз характеристик небезпеки та ризику.

Для оцінки неканцерогенного ризику використовують два показники: коефіцієнт небезпеки та індекс небезпеки. Коефіцієнт небезпеки вказує на те, у скільки разів концентрація певної речовини перевищує безпечний для здоров'я рівень. Сума коефіцієнтів небезпеки для всіх речовин формує індекс небезпеки. Якщо індекс небезпеки менший за 1, то ризик розвитку шкідливих неканцерогенних ефектів вважається низьким. Збільшення цього показника призводить до відповідного зростання ризику для здоров'я [4].

У 2011 році Н. Клебанова й Д. Клебанов провели оцінку неканцерогенного ризику в Києві на основі даних Гідрометцентру. Вони розрахували значення ризику для трьох зон: автомобільної, житлової і промислової. Індекс небезпеки становив 26 для автомобільної зони, 21 для промислової і 13 для житлової [6]. У 2009 році Я. Першегуба провела аналіз неканцерогенного ризику на основних автомагістралях Києва, враховуючи концентрації 7 сполук. За її даними, індекс

небезпеки коливався від мінімального значення 11 на Оболонському проспекті до максимального 88 на Бессарабській площі [7].

Для зменшення цих екологічних ризиків необхідно впроваджувати більше екологічно чистих технологій і видів транспорту, сприяти розвитку громадського та електричного транспорту, вдосконалювати системи очищення викидів і підтримувати програми з екологічного моніторингу та зменшення викидів. Тільки таким чином можна знизити негативний вплив автомобільних викидів на навколишнє середовище й покращити якість життя. Також для зменшення екологічних ризиків, пов’язаних з автомобільними викидами, важливо впроваджувати більше екологічно чистих автомобілів, використовувати альтернативні джерела енергії, а також вдосконалювати системи обробки викидів.

1.4. Методи і показники розрахунку викидів CO_2

Для вимірювання рівня викидів автомобіля використовують різні прилади, включаючи газоаналізатори та сенсори. Часто такі прилади застосовують в державах Євросоюзу при проходженні автомобілями технічного огляду. Один з таких приладів зображено на рисунку 1.3.

Рисунок 1.3 — Газоаналізатор Bosch Universal 550/950 Universal [8]

Один з методів вимірювання — гравіметричний метод, у якому вага складових часток визначається і пов’язується з концентрацією забруднюючих речовин у викидах.

Гравіметричний метод може використовуватися для визначення викидів CO_2, але для цього потрібно більше конкретних даних та обладнання. Основна ідея полягає у вимірюванні змін маси атмосферного повітря, яка зумовлена змінами вмісту CO_2.

Формула для визначення викидів CO_2 за допомогою гравіметричного методу буде залежати від конкретних обставин та умов вимірювань. Проте загальний підхід полягає в такому:

— виміряти масу певного об’єму повітря перед і після проходження через фільтр або реактор, який поглинає CO_2;

— знайти різницю мас між початковим і кінцевим виміром;

— застосувати формулу для переведення зміни маси в концентрацію CO_2, знаючи обсяг і густину повітря:

$$C = \frac{\Delta m}{V \cdot \rho},$$

де C — концентрація CO_2 (у масових одиницях на одиницю об’єму, наприклад, г/м³); Δm — різниця мас повітря (зміна маси після поглинання CO_2); V — об’єм повітря (у м³); ρ — густина повітря (у г/м³).

Ця формула показує концентрацію CO_2 у виміряних об’ємах повітря. Щоб перевести ці викиди CO_2, потрібно буде врахувати розмір системи та швидкість потоку повітря через неї. Для точних вимірювань цей метод вимагає використання спеціального обладнання та дотримання точних умов вимірювань.

Викиди з автомобілів можуть містити оксиди азоту (NOx), вуглеводні (HC), вуглекислий газ (CO_2), а також інші токсичні речовини. Ці речовини, потрапляючи в атмосферу, можуть мати шкідливий вплив на здоров’я людини та навколишнє середовище. Для оцінки цього впливу використовують такі формули:

— коефіцієнт викидів (E):

$$E = \frac{N}{V},$$

де E — коефіцієнт викидів; N — кількість речовини, викинутої в повітря; V — загальний об’єм викидів.

— вплив CO_2 на парниковий ефект обчислюється за формулою:

$$\Delta T = \lambda \cdot \ln\left(CO_2 / CO_{2o}\right),$$

де ΔT — зміна середньої температури; λ — чутливість клімату до змін CO_2; CO_2 — поточний рівень CO_2, CO_{2o} — початковий рівень CO_2.

Аналіз статистичних даних показує, що забруднення повітря з автомобільних викидів зростає разом зі збільшенням кількості автомобілів на дорогах. Спостереження показують, що в мегаполісах та індустріальних районах концентрація забруднюючих речовин може досягати критичних рівнів.

Для передбачення екологічних ризиків від автомобільних викидів використовують різні моделі, включаючи моделі машинного навчання. Ці моделі можуть допомогти визначити можливі наслідки для здоров’я і середовища та розробити стратегії зменшення ризиків.

1.5. Функціональні можливості сучасних програмних засобів у задачах моніторингу і контролю викидів CO_2

У сучасному світі програмні засоби для моніторингу й контролю викидів CO_2 відрізняються великою кількістю функціональних можливостей, спрямованих на ефективне вимірювання та аналіз рівнів викидів. Наприклад, ці програми автоматично здатні збирати дані з різноманітних джерел викидів, таких як фабрики, автопарки, промислові об’єкти, аби потім агрегувати ці дані в централізованій системі та вести певну статистику.

Один із передових інструментів, FluxSense [9], надає можливість у реальному часі збирати дані про викиди CO_2 і передавати їх для агрегації та

подальшого аналізу. Подібні програми забезпечують моніторинг рівнів викидів у реальному часі, при перевищенні яких вони можуть автоматично надсилати сповіщення зацікавленим спеціалістам з метою пришвидшення реагування.

Системи моніторингу в режимі реального часу дають можливість відстежувати рівні викидів негайно і надсилати сповіщення при перевищенні заданих порогів. Нижче наведено приклади кількох програм, які мають ці можливості:

— платформа OpenAQ [10] використовується як відкрита платформа для моніторингу якості повітря, збираючи дані з різних джерел у реальному часі. Датчики, розташовані по всьому світу, надають інформацію про викиди CO_2 та інші забруднюючі речовини;

— додаток IQAir [11] — платформа, яка відображає дані про концентрацію CO_2 та інших токсичних речовин у режимі реального часу в конкретний проміжок часу на певній геолокації. Цей додаток є доступним для мобільних пристроїв;

— обсерваторія Mauna Loa Observatory [12] — спеціалізована моніторингова станція, яка веде тривалі спостереження за концентрацією CO_2 в атмосфері, надаючи достовірні дані про її зміни протягом років, чим заробила свою репутацію серед дослідників та екологів;

— компанія LI-COR [13] спеціалізується на створенні наукових інструментів для вимірювання вуглецю та інших параметрів у атмосфері. Звичайно, технології цієї компанії дають також можливість точного моніторингу викидів CO_2.

Аналіз даних є ключовим аспектом керування викидами CO_2, даючи можливість виявляти тенденції та патерни змін кількості викидів вуглекислого газу. Використання мови програмування Python [14], а також деяких бібліотек, забезпечує статистичний аналіз і візуалізацію отриманих результатів для більш глибокого розуміння динаміки росту кількості викидів.

Іншим важливим підходом до вивчення природи даних кількості викидів CO_2 є візуалізація даних. Вона відіграє важливу роль у сприйнятті інформації,

забезпечуючи легкість розуміння та наочність. Таке програмне забезпечення, як правило, має можливість створювати графіки, діаграми та карти для візуалізації розподілу викидів. Серед платформ візуалізації можна виділити такі відомі продукти, які пропонують функціональність візуалізації:

— програмне забезпечення Tableau для візуалізації та аналізу даних, яке має можливість інтегруватися з реальними даними і допомагає створювати візуальні звіти й графіки [15];

— платформа для бізнес-аналітики та візуалізації даних Microsoft Power BI, яка також може використовуватися для аналізу викидів CO_2 та інших даних [16].

Деякі інші програми здатні використовувати геодані для визначення розподілу викидів у конкретних регіонах або на карті. Це стає надзвичайно корисним для точної локалізації джерел забруднення та визначення їхнього впливу на навколишнє середовище. Додатковим плюсом є можливість інтеграції цих програм з іншими системами моніторингу і керування, підтримка різних типів датчиків CO_2, генерація звітів для подальшого аналізу та архівування. Забезпечення можливості віддаленого керування та автоматичного регулювання на основі отриманих даних роблять ці програми важливими інструментами для виявлення, моніторингу і контролю рівнів викидів CO_2. Такі програми сприяють зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, а також сприяють встановленню підходу сталого розвитку щодо контролю викидів CO_2 в атмосферу.

1.6. Висновки до розділу 1

У розділі розглянуто поняття екологічного ризику, спровокованого автомобільними викидами, подано його класифікацію. Також подано огляд літератури та результатів відомих досліджень на дану тему. Крім цього, наведено деякі існуючі екологічно-математичні методи кількісної та якісної оцінки ризику.

Проведено аналіз підходів до зменшення екологічного ризику провідними компаніями та їхніми програмними реалізаціями відповідних норм. Визначено, що заходи щодо боротьби з викидами CO_2 стають більш значущими з кожним роком, все більше міжнародних компаній роблять перші кроки та плани щодо реалізації принципу “нульових викидів”. Компанії прагнуть бути CO_2-нейтральними по відношенню до природи, тобто вести свій бізнес таким чином, щоб природа не відчула на собі негативного впливу від виробництва. Загальна характеристика висновків може бути представлена так:

— екологічні ризики, пов’язані з автомобільними викидами, стають все більш актуальними в сучасному світі, оскільки автомобільний транспорт стає все більш популярним і розповсюдженим у наш час;

— сучасні технології і програмні засоби відіграють ключову роль у моніторингу та контролі рівнів викидів CO_2. Вони надають можливість збирати, аналізувати й візуалізувати дані про викиди;

— програмне забезпечення для моніторингу викидів CO_2 надає багато функціональних можливостей, включаючи збір даних, аналіз, візуалізацію, геопросторовий аналіз і звітність;

— інтеграція з іншими системами є важливою для забезпечення ефективного моніторингу та керування викидами CO_2 на різних об’єктах;

— програмні засоби для моніторингу викидів CO_2 допомагають не лише в зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище, але й забезпечують спостереження за рівнями забруднення, що важливо для досягнення сталого розвитку.

У цілому, використання сучасних програмних засобів у моніторингу і контролі викидів CO_2 є кроком у напрямку збереження навколишнього середовища і забезпечення більш сталого та екологічно збалансованого світу.

2. МЕТОДИЧНО-МАТЕМАТИЧНИЙ КОНТЕКСТ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ВИКИДІВ

Як зазначалося у розділі 1, існує технічна проблема — середні статистичні дані викидів вуглекислого газу відомі не для всіх автомобілів, які їздять дорогами світу. Ці дані існують лише для окремих моделей, які були досліджені й заявлені офіційним виробником. Для кожного окремо взятого автомобіля ці дані не відомі, способу їхнього розрахунку не надано. Тому, потрібна математична модель, здатна прогнозувати цей рівень для будь-якого автомобіля, базуючись лише на вхідних параметрах даного автомобіля.

Ця проблема логічно розв’язується впровадженням моделі машинного навчання, здатної розраховувати рівень викидів, базуючись на вхідних параметрах. Для реалізації такої моделі доцільно використати мову Python [17], яка має різноманітні бібліотеки для розробки моделей машинного навчання, зокрема: NumPy, SciPy, Pandas, Scikit-learn. Ці технічні засоби містять необхідні інструменти для створення моделей таких, як лінійна регресія, яку застосовано в даній роботі.

Для реалізації серверної логіки обрано мову програмування Java [18], засобами якої побудовано веб-додаток. Мова Java є кросплатформною, — це означає, що зібраний артефакт може бути виконаний на всіх платформах, оснащених віртуальною машиною.

Сучасне програмування не можна уявити без використання фреймворків. Серед популярних Java-фреймворків у вільному доступі розглядається Spring framework [19]. Інструментарій Spring framework — це одна з найвідоміших платформ для побудови Enterprise Java-додатків. Цей фреймворк став найпопулярнішим фреймворком у спільноті Java.

2.1. Аналіз моделей машинного навчання для розв'язання проблеми

Проблема прогнозування викидів CO_2 автомобіля на базі технічних характеристик може бути розв'язаною за допомогою різних моделей машинного навчання, але найбільш підходящою моделлю для цієї задачі може бути регресійна модель. Регресійні моделі призначені для передбачення числової цільової змінної (у цьому випадку, рівень викидів CO_2) на основі інших числових ознак (технічні характеристики автомобіля). Відповідно до специфіки завдання, є сенс розглядати такі види регресійних моделей [20]:

— лінійна регресія, яка є простою та легко інтерпретованою моделлю, що шукає лінійний зв'язок між ознаками і цільовою змінною. Вона підходить для поставленої задачі обчислення викидів вуглекислого газу, тому що залежність між параметрами автомобіля та викидами CO_2 є лінійною;

— поліноміальна регресія дає можливість моделювати нелінійні зв'язки між ознаками та цільовою змінною за допомогою поліномів. Математично поліноміальна регресійна модель має такий вигляд:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \ldots + \beta_n X_n + \varepsilon,$$

де Y — залежна змінна, X — незалежна змінна, β_0, β_1, β_2, …, β_n — коефіцієнти рівняння регресії, ε — помилка. Приклад коду подано на рисунку 2.1;

```
degree = 2  # ступінь полінома
poly = PolynomialFeatures(degree=degree)
X_train_poly = poly.fit_transform(X_train)
X_test_poly = poly.transform(X_test)
poly_regressor = LinearRegression()
poly_regressor.fit(X_train_poly, y_train)
```

Рисунок 2.1 — Побудова моделі поліноміальної регресії мовою Python

— моделі на основі дерев рішень можуть добре враховувати нелінійність і взаємозв'язки між ознаками. Приклад подано на рисунку 2.2;

```
decision_tree = DecisionTreeRegressor(random_state=42)
decision_tree.fit(X_train, y_train)
```

Рисунок 2.2 — Побудова моделі дерев рішень мовою Python

— випадковий ліс (Random forest) є розширенням моделі дерев рішень і може надати більш точні прогнози, особливо при великій кількості ознак. Приклад подано на рисунку 2.3;

```
rf = RandomForestRegressor(random_state=42)
rf.fit(X_train, y_train)
```

Рисунок 2.3 — Побудова моделі випадкового лісу мовою Python

— градієнтний спуск може покращити точність прогнозів шляхом комбінування багатьох слабких моделей. Приклад подано на рисунку 2.4;

```
gb_regressor = GradientBoostingRegressor(n_estimators=100, learning_rate=0.1,
max_depth=3, random_state=42)
gb_regressor.fit(X_train, y_train)
```

Рисунок 2.4 — Побудова моделі градієнтного спуску мовою Python

— для більш складних завдань, таких як прогнозування викидів CO_2, модель на основі нейронних мереж може бути корисною, особливо якщо є велика кількість даних. Приклад подано на рисунку 2.5;

```
mlp = MLPRegressor(hidden_layer_sizes=(100, 50), max_iter=1000, random_state=42)
mlp.fit(X_train, y_train)
```

Рисунок 2.5 — Побудова моделі на основі нейронної мережі мовою програмування Python

Вибір конкретної моделі залежить від різних факторів, таких як розмір набору даних, характеристики даних, обчислювальні ресурси та бажаний рівень точності. Як правило, програміст повинен спробувати кілька моделей і порівняти їхні результати за допомогою метрик ефективності, таких як середньоквадратична помилка (MSE) чи коефіцієнт детермінації (R-squared), щоб визначити найкращу модель для конкретної задачі. Формула розрахунку середньоквадратичної помилки має вигляд:

$$MSE = 1/n \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \tilde{y}_i \right)^2 ,$$

де MSE — середньоквадратична помилка; n — кількість спостережень; y_i — фактична координата спостереження; $\tilde{y}_i$ — передбачена координата спостереження.

Вибір правильної моделі машинного навчання для задачі прогнозування викидів CO_2 довільного автомобіля на базі відомого набору даних — ключовий етап дослідження. Для вибору найбільш підходящої моделі для розв’язання поставленої задачі було здійснено такі кроки:

— формулювання завдання регресії, оскільки метою є прогнозування числового значення (рівень викидів CO_2) на основі вхідних ознак (технічних характеристик автомобілів);

— аналіз даних і вивчення їхнього розподілу та взаємозв’язків між ознаками й цільовою змінною. Це допомогло зрозуміти, чи існують нелінійні залежності, а також виявити важливі ознаки;

— наступним етапом є вибір моделі. Оскільки раніше вже було визначено, що необхідною моделлю є саме модель регресії, наступним логічним кроком стало дослідження простих моделей, таких як лінійна регресія. Як відомо, лінійна регресія завжди є правильним вибором, якщо залежність між ознаками і цільовою змінною лінійна. Для дослідження, чи є лінійна залежність між ознаками і цільовою змінною, було виконано певні кроки. Одним із способів перевірки лінійної залежності є обчислення кореляційних коефіцієнтів між окремими ознаками і цільовою змінною. Найпоширенішим є коефіцієнт лінійної кореляції

Пірсона (Pearson’s correlation coefficient) [21]. Значення, близькі до 1 або -1, вказують на сильну лінійну залежність (позитивну або негативну), а значення, близькі до 0, свідчать про відсутність лінійної залежності. Побудова графіків для кожної ознаки відносної цільової змінної служить наочним засобом візуалізації залежностей. Одним з досліджуваних методів візуалізації є діаграма розсіювання (scatter plot) або проста регресійна лінія на графіку. Розташування точок навколо лінійної функції свідчить про лінійну залежність. Після побудови лінійно-регресійної моделі слід оцінити коефіцієнт детермінації R-squared, який вказує на відхилення цільової змінної. Високе значення R-squared (близьке до 1) свідчить про сильну лінійну залежність, в той час, як низьке значення вказує на відсутність залежності. Після навчання моделі лінійної регресії доцільним кроком є побудова графіка залишкових помилок. Якщо залишкові помилки розташовані хаотично навколо горизонтальної лінії, це вказує на лінійну залежність. У разі систематичних відхилень, слід зважити, що залежність є нелінійною. Визначення точності моделі продемонстровано на рисунку 2.6.

```
# Обчислення MSE
mse = mean_squared_error(y_test, lr_predictions)
# Обчислення MAE
mae = mean_absolute_error(y_test, lr_predictions)
# Обчислення R-squared
r2 = r2_score(y_test, lr_predictions)
print("Mean Squared Error (MSE):", mse)
print("Mean Absolute Error (MAE):", mae)
print("R-squared:", r2)
```

Рисунок 2.6 — Визначення точності моделі мовою Python

У загальному комбінування цих методів перевірки точності і способів візуалізації допомагає визначити, чи існує лінійна залежність між ознаками і цільовою змінною. Необхідно виконати порівняння різних моделей за допомогою метрик, таких як середньоквадратична помилка (MSE) чи коефіцієнт детермінації (R-squared). Слід також зважати на інші фактори, такі як обсяг даних, ресурси для навчання моделі, час і вимоги до інтерпретованості.

У загальному випадку правильний вибір моделі машинного навчання вимагає балансу між складністю моделі та якістю прогнозування. Він також може залежати від конкретних особливостей набору даних і поставлених цілей дослідження. У випадку поставленої задачі та наявного набору даних за допомогою проведення оціночних розрахунків і порівняння результатів з іншими моделями було визначено, що лінійна регресія цілком підходить для задачі прогнозування викидів CO_2.

2.2. Подання набору даних і виявлення залежностей

Лінійна регресія є однією з найкращих моделей для визначення рівня викидів CO_2 довільного автомобіля з використанням наданих технічних характеристик, особливо у випадку прогнозування викидів вуглекислого газу легковими автомобілями, де розглядається залежність між кількома незалежними ознаками (технічними характеристиками автомобіля) і цільовою змінною (рівнем викидів CO_2).

Подані нижче критерії є обґрунтуванням вибору моделі лінійної регресії:

— у багатьох випадках споживання пального і викиди CO_2 можуть мати лінійний характер, що означає, що зі збільшенням однієї ознаки (наприклад, об’єму двигуна) може збільшуватися рівень викидів CO_2;

— лінійна регресія є простою моделлю, яку легко інтерпретувати, тому можна точно визначити, як кожен коефіцієнт впливає на прогнозований рівень викидів CO_2;

— оскільки поставленою задачею є прогнозування числової змінної (рівня викидів CO_2) на основі числових характеристик автомобіля, лінійна регресія може добре впоратися з цією задачею;

— у випадку, коли дано невелику кількість ознак (технічних характеристик), лінійна регресія може бути відмінним варіантом. В інших

випадках, коли кількість ознак велика, можуть виникнути проблеми зі збіжністю і перенавчанням;

— лінійна регресія є швидким та ефективним алгоритмом навчання, який може бути використаний для великих обсягів даних.

Проте, важливо також враховувати, що лінійна регресія може бути доповнена поліноміальними ознаками або іншими методами для моделювання нелінійних залежностей, якщо вони присутні в наборі даних. Тобто, поліном може розглядатися як можливий варіант удосконалення.

Записи з набору даних подано на рисунку 2.7. Вони містять інформацію про різні автомобілі, включаючи такі ознаки, як модель, тип, кількість циліндрів, розмір двигуна, тип трансмісії та витрати пального.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	MODELYEAR	MAKE	MODEL	VEHICLECLASS	ENGINESIZE	CYL	TRANS	FU	FUELC	FUEL	FUEL	FUEL	CO2EMISSIONS
2	2014	ACURA	ILX	COMPACT	2	4	AS5	Z	9.9	6.7	8.5	33	**196**
3	2014	ACURA	ILX	COMPACT	2.4	4	M6	Z	11.2	7.7	9.6	29	**221**
4	2014	ACURA	ILX HYBF	COMPACT	1.5	4	AV7	Z	6	5.8	5.9	48	**136**
5	2014	ACURA	MDX 4WI	SUV - SMALL	3.5	6	AS6	Z	12.7	9.1	11.1	25	**255**
6	2014	ACURA	RDX AWI	SUV - SMALL	3.5	6	AS6	Z	12.1	8.7	10.6	27	**244**
7	2014	ACURA	RLX	MID-SIZE	3.5	6	AS6	Z	11.9	7.7	10	28	**230**
8	2014	ACURA	TL	MID-SIZE	3.5	6	AS6	Z	11.8	8.1	10.1	28	**232**
9	2014	ACURA	TL AWD	MID-SIZE	3.7	6	AS6	Z	12.8	9	11.1	25	**255**
10	2014	ACURA	TL AWD	MID-SIZE	3.7	6	M6	Z	13.4	9.5	11.6	24	**267**
11	2014	ACURA	TSX	COMPACT	2.4	4	AS5	Z	10.6	7.5	9.2	31	**212**
12	2014	ACURA	TSX	COMPACT	2.4	4	M6	Z	11.2	8.1	9.8	29	**225**
13	2014	ACURA	TSX	COMPACT	3.5	6	AS5	Z	12.1	8.3	10.4	27	**239**
14	2014	ASTON MARTIN	DB9	MINICOMPACT	5.9	12	A6	Z	18	12.6	15.6	18	**359**
15	2014	ASTON MARTIN	RAPIDE	SUBCOMPACT	5.9	12	A6	Z	18	12.6	15.6	18	**359**
16	2014	ASTON MARTIN	V8 VANT	TWO-SEATER	4.7	8	AM7	Z	17.4	11.3	14.7	19	**338**
17	2014	ASTON MARTIN	V8 VANT	TWO-SEATER	4.7	8	M6	Z	18.1	12.2	15.4	18	**354**
18	2014	ASTON MARTIN	V8 VANT	TWO-SEATER	4.7	8	AM7	Z	17.4	11.3	14.7	19	**338**
19	2014	ASTON MARTIN	V8 VANT	TWO-SEATER	4.7	8	M6	Z	18.1	12.2	15.4	18	**354**
20	2014	ASTON MARTIN	VANQUI	MINICOMPACT	5.9	12	A6	Z	18	12.6	15.6	18	**359**
21	2014	AUDI	A4	COMPACT	2	4	AV8	Z	9.9	7.4	8.8	32	**202**
22	2014	AUDI	A4 QUAT	COMPACT	2	4	AS8	Z	11.5	8.1	10	28	**230**
23	2014	AUDI	A4 QUAT	COMPACT	2	4	M6	Z	10.8	7.5	9.3	30	**214**
24	2014	AUDI	A5 CABF	SUBCOMPACT	2	4	AS8	Z	11.5	8.1	10	28	**230**
25	2014	AUDI	A5 QUAT	SUBCOMPACT	2	4	AS8	Z	11.5	8.1	10	28	**230**
26	2014	AUDI	A5 QUAT	SUBCOMPACT	2	4	M6	Z	10.8	7.5	9.3	30	**214**
27	2014	AUDI	A6 QUAT	MID-SIZE	2	4	AS8	Z	12	8.1	10.2	28	**235**
28	2014	AUDI	A6 QUAT	MID-SIZE	3	6	AS8	Z	12.8	8.6	10.9	26	**251**
29	2014	AUDI	A6 QUAT	MID-SIZE	3	6	AS8	D	9.8	6.4	8.3	34	**224**
30	2014	AUDI	A7 QUAT	MID-SIZE	3	6	AS8	Z	13.1	8.8	11.2	25	**258**

Рисунок 2.7 — Набір даних різних моделей автомобілів відносно їхніх викидів

Коротка характеристика основних ознак набору даних така:

— модель (Make/Model). Ця ознака вказує на виробника і модель автомобіля, наприклад, AUDI CABRIOLET, BENTLEY CONTINENTAL GT, BMW 320 тощо;

— тип автомобіля (Vehicle Class). Ця ознака вказує на клас автомобіля, такий як SUBCOMPACT, COMPACT, MID-SIZE, SUV-SMALL, TWO-SEATER тощо;

— кількість циліндрів (Cylinders). Вказує на кількість циліндрів у двигуні автомобіля;

— розмір двигуна (Engine Size). Вказує на розмір двигуна автомобіля. Позначається цифровою, наприклад, 2.0, 5.9 тощо;

— тип трансмісії (Transmission). Вказує на тип трансмісії автомобіля, наприклад, A7 або AS8;

— тип пального (Fuel Type). Вказує на тип пального, яке використовується автомобілем. Як правило, Z для бензину, D для дизельного пального;

— витрата пального в місті (Fuel Consumption City). Ця ознака вказує на середню витрату пального в місті;

— витрата пального на трасі (Fuel Consumption Hwy). Вказує на середню витрату пального на трасі;

— загальна витрата пального (Fuel Consumption Comb). Ця ознака вказує на загальну середню витрату пального для автомобіля, обчислену як комбінація міської і трасової витрати пального. Як правило, це значення є середнім між трасовою і міською витратами пального.

Ці ознаки можуть бути корисними для прогнозування викидів вуглекислого газу (CO2EMISSIONS) для кожного автомобіля, на основі використання різних моделей машинного навчання. У загальному, для аналізу і прогнозу викидів вуглекислого газу можна використовувати різні методи, включаючи лінійну регресію, нейронні мережі, градієнтний спуск, поліноміальну регресію і дерева рішень.

2.3. Побудова LR-моделі та оцінка точності

Для побудови моделі лінійної регресії (LR) з метою визначення рівня викидів вуглекислого газу (CO_2) автомобіля можна використовувати мову Python

і популярні бібліотеки для машинного навчання, такі як scikit-learn. Першим кроком є пошук набору даних, який містить записи про рівень викидів CO_2 та інші властивості автомобілів, такі як об'єм двигуна, тип пального, вага автомобіля тощо. Дані мають бути очищені від відсутніх значень або помилок. Далі дані слід розділити на навчальний і тестовий набори. Навчальний набір буде використовуватися для навчання моделі, а тестовий — для її оцінки. Найважливішим кроком є вибір реалізації моделі лінійної регресії з бібліотеки scikit-learn. Останнім кроком є використання навчального набору для навчання моделі, де цільовою змінною є рівень викидів CO_2, а ознаками є різні характеристики автомобілів. Це продемонстровано на рисунку 2.8.

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.metrics import mean_squared_error, mean_absolute_error, r2_score
import numpy as np

# Завантаження та підготовка даних
X = your_data[['ENGINESIZE', 'CYLINDERS', 'FUELCONSUMPTION_COMB']]
y = your_data['CO2EMISSIONS']
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Навчання моделі лінійної регресії
lr_model = LinearRegression()
lr_model.fit(X_train, y_train)

# Передбачення на тестовому наборі
lr_predictions = lr_model.predict(X_test)
```

Рисунок 2.8 — Обробка набору даних мовою Python

Використання тестового набору даних для оцінки точності моделі за допомогою метрик, таких як середньоквадратична помилка (Mean Squared Error, MSE) і коефіцієнт детермінації (R-squared) продемонстровано на рисунку 2.9.

```
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score
# Прогнозування на тестовому наборі
y_pred = model.predict(X_tes
# Розрахунок MSE
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
# Розрахунок R-squared
r2 = r2_score(y_test, y_pred)
```

Рисунок 2.9 — Розрахунок MSE мовою Python

Після побудови моделі треба розглянути можливості її застосування і можливого вдосконалення. Після успішного використання навченої моделі прогнозування рівня викидів CO_2 для нових автомобілів на основі їхніх характеристик треба:

— побудувати графік реальних та прогнозованих значень для відображення результатів. Також можна оцінити значення в цифрах;

— застосувати техніку підбору ознак, наскрізної перевірки та гіперпараметризації для покращення точності моделі;

— зберегти навчену модель для подальшого використання без необхідності повторного навчання для оптимізації ресурсів.

Таким є загальний процес побудови моделі лінійної регресії для визначення рівня викидів CO_2 автомобіля засобами Python та scikit-learn. Результати моделі можуть бути корисними для оцінки й мінімізації екологічних ризиків, пов’язаних з автомобільними викидами.

Далі розглядається комплексний підхід до створення та оцінки моделі лінійної регресії, оскільки, відповідно до попередніх кроків визначення підходящої моделі, вона є найкращою моделлю для розв’язання поставленої задачі. Код для розрахунку якості алгоритму подано на рисунку 2.10.

```
lr = LinearRegression()
lr.fit(X_train, y_train)
# Make predictions on the test set
lr_predictions = lr.predict(X_test)
# Calculate MSE
mse = mean_squared_error(y_test, lr_predictions)
# Calculate MAE
mae = mean_absolute_error(y_test, lr_predictions)
# Calculate R-squared
r2 = r2_score(y_test, lr_predictions)
print("Mean Squared Error (MSE):", mse)
print("Mean Absolute Error (MAE):", mae)
print("R-squared:", r2)
```

Рисунок 2.10 — Розрахунок помилок моделі лінійної регресії мовою Python

Виконання коду, поданого на рисунку 2.10, на наявному наборі даних дасть результат, зображений на рисунку 2.11.

```
/usr/bin/python3.8 /home/sholovachuk/PROJECTS/MY/CO2-ml-predictor/tests/1.py
Mean Squared Error (MSE): 212.8551370148302
Mean Absolute Error (MAE): 6.72159398351649
R-squared: 0.9359705206914069
Process finished with exit code 0
```

Рисунок 2.11 — Результат оцінки моделі лінійної регресії

Результати ефективності моделі тлумачаться так:

— значення середньоквадратичної помилки (MSE) становить 212,86. Вищі значення MSE вказують на вище відхилення прогнозів моделі від фактичних даних. Значення MSE в даному випадку може бути великим або невеликим залежно від конкретної ситуації [22]. Для оцінки важливо розуміти масштаб задачі і природу даних. Число у такій ситуації стає показовим, коли дослідник даних (Data Scientist) робить спроби поліпшити передбачувальну здатність моделі і порівнює MSE кожної ітерації, вибираючи таке рівняння, яке згенерує найменшу похибку в прогнозах;

— значення Mean Absolute Error (MAE) дорівнює 6,72. Показник MAE вимірює середню абсолютну помилку моделі, і вищі значення MAE вказують на більше середнє відхилення між прогнозами і фактичними даними. Тому значення MAE має бути оцінене в контексті конкретної задачі в порівняльній характеристиці;

— значення R-squared (R^2) дорівнює 0,936. Показник R-squared вказує на те, яка частина дисперсії цільової змінної (викидів CO_2) пояснюється моделлю. Значення, близьке до 1, вказує на те, що модель добре описує варіацію даних. У випадку даної роботи R-squared досить велике, що може свідчити про високу пояснювальну здатність моделі.

Відповідь на запитання, чи є ці результати хорошими, залежить від конкретної задачі і вимог. Слід звернути увагу, що, як правило, вищий R-squared і нижчі MAE і відносний MSE вказують на кращу модель. Проте, це повинно бути узгоджено з конкретними потребами та обмеженнями проєкту. Слід, також, враховувати додаткові фактори, такі як природа даних і вимоги до точності прогнозування. Важливо визначити, чи результати відповідають вимогам і чи

можливі подальші покращення моделі для досягнення кращої точності прогнозування [23].

У результаті нескладних маніпуляцій код, поданий на початку розділу, можна адаптувати для використання різних моделей машинного навчання, тим самим порівнюючи значення помилок і відхилень різних алгоритмів. У результаті такого підбору визначено, що лінійна регресія показує хороші результати і може бути застосована в проєкті.

2.4. Висновки до розділу 2

У другому розділі розглянуто методично-математичне забезпечення прогнозування викидів вуглекислого газу автомобілів залежно від їхніх технічних характеристик. Також проаналізовано сутність побудови моделі, здатної проводити розрахунок викидів CO_2 довільного автомобіля, виконано порівняльний аналіз та обчислено похибки різних методів машинного навчання в контексті розв’язання задачі прогнозування викидів CO_2. В якості підходящої моделі обрано модель лінійної регресії. Крім цього, представлений наявний статистичний набір даних (датасет), який служить джерелом навчання для прогнозуючої моделі. Надано детальну характеристику робочих даних.

3. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ ВИКИДІВ CO_2

У попередньому розділі йшлося переважно про реалізацію моделі машинного навчання, яка представляє лише суто-технічний засіб, здатний розрахувати певну цифру, в даному випадку, кількість викидів CO_2 на основі вхідних параметрів. Це є важливим компонентом системи, але зрозуміло, що користувачі не будуть взаємодіяти з нею напряму. Тому, є необхідність реалізувати повноцінну веб-систему, яка надасть широкий функціонал і зможе повною мірою розкрити бізнес-ідею програмного застосунку. Така веб-система має відповідати всім критеріям повноцінного веб-додатку, серед яких можливість збереження стану (а отже, має бути реалізованим застосування бази даних), надання можливості авторизації та аутентифікації, щоб у кожного користувача був особистий кабінет у системі, захищений персональним паролем, впровадження обробки бізнес-сценаріїв, тобто надання функціоналу, в якому користувачі зацікавлені, реалізація внутрішньосистемних процесів, а саме створення обробників запитів.

Система має відповідати всім потребам користувача, а для цього необхідно їх детально розібрати й реалізувати найоптимальнішим способом.

3.1. Проєктування веб-системи

Реалізація веб-системи моніторингу і прогнозування викидів CO_2 для взаємодії з користувачем через особистий кабінет може включати в себе такі функціональні етапи, які напряму відповідають конкретним пунктам меню програми:

— реєстрація і авторизація користувачів, яка включає в себе створення системи реєстрації нових користувачів і авторизації вже існуючих, а також захист даних користувачів із використанням паролів та інших методів аутентифікації;

— особистий кабінет користувача, що включає в себе створення особистого кабінету для кожного користувача, де він може задавати свої налаштування і переглядати результати моніторингу, а також можливість встановлення особистих параметрів і вибору індивідуальних налаштувань;

— відображення даних моніторингу, яке включає в себе показ статистики викидів CO_2 для конкретного користувача, крім того, графічне відображення динаміки викидів на графіках і діаграмах, а також сповіщення і повідомлення про важливі події або перевищення нормативів;

— прогнозування викидів CO_2, яке включає в себе використання моделей машинного навчання для прогнозування майбутніх викидів CO_2 на основі вхідних даних; автоматичне оновлення прогнозів на підставі нових даних;

— моніторинг параметрів автомобілів, який включає в себе додаткову можливість користувачів вводити дані про параметри своїх автомобілів, такі як об’єм двигуна, витрати пального тощо, а також проводити аналіз цих параметрів для покращення точності прогнозів;

— сповіщення і рекомендації, які включають в себе можливість надсилати користувачам сповіщення з боку системи про важливі зміни викидів або рекомендації щодо зменшення викидів CO_2;

— адміністративний доступ, який означає доступ до адміністративної панелі для керування обліковими записами користувачів, моніторингом та іншими налаштуваннями системи;

— захист даних і конфіденційність, які включають забезпечення високого рівня безпеки даних користувачів і даних про їхні викиди CO_2, а також отримання нормативів і правил щодо захисту особистих даних;

— створення API-інтерфейсу для інтеграції з іншими додатками і платформами;

— тестування і вдосконалення, які включають проведення тестів для перевірки працездатності системи і виправлення помилок, а також постійне вдосконалення системи на основі відгуку користувачів та аналізу даних;

— інфраструктура і хостинг, які означають вибір і налаштування інфраструктури для веб-хостингу, який стане домашньою сторінкою веб-сайту;

— підготовка документації для користувачів і навчання їх користуванню системою.

Зазначені етапи є алгоритмом створення веб-системи моніторингу і прогнозування викидів CO_2 для взаємодії з користувачем через особистий кабінет. Важливо також врахувати специфічні потреби і вимоги користувачів і бізнес-цілі проєкту.

Необхідним кроком у побудові будь-якого проєкту є стадія аналізу і планування архітектури майбутньої системи. Початковим етапом є підготовка технічного завдання програмного продукту. Наступні етапи полягають в аналізі вимог до системи і побудові різноманітних діаграм, серед яких можна виділити такі:

— діаграми взаємодії (usecase-діаграми прецедентів);

— діаграми структури і зв’язків класів (UML-діаграми класів);

— інформційно-логічна схема бази даних (ERD-діаграма бази даних).

Було узгоджено побудувати продукт на основі сучасного фреймворку Spring популярної мови програмування Java і забезпечення http-комунікації з Python-сервером, відповідальним за обчислення на основі машинного навчання.

Базовими вхідними даними є:

— персональні дані користувача для реєстрації та входу в систему;

— набір даних для навчання моделі прогнозування;

— характеристики автомобіля, на основі яких модель прогнозує кількість викидів CO_2.

Визначаючи функціональні вимоги веб-додатку, можна звернути додаткову увагу на те, що для кінцевого користувача додаток може бути доступним через браузер, оскільки веб-інтерфейс передбачає взаємодію з програмою саме таким

чином. У системі необхідним є такий функціонал: створення облікового запису і вхід у систему; персональний кабінет користувача; можливість перегляду статистики; прогнозування кількості викидів CO_2 засобами машинного навчання; відображення даних через візуальний веб-інтерфейс.

3.2. Розробка моделі бази даних системи і проєктування сутностей

Оскільки програма передбачає взаємодію з користувачами, одним із обов'язкових аспектів є створення можливості реєстрації та авторизації з подальшим доступом до особистого кабінету. Кожен користувач системи має власний обліковий запис, тому всі дані, які стосуються автомобілів і належать конкретному користувачеві, а також історія його поїздок, зберігаються в базі даних. Для цієї мети використовується система керування базами даних MySQL.

Модель зберігання описує, як дані фізично зберігаються у сховищі, такому як локальний диск, носій або мережеве сховище. Модель даних фіксує логічну структуру даних у базі даних, визначаючи їхні ключові аспекти.

Проєктування баз даних — це комплекс процесів, які включають у себе створення, розробку, впровадження та обслуговування систем керування даними для корпоративних потреб. Правильно спроєктована база даних повинна бути простою щодо обслуговування, забезпечувати узгодженість даних і оптимально використовувати пам'ять.

Головною метою проєктування баз даних є створення моделей для логічного і фізичного проєктування системи баз даних. Логічна модель визначає вимоги до даних та їхню структуру, незалежно від фізичних деталей зберігання. Фізична модель включає в себе аспекти, які стосуються фізичного розміщення даних на носіях і використання апаратних і програмних ресурсів, таких як системи керування базами даних (СКБД).

Для корпоративних веб-додатків надзвичайно важливою є правильно спроєктована база даних. Вона впливає на продуктивність, ефективне використання дискового простору і логічну структуру даних. База даних вважається добре спроєктованною, якщо її структура відповідає трьом нормальним формам, що забезпечують організованість і зменшення дублювання даних. Нормальні форми (НФ) у теорії баз даних визначають, наскільки ефективно база даних організована щодо зберігання та керування даними. Перша нормальна форма (1 НФ) стверджує, що кожен атрибут у кожному рядку має атомарні значення, тобто дані в ньому не можна поділити на менші структурні частини. Також, вона забороняє повторення груп даних. Друга нормальна форма (2 НФ) стверджує, що всі атрибути повинні бути по’язані з усіма ключовими атрибутами, а не тільки з частиною ключа. Жоден атрибут не може бути частково залежним від ключа. Третя нормальна форма (3 НФ) стверджує, що жоден неключовий атрибут не може бути транзитивно залежним від ключа. Також, вона забороняє транзитивну залежність неключових атрибутів один від одного. Використання цих нормальних форм допомагає уникнути аномалій у базі даних, таких як аномалії вставки, оновлення і видалення даних. У випадку великих баз даних, які піддаються регулярним оновленням, дотримання нормальних форм є важливим для підтримання цілісності та ефективності даних.

Оскільки обрана база даних є реляційною, виникає можливіть використання міжтабличних зв’язків (рисунок 3.1), зокрема, там присутні такі типи відношень [24]:

— багато-до-багатьох, коли кожен запис з першої таблиці може мати відповідність з кількома записами з другої таблиці, і навпаки. Наприклад, таблиця user має таке відношення з таблицею car;

— один-до-багатьох, коли один запис з однієї таблиці може мати зв’язок з багатьма записами з іншої таблиці. Наприклад, таблиця cars має таке відношення до таблиці trips;

— один-до-одного, коли кожен запис з однієї таблиці має точний відповідний запис в іншій таблиці.

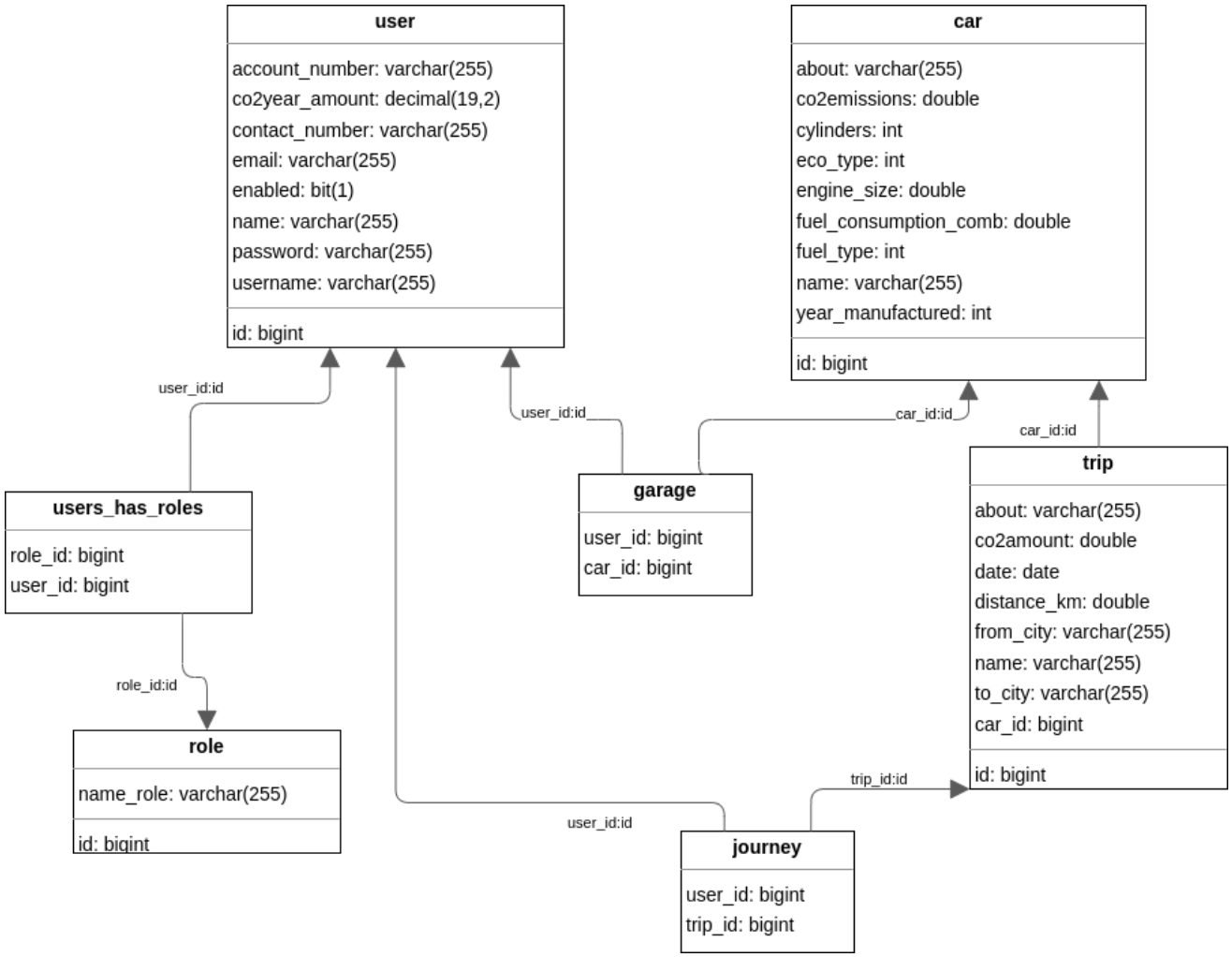

Рисунок 3.1 — Інформаційно-логічна модель бази даних

На рівні коду для взаємодії з базою даних використовується ORM Hibernate [25]. Об’єктно-реляційне відображення (ORM) — це концепція, яка полягає в можливості вираження запитів на рівні програмного коду, використовуючи об’єктно-орієнтований підхід. Засіб Hibernate ORM — це інструмент об’єктно-реляційного відображення для мови програмування Java. Він надає можливість відображення об’єктно-орієнтованої моделі домену в реляційну базу даних шляхом генерації SQL-запитів автоматично, що спрощує завдання розробника щодо обробки і перетворення результатів, які повертає база даних.

Відношення багато-до-багатьох реалізується на рівні коду декларативно за допомогою анотацій, наданих специфікацією JPA, яку Hibernate втілює на практиці.

Кожній програмі, яка опрацьовує дані, потрібно десь зберігати ці дані і отримувати їх назад. Як правило, дані записуються в базу даних за допомогою різних CRUD-операцій. Часто над цими даними виконуються складні операції перед їхньою передачею. Ці операції можуть включати злиття, фільтрування і перевірку даних.

Однак шар доступу до бази даних не повинен забезпечувати виконання складної бізнес-логіки. Для цього визначені сервіси. Взаємодія між різними рівнями системи може бути подана, як показано на рисунку 3.2.

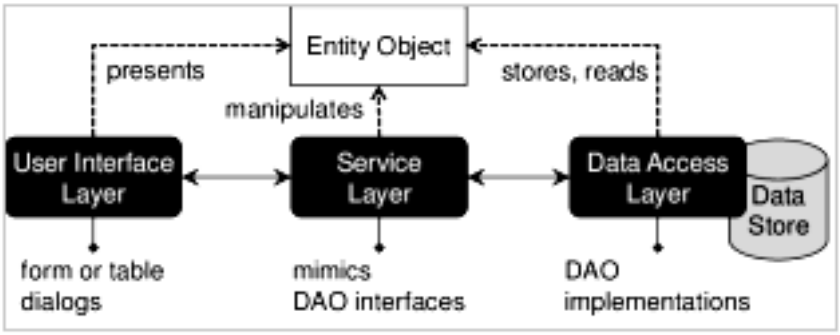

Рисунок 3.2 — Тришарова архітектура [9]

У застосунку використовуються такі шаблони проєктування для полегшення взаємодії з шаром доступу до даних:

— шаблон проєктування DAO pattern (шаблон об’єкта доступу до даних). Цей паттерн є абстракцією для збереження даних і, в багатьох випадках, відображає таблиці бази даних. Він спрощує спосіб збереження й отримання даних зі сховища, приховуючи складні SQL-запити;

— шаблон проєктування Repository pattern (репозиторій). Згідно з описом Еріка Еванса [26], репозиторій інкапсулює сховище, пошук і поведінку пошуку. В архітектурі корпоративних додатків цей шаблон проєктування відповідає за посередницьку взаємодію між шаром відображення домену та даними, використовуючи інтерфейс для доступу до об’єктів домену. Репозиторій також має справу з даними і приховує запити, схожі на DAO, але, як правило, розташований на більш високому рівні, ближче до бізнес-логіки програми.

Таким чином, у веб-додатку “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” шаблон проєктування репозиторій використовується засобами реалізації інтерфейсу JpaRepository і використання анотації Repository над відповідним класом. Модель ієрархії класів сутностей бази даних представлена на рисунку 3.3.

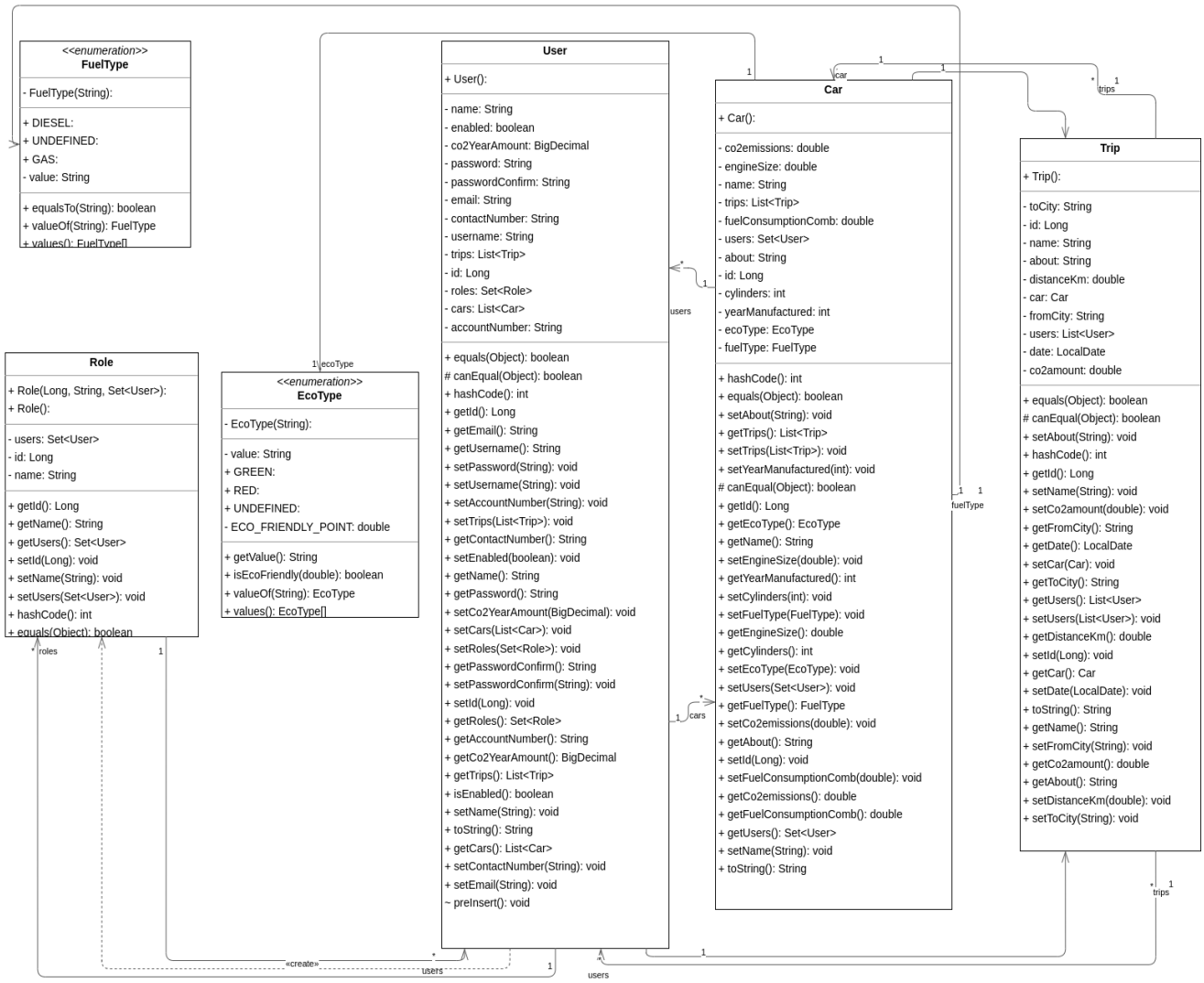

Рисунок 3.3 — Ієрархія класів сутностей бази даних

Ще однією зручною особливістю репозиторіїв Spring Data є можливість генерації SQL-запитів, базуючись на імені методу. Таким чином метод findAll(carId) буде генерувати запит “select * from cars where cad_id = :carId”. Це пришвидшує процес розробки і робить його зручнішим.

3.3. Реалізація внутрішньосистемної логіки

Використання Spring Framework для розробки програми веб-додатку “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” має численні переваги:

— широкий функціонал та інтеграція: Spring Framework надає широкий набір інструментів та бібліотек для швидкої розробки веб-додатків. Він підтримує інтеграцію з іншими технологіями і фреймворками, що дає можливість підключати різні компоненти і сервіси;

— модульність: Spring Framework пропонує концепцію інверсії керування (IoC) та контейнера залежностей. Це допомагає створювати добре розділені компоненти додатку, що спрощує розробку та підтримку;

— спрощення конфігурації: Spring надає анотації і XML-конфігурацію для налаштування компонентів, що робить процес конфігурації простішим і більш зрозумілим;

— підтримка RESTful API: Spring добре підтримує створення RESTful веб-сервісів, що дає можливість легко створювати API для взаємодії з іншими застосунками чи фронтендом;

— масштабованість: інструментарій Spring Framework має механізми для обробки багатьох запитів одночасно (concurrency) і масштабування застосунків;

— безпека: Spring Security надає потужні засоби для забезпечення безпеки додатків, включаючи аутентифікацію, авторизацію і захист від атак;

— легкість тестування: інструментарій Spring дає можливість легко тестувати окремі компоненти і модулі застосунку. Це важливо для забезпечення якості програми і вчасного виявлення помилок;

— підтримка мікросервісної архітектури: інструментарій Spring Cloud надає інструменти для розробки мікросервісних додатків, які легко масштабуються і підтримуються;

— активна спільнота і документація: інструментарій Spring має велику активну спільноту користувачів і розробників, а також документацію і приклади, що допомагають розв’язувати проблеми;

— підтримка Java та інших мов: Spring підтримує Java, а також інші мови програмування, серед яких популярна мова програмування мобільних застосунків Kotlin.

Усі ці переваги роблять Spring Framework [27] потужним інструментом для розробки веб-додатків, особливо для великих і складних проєктів, таких як “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання”, де важлива якість, безпека й ефективність роботи програми.

Опис реалізації внутрішньосистемної логіки розподіленого веб-додатку “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” з використанням Spring Framework на основі REST-комунікації з віддаленим сервером машинного навчання мовою Python включає в себе такі основні складові:

— налаштування Spring Framework Configuration. Першим кроком, з якого починається створення автоконфігурованого додатку засобами Spring Framework для вебдодатку за допомогою декларативного підходу, на основі анотацій SpringBootApplication, для запуску додатку і RestController для створення REST-контролерів. Кожна програма має точку запуску, своєрідну головну функцію, яка викликає підрядні функції. Приклад створення вхідної точки програми за допомогою декларатиного підходу подано на рисунку 3.4;

```
@SpringBootApplication
public class CO2EmissionApplication {
   public static void main(String[] args) {
         SpringApplication.run(CO2EmissionApplication.class,
args);
   }
}
```

Рисунок 3.4 — Точка запуску веб-додатку

— обробники запитів REST Controllers. Для того, щоб шляхи URL були відкритими для викликів клієнтами, необхідно створити REST-контролери для обробки запитів від клієнтів і викликів віддаленого сервера машинного навчання. Обробник запитів показано на рисунку 3.5;

```
@RestController
@RequestMapping("/api/co2")
public class CO2EmissionController {

   @Autowired
   private MachineLearningClient machineLearningClient;

   @PostMapping("/predict")
   public ResponseEntity<CO2PredictionResponse>
predictCO2Emission(@RequestBody CO2PredictionRequest
request) {
      // Виклик сервісу машинного навчання через
FeignClient
      CO2PredictionResponse prediction =
machineLearningClient.predictCO2(request);
      return ResponseEntity.ok(prediction);
   }
}
```

Рисунок 3.5 — Обробник запитів

— контролер виклику позасистемних компонентів Feign Client для налаштування комунікації з сервером машинного навчання. Використання анотації @FeignClient для взаємодії з віддаленим сервером машинного навчання мовою Python дає можливість реалізувати декларативний підхід до викликів віддаленого сервера засобами HTTP. Таким чином, немає необхідності кожного разу звертатися до віддаленого сервера через URL. У Spring Cloud програмний конфігуратор Feign — це декларативний http-клієнт, який дає можливість визначати інтерфейс з анотаціями і використовувати його для взаємодії з іншими мікросервісами або зовнішніми http-ресурсами. Контролер виклику

позасистемних компонентів Feign Client може мати приблизно такий вигляд, як зображено на рисунку 3.6.

```
@RestController
@RequestMapping("/api/co2")
public class CO2EmissionController {

   @Autowired
   private MachineLearningClient machineLearningClient;

   @PostMapping("/predict")
   public ResponseEntity<CO2PredictionResponse>
predictCO2Emission(@RequestBody CO2PredictionRequest
request) {
      // Виклик сервісу машинного навчання через
FeignClient
      CO2PredictionResponse prediction =
machineLearningClient.predictCO2(request);
      return ResponseEntity.ok(prediction);
   }
}
```

Рисунок 3.6 — Обробник запитів віддаленого сервера

— основою внутрішньосистемної логіки є прихований в окремі сервіси код, який виконує певні сценарії над отриманими даними і створює відповідь, яку клієнт розраховує отримати для подальших інтерпретацій результату (наприклад, відображення на екрані). Приклад показано на рисунку 3.7;

```
@Service
public class CO2EmissionService {

   public CO2PredictionResponse
predictCO2Emission(CO2PredictionRequest request) {
      // Реалізувати логіку прогнозування викидів CO2 тут
      // Виклик сервісу машинного навчання може бути
однією з операцій
      // Повернути результат прогнозу
   }
}
```

Рисунок 3.7 — Сервіс для обробки системної логіки

— моделі запиту і відповіді. Оскільки Java є типізованою мовою програмування, необхідно створити класи (типи), які будуть описувати модель даних запиту і відповіді сервера для передачі даних між клієнтом і сервером. Приклад зображено на рисунку 3.8;

```
public class CO2PredictionRequest {
   // Поля для передачі даних для прогнозу
}

public class CO2PredictionResponse {
   // Поля для отримання результату прогнозу
}
```

Рисунок 3.8 — Оголошені класи запиту і відповіді

— конфігурація Feign та інші налаштування. Оскільки Spring Framework надає широкі можливості налаштування аплікацій засобами автоконфігурації, у розробника зникає потреба писати шаблонний код, усе це буде оброблено фреймворком за умови, що розробник надасть основні вхідні параметри і залежності. Зокрема, така конфігурація є необхідною для Feign-клієнтів та інших конфігурацій засобами прописування налаштувань у файлах application.properties або application.yml.

Поданий вище список вказує послідовність основних кроків для реалізації загальної структури веб-додатку “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” за допомогою Spring Framework і Feign-Client для взаємодії з віддаленим сервером машинного навчання мовою Python. Повна реалізація є набагато складнішою та більш об’ємною, оскільки включає в себе обчислення, багатопоточність, взаємодії з базою даних, налаштування безпеки і конфіденційності, аутентифікацію, авторизацію, реєстрацію, перевірку коректності користувацьких взаємодій з програмою, персоналізацію користувацьких облікових записів, процеси планувальника подій, калькуляцій і окремо представлення (View), з яким взаємодіють напряму користувачі.

3.4. Висновки до розділу 3

У розділі виконано роботу щодо проєктування і реалізаціїї системи, яка дає можливість моніторити і прогнозувати рівень викидів вуглецю діоксиду (CO_2) в атмосферу.

Спочатку проведено проєктування веб-системи, яке включало в себе створення структури й архітектури системи. Важливим елементом є розробка структури зберігання даних системи і проєктування сутностей, які дають можливість зберігати інформацію про викиди CO_2 та інші важливі дані. Цей етап допоміг визначити, як система буде організована і як дані будуть зберігатисятаі оброблятися.

Реалізовано внутрішньосистемну логіку за допомогою Spring Framework, який є потужним інструментом для розробки веб-додатків. Інструментарій Spring дає можливість легко створювати компоненти, використовувати переваги інверсії керування і забезпечувати взаємодію між різними частинами системи. Також використано Feign Clients для викликів віддаленого сервера машинного навчання Python засобами протоколу REST. Це дало можливість забезпечити максимальну ефективність обчислень і прогнозувань рівнів викидів CO_2.

Усі ці етапи і компоненти системи ретельно розроблені з метою створення функціональної і ефективної системи для моніторингу і прогнозування викидів CO_2. Ця робота є внеском у сферу екологічного моніторингу і допомагає в зусиллях щодо збереження навколишнього середовища.

4. МЕТОДИКА ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧ-СИСТЕМА

Методика взаємодії користувача з системою “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” включає в себе такі етапи й можливості:

— користувач має можливість створити обліковий запис у системі, вводячи особисті дані та обираючи унікальний логін і пароль;

— після реєстрації користувач може авторизуватися в системі, вводячи свій логін і пароль;

— після авторизації користувач потрапляє до кабінету, де може керувати своїм обліковим записом і взаємодіяти з системою;

— можливість перегляду і редагування особистих даних, таких як ім’я, прізвище, контактна інформація тощо.

— користувач може завантажити дані про автомобільні рейси, серед яких інформація про відстань і характеристики автомобіля (об’єм двигуна, кількість циліндрів, середній розхід пального тощо). Ці дані важливі для прогнозування викидів CO_2;

— система використовує методи машинного навчання для прогнозування рівня викидів CO_2 на основі наданих даних;

— користувач має можливість здійснити прогнозування і отримати результати у зручному форматі, наприклад, у вигляді графіків або числових значень;

— користувач може переглядати результати прогнозування і аналізувати їх;

— користувач має можливість порівняти різні рейси за кількостями їхніх викидів CO_2;

— користувач може зберігати результати прогнозування і власні дані в системі;

— можливість завантаження раніше збережених даних для подальшого аналізу і прогнозування;

— користувач може вийти з облікового запису і завершити сесію.

Методика взаємодії користувача з додатком спрощує роботу з системою і надає зручний інтерфейс для моніторингу й аналізу викидів CO_2 під час автомобільних рейсів. Вона забезпечує користувачам доступ до важливої інформації і робить процес взаємодії доступнішим.

4.1. Варіанти використання системи й аналіз прецедентів

Програму “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” створено в якості інструмента, який дасть можливість будь-якому водію будь-якого автомобіля визначити кількість викидів під час будь-якої поїздки.

Логіку роботи системи зручно розглядати за допомогою діаграми прецедентів. Діаграма прецедентів візуально зображає різноманітні сценарії взаємодії між акторами (користувачами) і прецедентами (випадками використання), описує функціональні аспекти системи (бізнес-логіку). Діаграми прецедентів відіграють важливу роль в комунікації між збирачами вимог до проєкту і потенційними користувачами. Діаграми прецедентів, дописані бізнес-логікою і детальними специфікаціями прецедентів, успішно використовуються на всіх фазах проєкту (зародження, дизайн, програмування, тестування, документування). Діаграми прецедентів досліджуваної системи розробляються на ранній стадії розробки проєкту.

При побудові діаграм прецедентів враховують такі цілі: чітке вказання контексту системи; охоплення всіх вимог системи; перевірка архітектури системи; генерація тестових сценаріїв.

Розглядаючи функціонал, передбачений до використання користувачем системи зі статусом неавторизованого користувача (роль у системі — гість), можна виділити такі дії:

— перегляд загальної інформації на привітальній сторінці, яка в даному веб-додатку уособлює концепцію Landing-page (привітальної сторінки). Цей вид веб-сторінок призначений заохочувати користувача до певних дій, у даному випадку — почати використання застосунку;

— реєстрація облікового запису;

— вхід в існуючий обліковий запис.

Діаграма прецедентів ілюструє, також, можливі ситуації, коли система перехоплює ситуативні помилки і реагує на них. Як правило, виводячи на екран відповідне повідомлення. Проводячи лінії розмежування між ролями і допустимим функціоналом, можна розподілити можливості користувачів.

Неавторизований користувач (гість) має право (рисунок 4.1):

— переглядати привітальну сторінку;

— зареєструвати обліковий запис;

— увійти в систему.

Авторизований користувач має право (рисунок 4.2):

— переглядати системну дошку;

— переглядати гараж;

— додавати нові машини в гараж;

— редагувати дані збережених машин;

— розраховувати CO_2 планової поїздки;

— зберігати CO_2 завершеної поїздки;

— переглядати історію поїздок;

— аналізувати графіки своїх викидів CO_2;

— оцінювати свій екологічний статус;

— порівнювати середню кількість викидів конкретного місяця в поденному розрізі.

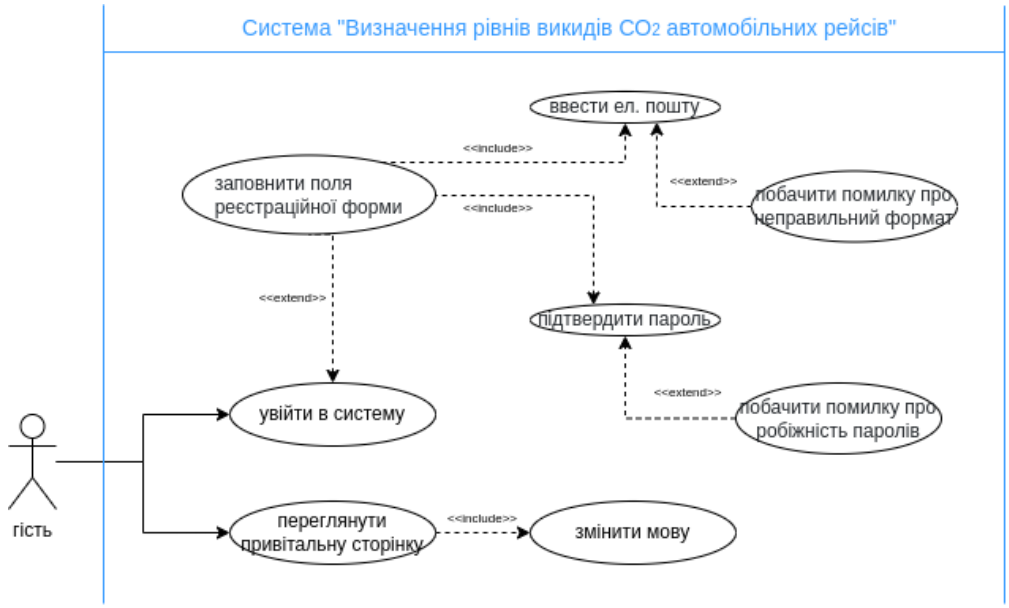

Рисунок 4.1 — Діаграма прецедентів неавторизованого в системі користувача

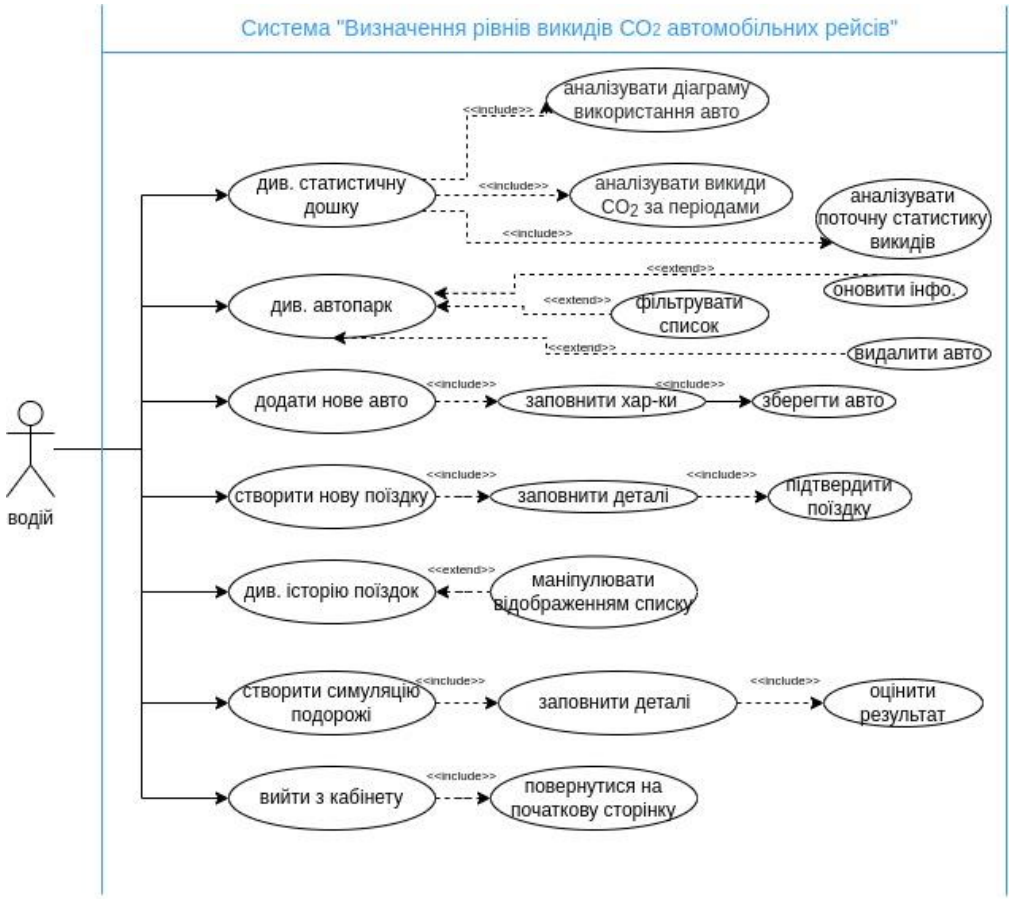

Рисунок 4.2 — Діаграма прецедентів авторизованого користувача

Як видно з діаграми прецедентів авторизованого користувач (роль у системі — водій). Функціонал стає більш розширеним порівняно з гостем.

4.2. Опис програмного модуля

Цей пункт спрямований на пояснення конкретних особливостей і принципів функціонування програми, а також структури програми. У пункті розглядаються такі підпункти: загальна інформація; функціональне призначення; опис логічної структури; використовувані технічні ресурси; процедура виклику і завантаження; вхідні дані; вихідні дані. Крім документативних пояснень, цей пункт містить графічні ілюстрації і діаграми, спрямовані на полегшення розуміння процесу передачі інформації.

Розроблене програмне забезпечення відповідає визначеним завданням і має необхідний функціонал, спрямований на забезпечення безперервного функціонування і можливості практичного використання. Продукт іменується як система “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання”. У процесі розробки було враховано ключові завдання системи, які дають можливість користувачам здійснювати моніторинг та аналіз рівнів викидів, використовуючи методи машинного навчання. Результатом є стійке й ефективне програмне забезпечення, яке може використовуватися для визначення викидів CO_2 і розробки стратегій для зменшення впливу на навколишнє середовище. Програма має ряд функцій, можливість зміни стану і користувацький інтерфейс, спрямований на спрощення взаємодії користувача з програмою.

4.2.1. Функціональне призначення

Програма пропонує реалізацію функціоналу, який відповідає різним підпунктам розробленого меню в контексті користувацького інтерфейсу. Розглядаючи функціональні можливості для різних ролей у системі, слід виділити дві основні ролі користувачів системи.

Для ролі “гість” надається можливість здійснення реєстрації, авторизації, перегляду привітальної сторінки і зміни мови інтерфейсу. Натомість,

авторизований користувач, що має роль “водій”, у свою чергу, має розширений набір функцій, який включає перегляд і аналіз особистої статистики. Такий користувач може зберігати дані про особисті транспортні засоби для подальшого використання, коригувати інформацію про автомобіль, а також здійснювати розрахунки викидів, враховуючи характеристики автомобіля. Крім того, авторизований користувач може отримувати розрахунки викидів під час поїздок, переглядати історію поїздок і статистику викидів. Серед доступних функцій також є перегляд графіків викидів CO_2.

Таким чином, описані функції визначають функціональність програми для різних ролей користувачів, сприяючи зручній і інформативній взаємодії з системою.

4.2.2. Опис логічної структури

Як було вказано в розділі 1, проєкт має структуру MVC (Model-View-Controller), яка ділить систему на три основні частини: модель, представлення і контролер. Модель ґрунтується на створених класах сутностей (Entity), які відповідають визначеній інформаційно-логічній моделі бази даних, описаній у розділі 2. Крім того, модель містить в собі бізнес-логіку, описану на рівні сервісів. Також в моделі знаходиться рівень доступу до бази даних, відомий як репозиторії або DAO (Data Access Object), також описаний у розділі 2.

Контролери представляють рівень системи, взаємодіючи з яким, користувач може впливати на систему. У веб-додатку контролери обробляють http-запити і надсилають на них відповіді. Ієрархія контролерів зображена на рисунку 4.3, ієрархія класів сервісного рівня подана на рисунку 4.4, а ієрархія класів моделі — на рисунку 4.5.

У системі Spring Framework контролери відіграють ключову роль у взаємодії з користувачем і обробці http-запитів. Контролери відповідають за обробку вхідних запитів, взаємодію з моделлю і відправку відповідей. Контролери в Spring визначаються за допомогою анотацій, які вказують, як саме

клас повинен обробляти http-запити, які приходять безпосередньо від користувача.

Рисунок 4.3 — Діаграма класів ієрархії контролерів

UML-діаграма ієрархії сервісів може бути подана у вигляді діаграми класів. На діаграмі класів є можливість показати класи, які представляють різні сервіси і їхні взаємозв’язки. На рисунку 4.4 подано UML-діаграму ієрархії класів сервісного рівня у вигляді діаграми класів.

На рисунку 4.5 подано UML-діаграму ієрархії класів рівня моделі, яка відображає структуру і зв’язки між основними сутностями моделі, які, в свою чергу, є дзеркальним відображенням таблиць бази даних у коді програми.

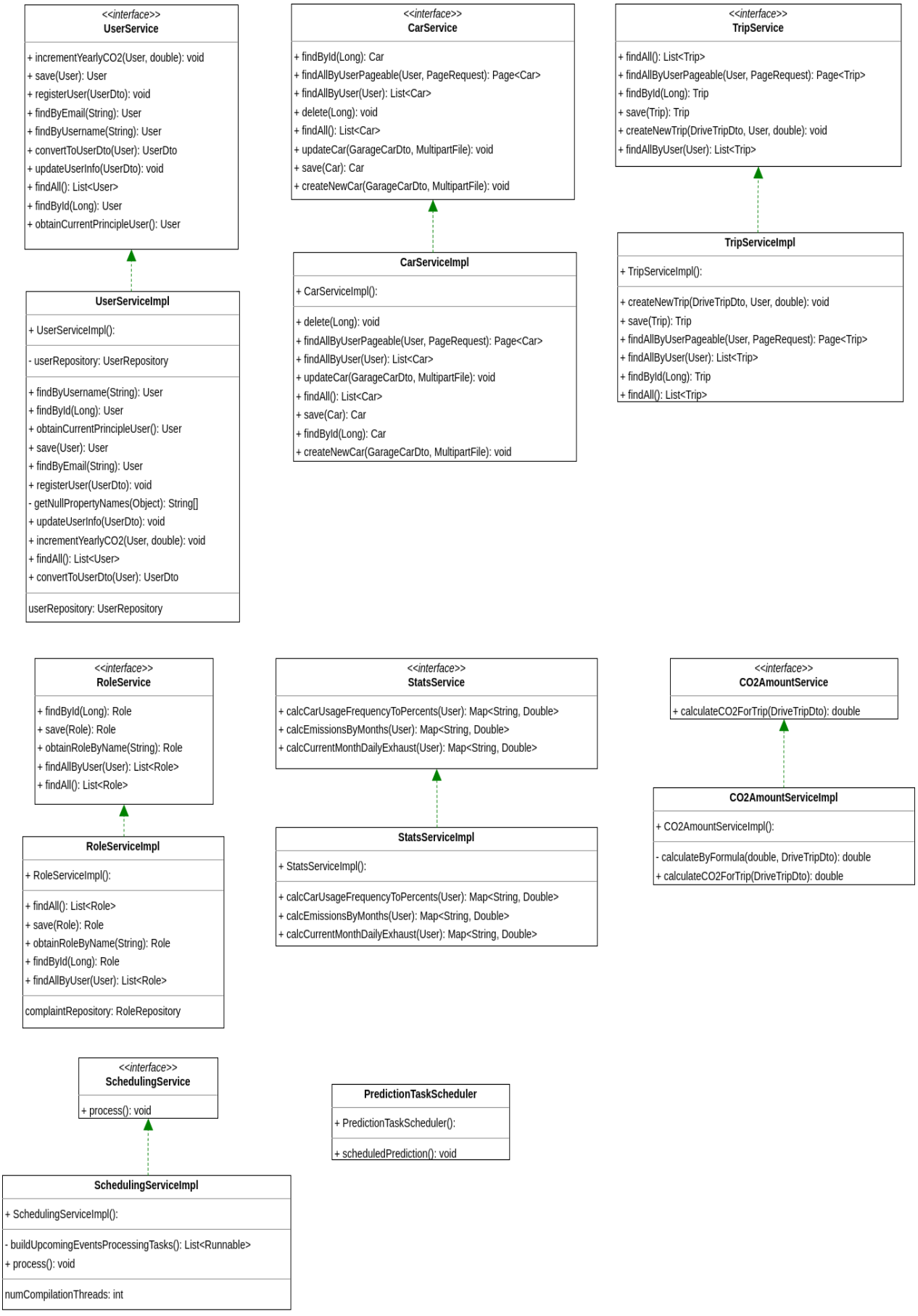

Рисунок 4.4 — Класова UML-діаграма ієрархії сервісів

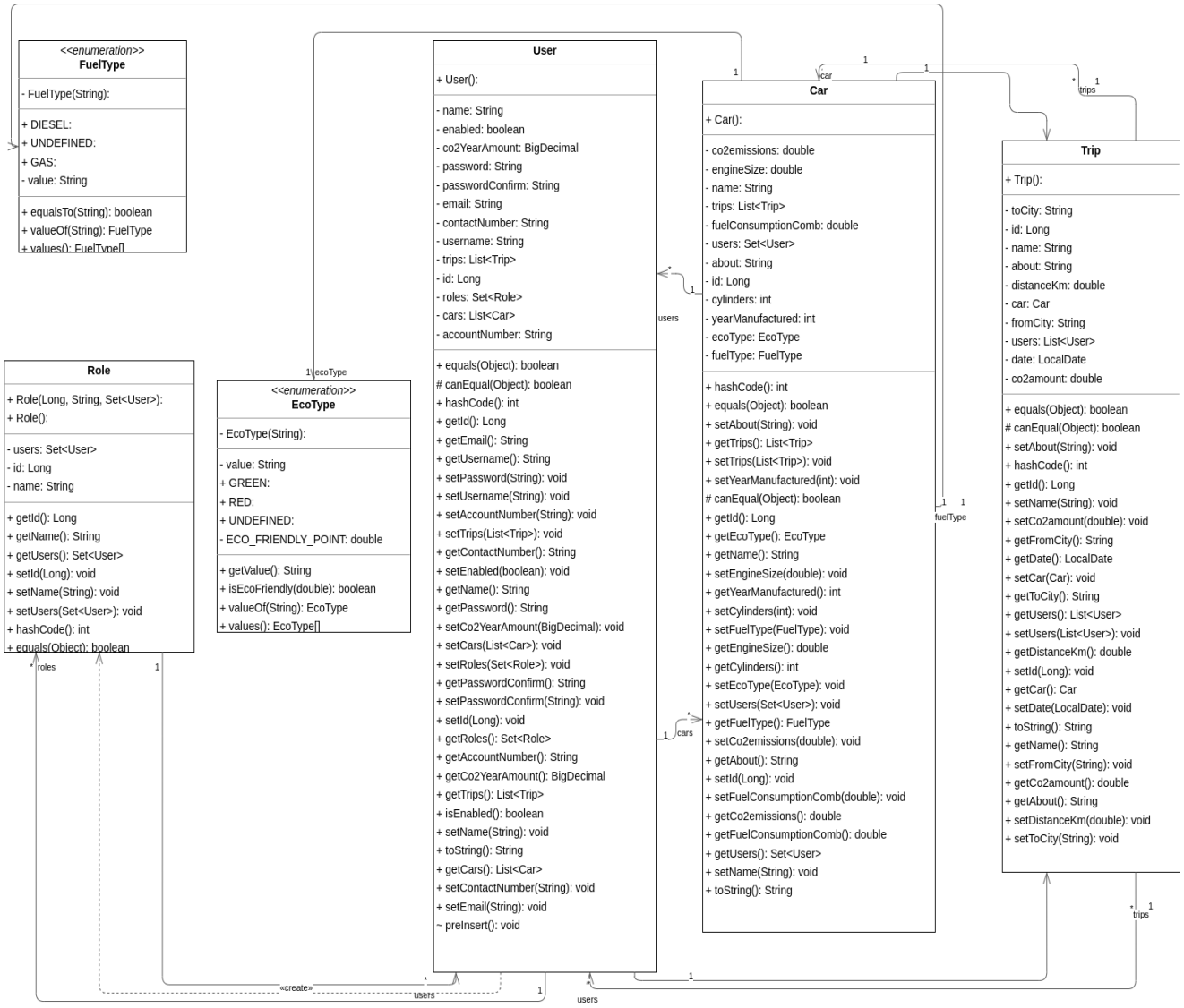

Рисунок 4.5 — UML-діаграма ієрархії моделей

Ця діаграма включає зв’язки асоціації та агрегації між класами моделей з метою подання взаємодії і співвідношення цих класів в контексті програмної системи. Це допомагає детальніше розкрити структурні й логічні зв’язки моделей, які використовуються для визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів.

4.4.3. Використані технічні засоби

Програмний продукт створено на технічній платформі ноутбука Dell VOSTRO з процесором Intel Core i7 з тактовою частотою 3.4 ГГц, обсягом

накопичувача SSD 1Тб, оперативною пам’яттю DDR4 обсягом 32 Гб з тактовою частотою 2133 МГц.

Для розробки програмного продукту використано середовище розробки IntelliJ IDEA версії 2023.2. Середовище IntelliJ IDEA є продуктом компанії JetBrains, який включає в себе інтегроване середовище розробки програмного забезпечення і ряд інших інструментів. Це середовище розробки має такі переваги: зручний інтерфейс; наявність шаблонів для побудови коду; система підказок; повідомлення про помилки, які містять посилання на офіційний веб-сайт з підказками щодо можливих причин виникнення і способів розв’язаня; можливість використання студентської ліцензії; велика спільнота і підтримка користувачів; комплексний набір інструментів у одному середовищі.

4.4.4. Виклик і завантаження

Користувачі можуть взаємодіяти з програмою, викликаючи її через інтерфейс. Наприклад, введенням даних про конкретний автомобільний рейс і отриманням прогнозу рівня викидів CO_2. Взаємодія користувача з програмою проходить відповідно до процесу, зображеного на рисунку 4.6.

Діаграма демонструє послідовний і покроковий порядок взаємодії користувача в системі від початкового стану, коли користувач ще є неавторизованим на момент входу в систему, до кінцевого стану, коли він, будучи авторизованим користувачем, виконує певні дії в системі.

4.4.5. Вхідні й вихідні дані

У вхідному потоці інформації для програми містяться такі дані:

— ідентифікаційні дані користувача, які він надає під час входу до системи або при реєстрації;

— набори даних, на основі яких модель лінійної регресії навчається;

— подробиці про подорож (зокрема, відстань та обраний автомобіль);

— характеристики автомобіля.

Рисунок 4.6 — Порядок взаємодії користувача і системи

Вихідний потік даних з програми включає:

— розрахований рівень викидів автомобіля;

— сумарний рівень викидів подорожі;

— збережена статистика викидів;

— збережена історія подорожей;

— збережені дані характеристик транспортного засобу.

4.3. Розгортання програми в середовищі

Програмний продукт “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” є веб-системою, доступною для розгортання

на інтернет-хостингу і використання користувачами з усього світу. Для розробки програмного коду використано мову програмування Java на базі JDK 11 з використанням фреймворку Spring. Взаємодія з базою даних забезпечена за допомогою MySQL, а окремий сервіс реалізовано мовою програмування Python. Інтерфейс користувача побудований з використанням HTML для структури, CSS для оформлення і JavaScript з бібліотекою jQuery для динамічного взаємодії з системою.

Для виконання та обробки HTTP-запитів програмний продукт вимагає контейнер сервлетів. Контейнер Tomcat є популярним веб-сервером і контейнером сервлетів, який підтримує розгортання веб-додатків Java. Ці додатки можуть включати в себе сервлети, JSP-сторінки для створення динамічного контенту, HTML-сторінки, JavaScript, CSS для оформлення, а також зображення і шрифти. Схема розшарування системи зображена на рисунку 4.7.

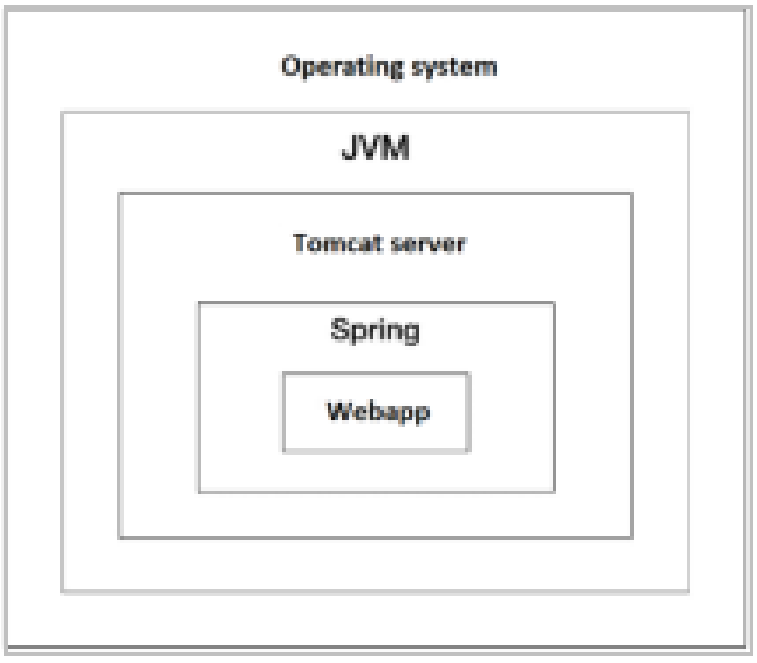

Рисунок 4.7 — Схема розшарування

На схемі, поданій на рисунку 4.7, відображено структуру розшарування створеного веб-додатку, від найвищого рівня — операційної системи, до самого

додатку, включаючи обгортки, серед яких контейнер сервлетів і віртуальна машина Java.

Таким чином, розроблений застосунок має досить зрозумілий процес розгортання. Користувачі взаємодіють із веб-додатком, відправляючи http-запити — це означає, що запити генеруються через графічний інтерфейс користувача в результаті конкретних дій [28].

Застосунок гарантує стабільну роботу і може обслуговувати запити користувачів за певних умов:

— наявність віддаленого сервера [29], на якому розгорнуто веб-додаток “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів”;

— наявність будь-якого пристрою з доступом до Інтернету через веб-браузер;

— наявність підключення до мережі Інтернет.

4.4. Визначення системних вимог

Аналіз системних вимог [30] до апаратного забезпечення, допустимого для розгортання веб-додатку Spring MVC, зручно подати у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 — Відповідність найменування вимог технічним засобам

Вимога	**Рекомендації**
Вимога до обладнання (мінімальна)	Intel Core i3 [31], 1,2 ГГц, 4 Гб оперативної пам’яті
Вимога до обладнання (рекомендована)	Intel Core i5 [32], 2,5 ГГц ГГц, 8 Гб оперативної пам’яті
Операційна система	Windows 10 [33], Mac OS 10.8.5 [34].

Таблиця 4.1 визначає відповідність системних вимог технічним засобам для безпроблемного використання програмного забезпечення. Наведені вимоги до

обладнання та операційної системи забезпечують оптимальне функціонування програми “Визначення рівня викидів CO2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання”.

4.5. Процес взаємодії з веб-інтерфейсом

Перше, що бачить користувач, заходячи за адресою сайту, це привітальна сторінка. У веб-дизайні і цифровому маркетингу привітальна сторінка (Landing page) — це окрема веб-сторінка, створена спеціально для маркетингової або рекламної кампанії [35]. Іншими словами, привітальна сторінка — це візитна карта сайту.

Дизайн інтерфейсу привітальної сторінки має бути яскравим, інтерактивним, інформативним і спонукати до дії (реєстрації у системі для даного випадку, як зображено на рисунку 4.8).

Рисунок 4.8 — Привітальна сторінка

Розроблено власний логотип і бренд “Green Mission” [36]. Це важливий аспект, оскільки він відіграє важливу роль у сприйнятті веб-додатку користувачем. У випадку виходу системи на відкритий ринок цей бренд необхідно запатентувати з метою захисту авторського права та унеможливлення плагіату.

На рисунку 4.9 зображена форма реєстрації [37], в яку користувач вводить свої дані. Ці дані проходять етап перевірки на боці сервера.

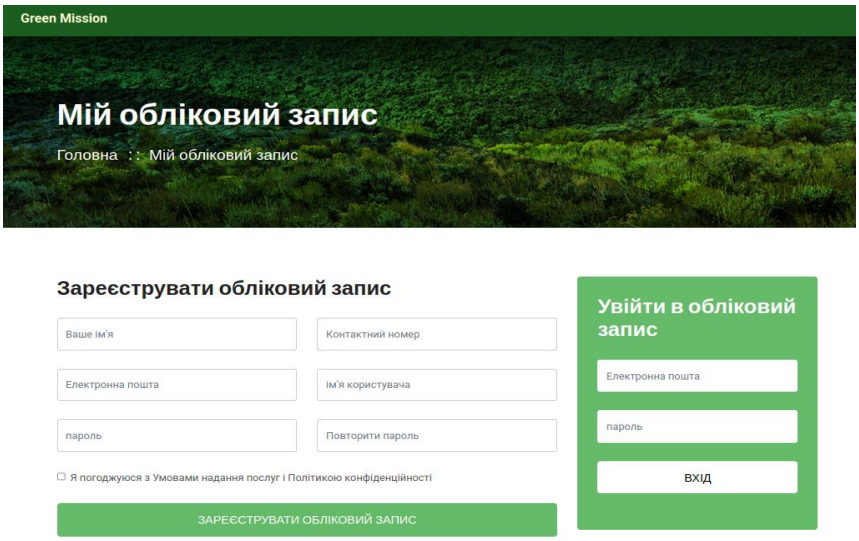

Рисунок 4.9 — Реєстраційна форма

Статистична дошка, подана на рисунку 4.10, візуалізує графічні зображення у вигляді діаграм і графіків, серед яких частота використання автомобілів автопарку і помісячна статистика викидів CO_2.

Форма додавання нового автомобіля до автопарку (рисунок 4.11) має такий вигляд: водій повинен ввести основні характеристики автомобіля і завантажити його фото. Форма введення захищена валідацією (перевіркою даних на боці сервера) [38].

Веб-сторінка, зображена на рисунку 4.12, презентує функціонал автопарку, в якому водій може переглядати список своїх автомобілів, а також редагувати їхні характеристики або видаляти не актуальні. Список автомобілів реалізує посторінкове відображення записів [39].

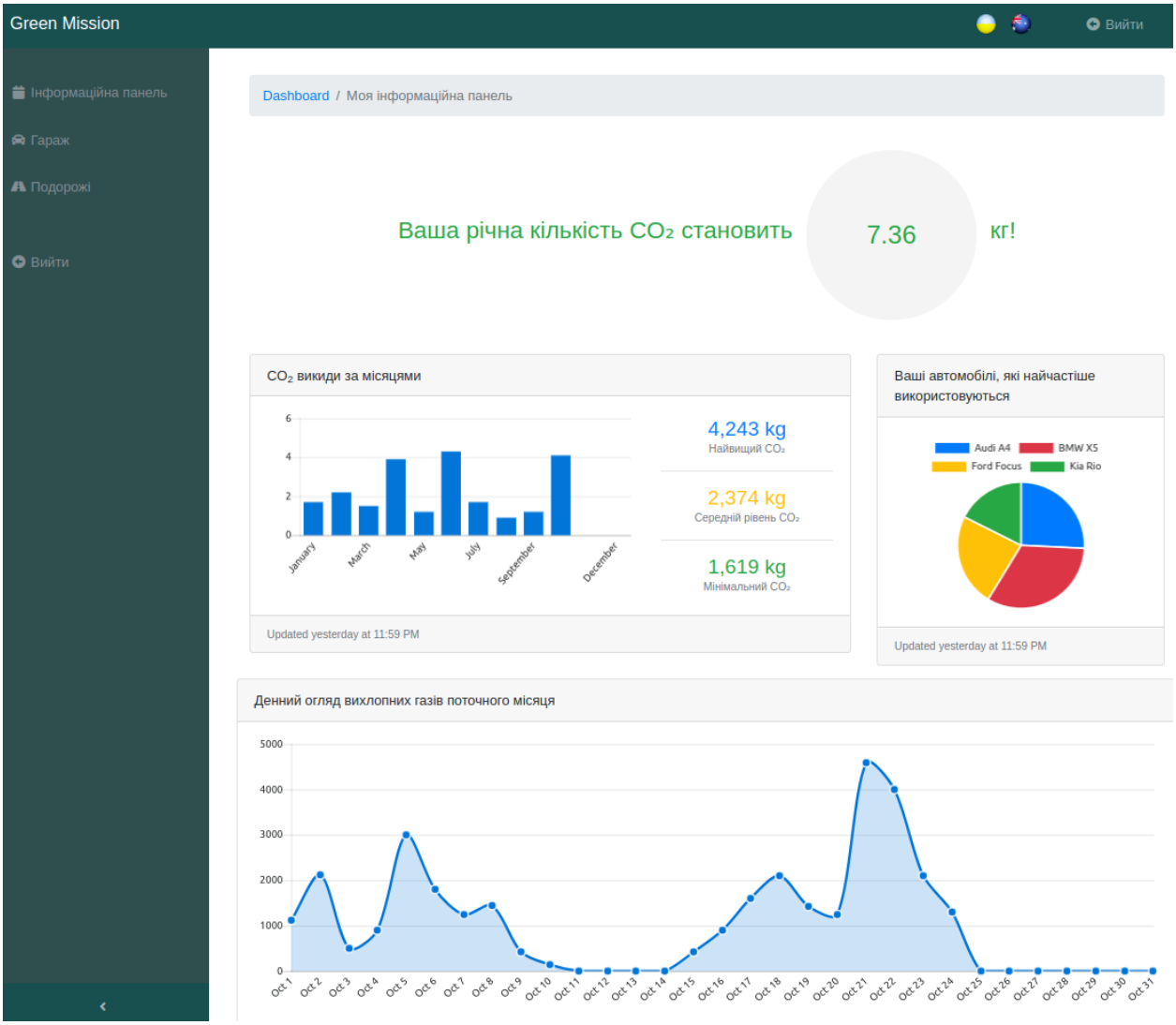

Рисунок 4.10 — Статистична дошка

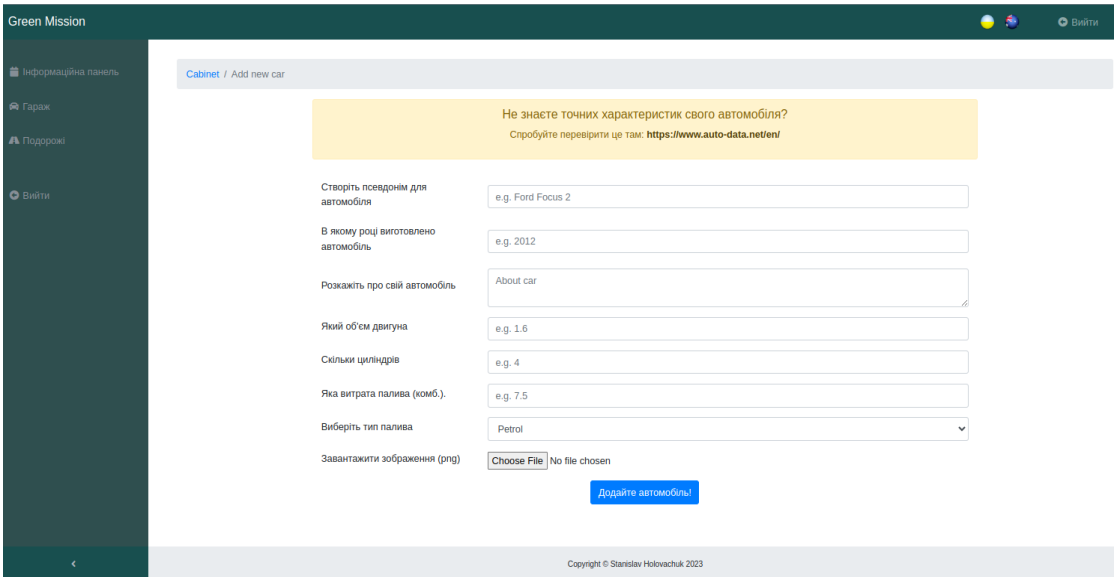

Рисунок 4.11 — Форма додавання нового авто

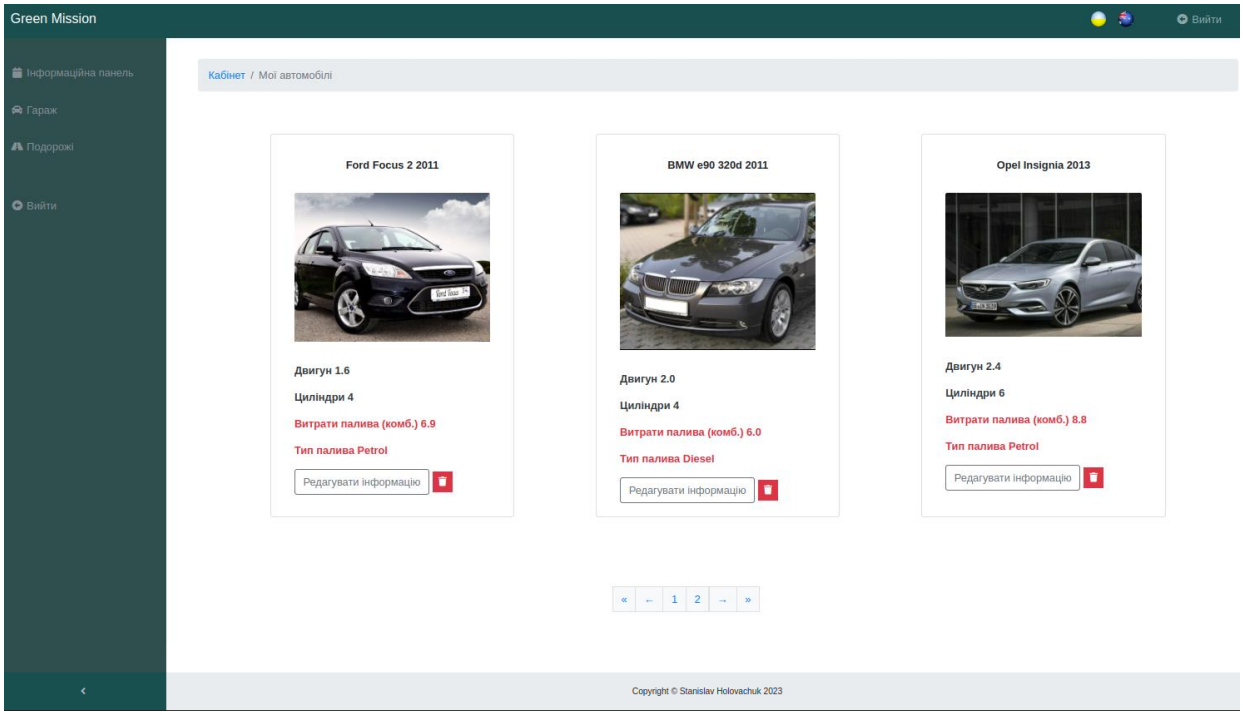

Рисунок 4.12 — Список відображення автомобілів (сторінка автопарку)

Форма нової поїздки (рисунок 4.13) має такий вигляд: водій повинен ознайомитися з інформацією і ввести основні дані.

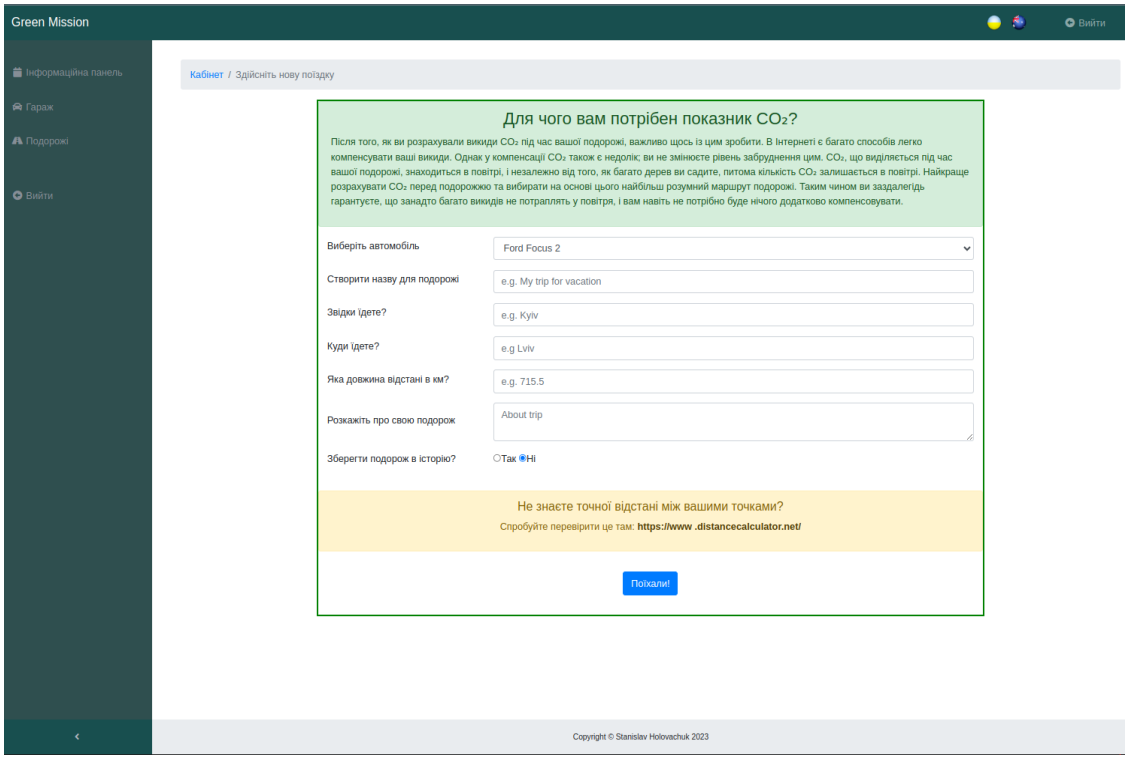

Рисунок 4.13 — Форма створення нової подорожі

На рисунку 4.14 подано приклад розрахованих викидів окремої поїздки.

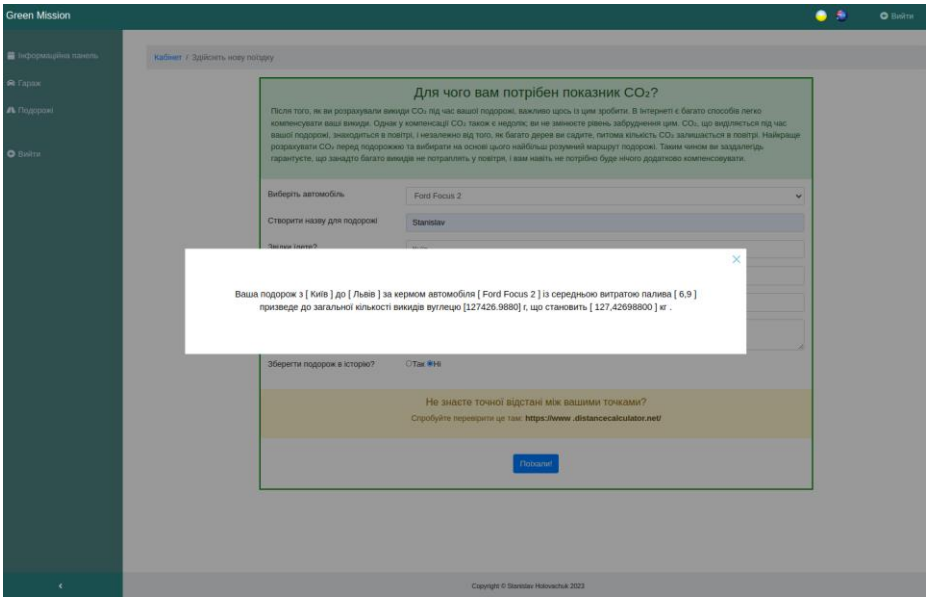

Рисунок 4.14 — Відображення результату

Рисунок 4.15 відображає історію (статистику) поїздок.

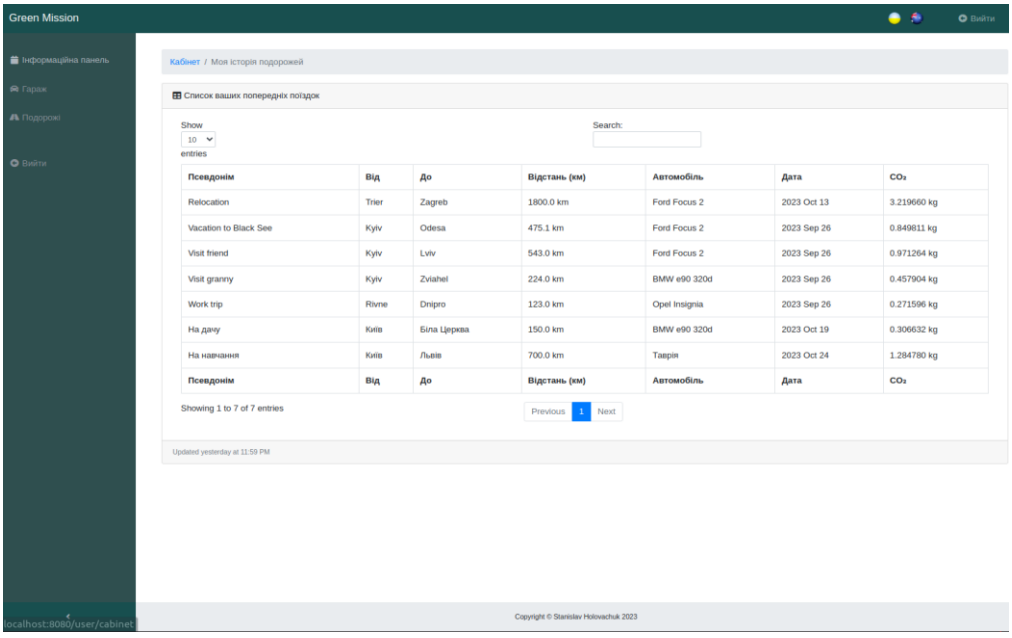

Рисунок 4.15 — Відображення історії подорожей і їхніх CO_2-викидів

Історія поїздок дає можливість проводити статистичний аналіз. Тут реалізовано посторінкове відображення даних, завдяки чому користувачеві буде

зручно переглядати великі обсяги інформації. Також у цій таблиці реалізовано механізм пошуку за ключовими словами, що полегшує можливість пошуку конкретної інформації серед різних записів.

4.6. Висновки до розділу 4

У розділі розглянуто різні варіанти взаємодії користувачів із системою. Основними висновками розділу є:

— варіанти використання системи і розгляд прецедентів: описані різні сценарії і прецеденти використання системи “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів”. Розглянуті сценарії включають в себе реєстрацію, вхід, вибір параметрів аналізу, відображення результатів тощо. Ця інформація визначає, як система буде використовуватися користувачами. Візуалізацію здійснено засобами діаграм use-case;

— розгортання програми в середовищі: розглянуто основні вимоги до середовища, в якому система буде функціонувати. Це включає в себе хостинг, доступ до Інтернету та інші необхідні складові. Розгортання системи відбувається на сервері, ця інформація допомагає забезпечити стабільну роботу системи;

— визначення системних вимог: сформульовано системні вимоги до програми. Вони визначають функціональність системи, її обмеження і можливості. Ці вимоги є основою для подальшої розробки і тестування системи;

— процес взаємодії з веб-інтерфейсом: розглянуто, як користувачі будуть взаємодіяти з веб-інтерфейсом системи. Розглянуто важливі аспекти дизайну, які забезпечують привабливий і зручний інтерфейс для користувачів, представлено скриншоти роботи програми.

У результаті встановлено, що ретельний розгляд прецедентів, розгортання системних вимог і процесу взаємодії з веб-інтерфейсом допомагає створити ефективну і зручну систему для користувачів.

5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

У розділі розробки стартап-проєкту проводиться бізнес-аналіз проєкту з маркетингової точки зору з метою визначення його потенційної прибутковості і доцільності створення загалом. Також аналізується ринок, основні тренди, цільова аудиторія і варіанти монетизації ідеї проєкту. Проведений аналіз враховує фактори, які можуть впливати на успішність стартап-проєкту, а також визначає його унікальні особливості, які мають стати визначальним фактором успіху.

У наш час екологічна проблема починає висвітлюватися як досить важливий аспект нашого життя, планування майбутнього планети і наступних поколінь. Виробництво, транспортні послуги і загалом усі бізнес-процеси націлені на зменшення свого негативного впливу на природу, всі ці сфери прагнуть отримати статус “чистого від CO_2” підприємництва. Особливого розповсюдження екологічна течія набуває в країнах ЄС, де турбота про довкілля закладена на рівні підсвідомості кожної людини, а отже і підприємства, кожне з яких прагне вести бізнес в екологічно-нейтральному характері, адже до цього привернута увага суспільства. Тому система для контролю і моніторингу автомобільних викидів CO_2, що здатна покращити екологічну ситуацію набуває актуальності. Наразі деякі системи вже впроваджують компоненти для розрахунку викидів CO_2. Це пов’язано з тим, що це є актуальною задачею водіїв особистих транспортних засобів, логістичних підприємств з автопарками і екологічних організації. Однак в умовах невизначеності статистичних даних і відсутності комплексного рішення, існуючі системи не до кінця здатні надати всеохоплюючий комплексний аналіз екологічних ризиків. Таким чином, проблема, яку вирішує стартап, є актуальною і має потенціал для досягнення успіху на ринку, привертаючи увагу великої кількості цільової аудиторії.

5.1. Ідея стартап-проєкту

Основна суть стартап-проєкту полягає в розробці системи екологічного моніторингу й аналізу рівня екологічного ризику, який створюється кожним автомобілем під час його використання, кожним окремим водієм як фізичною особою, або підприємством як юридичною особою. Метою впровадження продукту є реалізація функціоналу аналізу статистики викидів автомобілів залежно від їхніх характеристик в якості вхідних даних, що дало б можливість створити модель для подальшого прогнозування. У результаті цього мета зводиться до розробки програмної системи, здатної розраховувати рівень викидів будь-якого автомобіля. Така система дає можливість моніторити і вести статистику рівня викидів вуглекислого газу в атмосферу. Характеристики стартап-проєкту представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 — Інформаційна картка стартап-проєкту

Назва блоку	**Характеристика**
Загальна характеристика стартап-проєкту	
Назва стартапу	Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів
Проблематика, яку розв’язує стартап	Відсутність даних щодо кількості викидів вуглекислого газу для певних категорій автомобілів.
Головні цілі і завдання стартапу	Для стартапера: 1) аналіз потреби 2) в продукті на ринку; 3) формування ідеї; 4) розробка MVP (minimal viable product); 5) презентація майбутнього продукту потенційним інвесторам.

Таблиця 5.1 (продовження)

	Для замовників: 1) формування очікувань і вимог; 2) висловлення побажань команді розробників; 3) вплив на процеси реалізовані в продукті.
	Для партнерів і інвесторів: 1) формування бюджету; 2) аналіз ринку; 3) підтримка проєкту; 4) допомога в просуванні.
Головні цільові групи, на які спрямований стартап	Власники автомобілів (фізичні і юридичні особи), які мають бажання контролювати шкоду навколишньому середовищу, яку може завдавати автомобіль.
Автори і команда стартап-проєкту	
Автори стартап-проєкту	Головачук Станіслав. Роль — CEO.
Команда стартап-проєкту	Розробники програмного коду, дизайнери, тестувальники, бізнес-аналітики, менеджери.
Опис продукту стартап-проєкту	
Назва і коротка характеристика	Контролер CO2-викидів автомобіля надасть користувачам автомобілів можливість моніторингу, контролю, оптимізації і нейтралізації шкоди заподіяної природі.

5.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Аналіз ринкових можливостей для стартап-проєкту “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів” є важливим етапом розробки бізнес-плану і стратегії виходу на ринок, плану утримання ринкових позицій в сьогоденні, а також у майбутньому. У таблиці 5.2. наведено порівняння потенційних показників стану ринку та відповідних характеристик стартап-проєкту в цих умовах.

Таблиця 5.2 — Попередня характеристика ринку стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2 од.
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000 грн. до 1 од.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (характер обмежень)	—
5	Специфічні вимоги до стандартизації і сертифікації	Екологічний сертифікат
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20-30%

Наступними кроками є визначення ринку, на якому планується праця (в даному випадку, ринок вимірювання викидів CO_2 в транспорті). Визначення обсягу ринку, його потенціал і тенденції розвитку оцінюються як перспективні в міру того, що зелена ідеологія лише набирає обертів з кожним роком і поки що є місце для впровадження нових систем, оскільки далеко не всі потреби користувачів вже покриті. Аналіз ринкових можливостей допомагає зрозуміти,

що існує попит на ідею стартапу, тим самим це вказує на можливість конкурувати на ринку і розвивати бізнес-проєкт. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту наведена в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 — Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Товар задовольняє потребу надання засобу для розрахунку еко-норми довільного автомобіля	Автовласники і автокомпанії	Автовласники користуються програмою в цілях власної цікавості і екологічної сумлінності, а компанії потребують його для забезпечення еко-стандартів.	Тільки наявність базової інформації про автомобіль.

Стартап-проєкти завжди стикаються з різними загрозами, які можуть вплинути на їхню успішність і життєздатність. Нижче в таблиці 5.4. перераховані деякі загрози, на які стартап-проєкт повинен бути готовим відповідати і враховувати. Для успішного керування стартап-проєктом важливо ретельно вивчити і враховувати всі ці загрози, таблиця 5.4 наводить фактори ризику, розшифровує їхній зміст і представляє можливий наслідок цього ризику [40] для стартап-проєкту. Фактори загроз необхідно розглядати, оскільки розуміння цих

факторів захищає стартап-проєкт від несподіваних викликів та потенційних проблем, які є небажаними на стадії виходу на ринок.

Таблиця 5.4 — Фактори загроз

п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Дедлайни	Вихід за допустимі рамки	Скарги і невдоволення. Намагання пришвидшити процес, що вилилося б в браку якості.
2	Фінанси	Неточність прогнозованих потреб	Можливість дострокового згортання розробки ще до виходу на ринок.
3	Потреби ринку	Мінливість	Згортання проєкту.

За протиставленням до факторів ризику, можна навести фактори можливостей, які розглядаються можливими для системи “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів”. Фактори можливостей розглянуті у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 — Фактори можливостей

№ п/ п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Залучення значних інвестицій	Легкий фінансовий старт	Позитивна
2	Вихід на міжнародний ринок	Підтримка світової спільноти	Позитивна

Наступним кроком є визначення конкурентів у галузі. Аналіз конкуренції в галузі за Майклом Портером — це стратегічний інструмент, який допомагає досліджувати конкурентну обстановку в галузі і розуміти, які чинники впливають

на конкуренцію серед компаній. Модель Портера базується на п’яти ключових силах, які визначають ступінь конкурентної інтенсивності в галузі [41]. Майкл Портер визначив п’ять сил конкуренції, які впливають на привабливість та конкурентоспроможність галузі. Ці п’ять сил представлені так:

— сила угод між постачальниками та покупцями. Якщо постачальники (наприклад, виробники сировини) або покупці (наприклад, клієнти) мають значний вплив на галузь, це може обмежити прибутковість компаній у цій галузі;

— загроза нових учасників. Якщо нові компанії легко можуть ввійти на ринок, це збільшує конкуренцію та знижує прибутковість існуючих учасників;

— загроза заміщення. Якщо існують альтернативи продуктам чи послугам у галузі, це може вплинути на ціни та прибутковість.

— ступінь конкуренції в галузі. Інтенсивність конкуренції серед існуючих учасників може визначати ринкові ціни та прибутковість. Якщо конкуренція велика, це може призвести до низьких цін та обмеження прибутковості;

— вплив розмірів підприємства на конкуренцію. Великі підприємства можуть мати переваги у веденні конкурентної боротьби (такі як економія за рахунок масштабу), що може ускладнити життя меншим учасникам ринку.

Після аналізу цих п’яти сил можна краще зрозуміти конкурентну ситуацію у вашій галузі, а також, побудувати таблицю аналізу за М. Портером, яка описує кожну з сил та її вплив на стартап-проєкт, враховуючи можливості та загрози від кожної сторони.

Застосування аналізу п’яти сил за Портерому вимагає таких умов:

— покупці, конкуренти і постачальники не пов’язані, не взаємодіють і не змовляються;

— ціна визначається структурними перевагами (створюючи вхідний бар’єр);

— нестабільність на ринку досить низька і дозволяє учасникам ринку планувати і здійснювати реакцію на дії конкурентів.

Аналіз п’яти сил Портера є тільки частиною всіх стратегічних моделей Портера. Іншими елементами є “ланцюжок доданої вартості” і “типові стратегії”.

Таблиця 5.6 показує аналіз за М. Портером, а порівняльний аналіз конкурентів проєкту подано в таблиці 5.7 нижче.

Таблиця 5.6. — Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	MyClimate, DKV	бар'єром входження в ринок є відмітка в 1 млн. юзерів	Зростання попиту на екологічні стандарти в світі	Бажання слідувати нормам	Виправдане використання альтернатив
Висновки	Боротьба з конкурентами очікується.	Вхід на ринок не буде безпроблемним, але є цілком можливим.	Постачальник не диктує умови.	Клієнт дійсно диктує умови.	В деяких побічних аспектах додаток може програвати більш вузьконаправленим альтернативам.

Таблиця 5.7 — Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з розробленою системою						
			–3	*–2*	*–1*	*0*	*+1*	*+2*	*+3*
1	Фактор новизни	20	DKV	MyC					
2	Інвестиції	20			MyC	DKV			
3	Маркетинг	18	DKV		MyC				

Для порівняльного аналізу сильних і слабких сторін у зазначеній таблиці враховано такі аспекти, як Brand-new factor (фактор новизни), Investments (інвестиції), marketing (маркетинг).

5.3. Аналіз за системою SWOT

Аналіз SWOT є ефективним інструментом для визначення сильних і слабких сторін внутрішнього середовища стартап-проєкту і можливостей і загроз (opportunities, threats) зовнішнього середовища [42]. Нижче наведений аналіз SWOT для стартап-проєкту “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів”:

Сильні сторони проєкту:

— стартап має інноваційну ідею для визначення рівня викидів CO_2 в автомобільних рейсах, що може привернути увагу ринку;

— команда має високу технічну кваліфікацію і здатність розробити потрібні аналітичні інструменти;

— стартап спрямований на розв’язання екологічних проблем, що відповідає сучасним екологічним тенденціям;

— можливість укладення партнерств з автомобільними компаніями і екологічними організаціями.

Слабкі сторони:

— необхідності в значних інвестиціях для розробки і масштабування продукту;

— конкуренція на ринку аналітичних інструментів і екологічних рішень може бути високою;

— існують ризики, пов’язані з розробкою і підтримкою складних технічних рішень;

— успішність стартапу може залежати від доступності і якості даних про викиди CO_2;

Можливості обумовлені такими пунктами:

— зростання інтересів і попиту на екологічно чисті технології і рішення;

— зростання усвідомленості про зміни клімату і необхідність зменшення викидів CO_2;

— можливість співпраці з урядовими органами, автомобільними компаніями та іншими зацікавленими сторонами;

— потенціал для розширення на інші галузі і ринки.

Основні загрози становлять:

— вплив економічних криз і змін курсу валют на фінансову стійкість стартапу;

— зміни в законодавстві щодо викидів CO_2 можуть вплинути ведення бізнесу;

— зростання конкуренції в сфері аналізу викидів CO_2 і екологічних рішень;

— швидкі технологічні зміни можуть призвести до втрати актуальності розроблених продуктів, або змусити адаптуватися до нових потреб.

Аналіз за SWOT (таблиця 5.8) дає можливість команді стартапу краще зрозуміти можливості і ризики, розробити стратегію розвитку і підготуватися до викликів на шляху до успішного виходу на ринок.

Таблиця 5.8. — Візуалізація аналізу SWOT стартап-проєкту

Можливості:	**Загрози:**
Ринковий попит	Економічна нестабільність
Підвищена усвідомленість	Законодавчі обмеження
Можливості співпраці	Конкуренція
Розширення ринку	Технологічні зміни
Зайняття провідних позицій	Невдоволення потенційними
Розширення функціоналу	клієнтами
	Скорочення інвестиції

Таблиця 5.8 (продовження)

Сильні сторони:	**Слабкі сторони:**
Новаторська ідея Технічний потенціал Екологічна спрямованість Актуальна проблема Новітні технології Партнерства Впровадження нових алгоритмів Налаштування безпеки Адаптивність системи Гнучкість до змін у вимогах Відповідність актуальним потребам ринку	Фінансові обмеження Висока конкуренція Технічні ризики Потреба в даних Неточність розрахунків деяких крайніх варіантів

Таким чином здійснено ретельний розгляд ринку і продуктів. Крім цього, на основі результатів проведеного конкурентного аналізу, вивчення ринкових факторів і їхньої популярності, а також докладного опису і характеристик проєкту визначено, що умови для введення продукту на ринок є дуже сприятливими.

5.4. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

Для стартап-проєкту “Визначення рівня викидів CO2 автомобільних рейсів” розглядаються різні альтернативи ринкового впровадження. Однією з можливостей є продаж ліцензій або надання доступу до API, замість розробки і впровадження власного програмного продукту. Додатково, стартап команда може розглядати стратегію співпраці з автомобільними виробниками, вбудовуючи свої технологічні рішення безпосередньо в автомобільну електроніку.

Ще однією альтернативою є співпраця з екологічними організаціями [43], які можуть використовувати технологію стартапу для вимірювання і моніторингу викидів CO_2. Також, розглядається можливість співпраці з урядовими органами, включаючи розробку стандартів вимірювання викидів CO_2 або надання даних для систем моніторингу і контролю.

Стартап команда може також розглядати можливість розширення на інші ринки або галузі, де вимірювання викидів CO_2 є актуальним і важливим питанням. Крім того, варто враховувати розвиток аналітичного додатку для користувачів, який дасть можливість власникам автомобілів вимірювати свої викиди CO_2 і отримувати рекомендації щодо зменшення впливу на навколишнє середовище. Не менш важливою альтернативою є використання даних для співпраці зі страховими компаніями [44], визначаючи страхові ставки на основі інформації про викиди CO_2 водіїв.

Кожна із цих альтернатив має свої переваги і недоліки, і вибір залежатиме від цілей і ресурсів стартапу. В якості логічного продовження розгляду альтернатив ринкового впровадження, слід розглянути бізнес модель і описати її за допомогою інструменту полотна бізнес-моделі.

Полотно бізнес-моделі (Business Model Canvas) — це інструмент для визначення і опису ключових аспектів бізнес-проєкту. В структурі полотна бізнес-моделі для стартап-проєкту “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів” відокремлюються окремі компоненти, серед яких: ключові партнери, ключові види діяльності, цільова аудиторія, цінність пропозиції, канали реалізації, вартість для клієнта, доходи стартапу, ресурси стартапу, ключові метрики для вимірювання успішності і витрати стартапу.

Ключові партнери включають автовиробників для інтеграції технології в автомобілі і екологічні організації для співпраці в галузі моніторингу викидів. Ключові види діяльності стартапу охоплюють розробку технологічних рішень для вимірювання викидів CO_2, впровадження і обслуговування цих технологій, а також збір і аналіз даних про викиди. Цільова аудиторія стартапу включає автовласників і автопарки, автомобільних виробників, екологічні організації,

урядові органи і регулятори. Цінність пропозиції стартапу полягає в точних і об'єктивних вимірюваннях викидів CO_2 і можливості моніторингу і зменшення впливу на навколишнє середовище. Канали реалізації охоплюють продаж ліцензій або доступу до API, співпрацю з автомобільними виробниками і екологічними організаціями. Вартість для клієнта включає вартість технології або послуги для вимірювання викидів та вартість обслуговування та підтримки. Доходи стартапу генеруються через плату за ліцензії або доступ до API та періодичні платежі за обслуговування. Ресурси стартапу включають технічні розробки та патенти, а також команду фахівців у сфері екології та програмування. Ключові метрики для вимірювання успішності стартапу охоплюють кількість підключених автомобілів та обсяг вимірюваних даних, а також рівень задоволеності клієнтів і партнерів, які співпрацюють. Витрати стартапу включають розробку та підтримку технології, маркетинг та просування на ринку, а також заробітну плату співробітникам. Описану характеристику подано на рисунку 5.1.

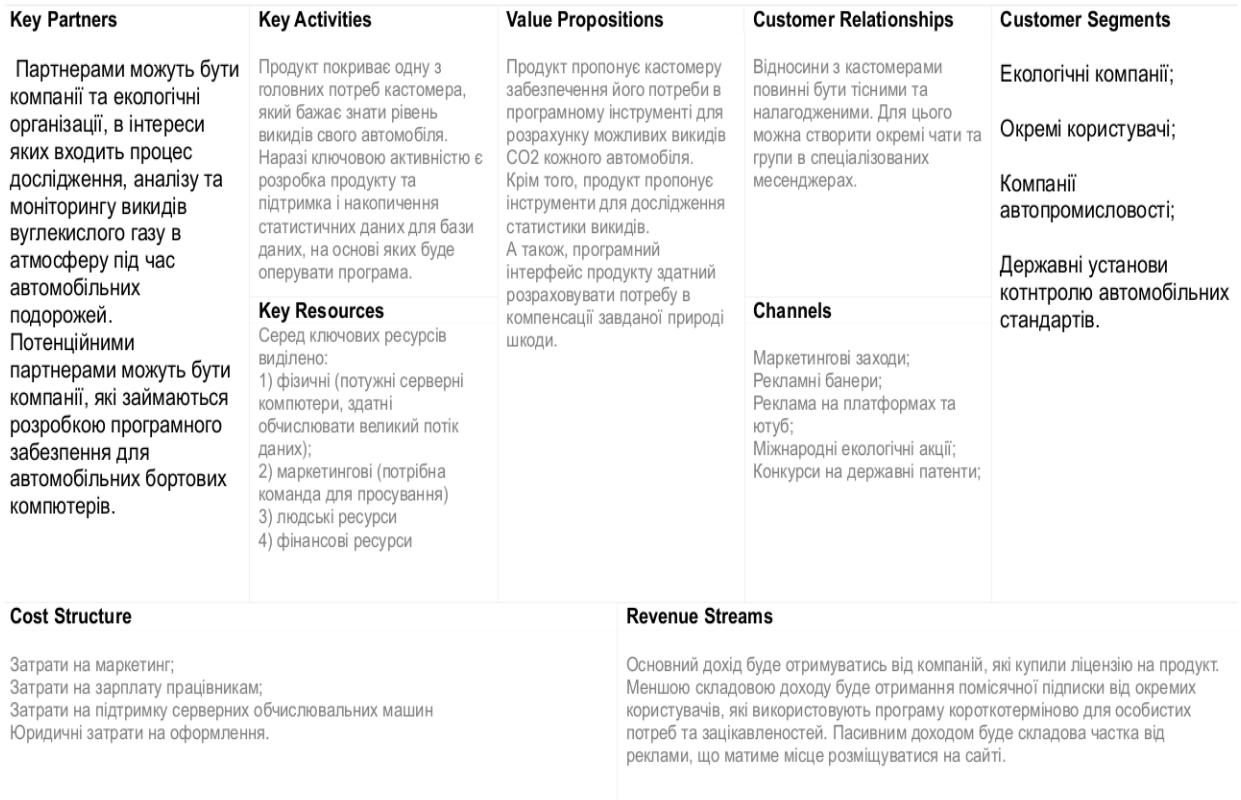

Рисунок 5.1 — Полотно бізнес-моделі

Таким чином, бізнес-модель системи “Визначення рівня викидів CO_2 за допомогою машинного навчання” було описано засобами основних компонентів полотна бізнес-моделі [45]. Але слід враховувати, що конкретні деталі можуть змінюватись з часом в залежності від конкретної реалізації та стратегії компанії.

5.5. Висновки до розділу 5

У цьому розділі розглянуті і спрогнозовані можливості створення стартап-проєкту та просування його на ринку в конкурентоспроможному середовищі. Стартап-проєкт базується на розробленому комплексному алгоритмі для моніторингу, ведення статистики та діагностики шкідливих викидів автомобільного транспорту свідомих водіїв та логістично-транспортних підприємств. Наведений метод обчислень використовує технології машинного навчання для реалізації алгоритму розрахунку рівня викидів автомобільних викидів на базі попередньо відомих характеристик автомобіля. Алгоритм використовує аналіз якісних і кількісних показників автомобіля, а також, вхідні дані про дистанцію поїздки для проведення розрахунків викидів діоксиду вуглецю протягом здійснюваної подорожі.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання магістерської дисертації спроєктовано та реалізовано програмний продукт “Визначення рівня викидів CO_2 автомобільних рейсів за допомогою машинного навчання” на основі дослідження та використання основних аспектів, а також окремих особливостей розробки веб-сервісу. Проведено аналіз можливих технічних і методологічних засобів побудови системи. У результаті проєкт було виконано на основі таких технологій:

— мова програмування Java з Spring-фреймворком;

— мова програмування Python;

— засоби дизайну та розмітки мов HTML, CSS та Javascript;

— база даних MySQL.

Виконано поставлене завдання спроєктувати і в подальшому побудувати проєкт з прогнозуючою моделлю на основі технологій машинного навчання. У ході роботи було виконано аналіз вимог, спроєктовано архітектуру, а в подальшому реалізовано код програми. Продемонстровано діаграми класів, діаграми прецедентів і діаграми сутностей бази даних.

Проаналізовано доцільність впровадження даної системи, її потенційна користь, актуальність і зацікавленість у ній серед потенційних користувачів, серед яких є як водії приватних транспортних засобів, так і автопарки юридичних компаній.

Магістерська дисертація складається з п’яти розділів, в яких послідовно описано етапи та основні аспекти впровадження системи:

— у результаті проведених у роботі досліджень пропонується комплексний алгоритм для визначення рівня викидів CO_2 під час автомобільних рейсів, використовуючи аналіз даних і прогнозування на основі машинного навчання. Цей алгоритм дає можливість отримувати дані в режимі реального часу і визначати викиди CO_2 на основі кількісних і якісних показників;

— розроблений програмний продукт обробляє вхідні дані, які включають якісні й кількісні параметри автомобільних рейсів, використовує моделі й методи машинного навчання для прогнозування викидів CO_2. Він надає комплексний звіт щодо прогнозу рівня викидів і динаміки приросту за обраний часовий період;

— запропонований алгоритм оцінювання рівня викидів CO_2 може бути корисним для прийняття рішень у сфері екології та транспорту, включаючи планування маршрутів і мінімізацію впливу автомобільних рейсів на навколишнє середовище, а також формування екологічної свідомості у фізичних та юридичних осіб, пов’язаних з автомобілями;

— користувачами програмного забезпечення можуть бути екологічні організації, транспортні компанії, державні служби з екології та всі приватні особи, зацікавлені зниженням викидів CO_2;

— подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення системи шляхом розширення функціональності, наприклад, додавання можливості планування оптимальних маршрутів з меншими викидами CO_2 або розширення застосунку на інші види транспорту. Може бути впроваджений мобільний додаток. У загальному на даний момент фінальний продукт є повноцінним веб-застосунком з усіма необхідними для зручної роботи складовими.

Результати магістерської дисертації доповідалися на XX Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і студентів “Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики” (м. Київ, 25-28 квітня 2023 року), V Міжнародній студентській науковій конференції “Актуальні питання та перспективи проведення наукових досліджень” (м. Тернопіль, 6 жовтня 2023 року).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Geron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems : навчальний посібник. Newton : O'Reilly Media, 2019. 300 p.

2. A first for Apple. A major step toward 2030. URL: https://www.apple.com/environment/.

3. Friedrich M., Martini C. Environmental Impacts of Road Vehicles. New-York : Springer, 2018. 458 p.

4. Тишкевич Б., Вербицький І. Обережно, автомобілі! Які ризики для здоров'я несе забруднення повітря у Києві. URL: https://mistosite.org.ua/ru/articles/oberezhno-avtomobili-yaki-ryzyky-dlia-zdorovia-nese-zabrudnennia-povitria-u-kyievi.

5. Про затвердження методичних рекомендацій Оцінка ризику для здоров`я населення від забруднення атмосферного повітря : Наказ від 13.04.2007 р. № 184. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/ 98354___98354.

6. Клебанова Н., Клебанов Д. Вплив пересувних та стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин на якість атмосферного повітря в місті Києві : Наук. праця. Київ : Укр. н.-д. гідрометеорол. ін-т, 2011. 260 с.

7. Першегуба Я. Оцінка забруднення атмосферного повітря основних автомагістралей м. Києва за критерієм неканцерогенного ризику. 4-те вид. Київ : Екологія та пром-сть, 2009. 189 с.

8. Газоаналізатор Bosch Universal 550/950 Universal. URL: https://blog.autoua.net/2203-2203-gazoanalizator-dyimomer-bea-550950-universal-ot-bosch-pozabotitsya-ob-ekologichnosti-vashego-avto.html

9. Fluxsense. URL: https://www.fluxsense.com/

10. Open AQ. URL: https://openaq.org/

11. Iqair. URL: https://www.iqair.com/

12. NOAA Global Monitoring. URL:https://gml.noaa.gov/

13. Licor. URL: https://www.licor.com/env/

14. VanderPlas J. Python for Data Science. Newton : O'Reilly Media, 2016. 894 p.

15. Tableau. URL: https://www.tableau.com/

16. Microsoft Power BI. URL: https://powerbi.microsoft.com/

17. Matthes E. Python Crash Course. New-York: Apress, 2015. 321p.

18. Schildt H. Java: The Complete Reference. New-York: Apress, 2020. 451p.

19. Spring framework official. URL: https://spring.io/

20. Moosa A. Regression Models With Python For Beginners: Theory and Applications of Linear Models and Logistic Models with Python from Scratch. Los-Angeles : AI Publishing., 2020. 674 p.

21. Bagadi R. C. Advanced Notions On Karl Pearson Coefficient Of Correlation. 6th ed. Charming: Wisconsin Technology, 2020. 225 p.

22. Фіцмоурік Г. М., Толлер Дж. Р. Mean Squared Error. London : Wiley Interdisciplinary Reviews, 2005. 189 p.

23. Fortmann-Roe S. Understanding the Bias-Variance Tradeoff. URL: http://scott.fortmann-roe.com/docs/BiasVariance.html.

24. Comeau A. MySQL explained: Your step-by-step guide to database design. [Bradenton, FL] : OSTraining, 2016. 300 p.

25.Bauer C., King G. Java Persistence mit Hibernate. München : Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2007. URL: https://doi.org/ 10.3139/9783446413825.

26. Evans E. Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software. Pearson Education, Limited, 2021.

27. Walls C. Spring in action. 2nd ed. Greenwich, CT : Manning Publications Co., 2008. 730 p.

28. Gourley D., Totty B. HTTP: The Definitive Guide. O'Reilly Media, Inc., 2002. 656 p.

29. Finnigan K. Enterprise java microservices. Manning Publications, 2018. 272 p.

30. System and software requirements engineering / ed. by T. R. H, D. M. Los Alamitos, Calif : IEEE Computer Society Press, 1990. 719 p.

31. Intel Core i3. URL: https://www.intel.com/content/www/us/en/ products/details/processors/core/i3.html

32. Intel Core i5. URL: https://www.intel.com/content/www/us/en/ products/details/processors/core/5.html

33. Microsoft Windows 10. URL: https://www.microsoft.com/hr-hr/software-download/windows10ISO

34. Mac OS. URL: https://www.apple.com/ua/macos/what-is/

35. Zimmerman J. Web marketing for dummies. 3rd ed. Indianapolis, IN : Wiley Pub., Inc., 2012. 412 p.

36. Andres C. Great Web Branding. John Wiley & Sons Inc (Computers), 2001. 256 p.

37. Java Authentication And Authorization Service. Betascript Publishing, 2010.

38. Layka V. Learn Java: Modern Java Web Development. Springer, 2014.

39. Dharani R. Javascript Best Parts: Java Script for Beginners to Web Development. Independently Published, 2018.

40. Гавриша О.А. Розроблення стартап-проєкту: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей. Київ: НТУУ “КПІ”, 2016. 89 с.

41. Портер М. Е. Способи управління конкурентними стратегіями. Київ: Видавничий дім Дашков і К., 2001. 146 с.

42. Dealtry T. R. Dynamic SWOT analysis: Developers guide. Birmingham : Dynamic SWOT Associates, 1992. 103 p.

43. Екологічні організації України. URL: https://ucn.org.ua/?page_id=44

44. Страхові компанії України. URL: https://minfin.com.ua/ua/ insurance/all/

45. Business Model Canvas. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2010. 288 p.

ДОДАТОК А

ПУБЛІКАЦІЇ

ЗА ТЕМОЮ “ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВИКИДІВ CO_2 АВТОМОБІЛЬНИХ РЕЙСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ”

Аркушів 9

Київ — 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів

(присвячена 125-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського та 90-річчю НН ІАТЕ (ТЕФ))

м. Київ, 25–28 квітня 2023 року

ТОМ 2

Київ- 2023

Visualization of a three-dimensional scene using ray marching method. 204
TYMOSHENKO I.Y., master gr. TP-13мп
Scientific chief - assoc.prof., cand.eng.sc. Demchyshyn A.A.
Комп'ютерна модель семантичної обробки тексту. 206
БЕЗУГЛИЙ О.М., магістрант гр. ТР-11мн
Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.
Використання машинного навчання для визначення рівня викидів вуглекислого газу автомобільних рейсів. 208
ГОЛОВАЧУК С.В., магістрант гр. ТР-12мп
Керівник - доц., к.т.н. Кублій Л.І.
Концепція обробки зображення на основі багатозадачних сіамських нейронних мереж. 210
ЗДОР К.А., аспірант
Керівник - доц., к.т.н. Шалденко О.В.
Ідентифікація типу аварії на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою прихованих моделей Маркова. 212
НІКОЛАЄВ Н.О., магістрант гр. ТР-02мп
Керівник - доц., к.т.н. Лабжинський В.А.
Автоматизація планування навчального навантаження кафедри. 214
ОСИПОВ В.І., магістрант гр. ТР-11мп
Керівник - проф., д.т.н. Шушура О.М.
Сервісно-орієнтовані системи аналізу стану якості повітря. 216
САВКО М.С., магістрант гр. ТР-11мн
Керівник - доц., к.ф.-м.н. Тарнавський Ю.А.
Особливості використання прунінгу перед тренуванням нейронної мережі для детекції обличчя. 218
МЕЛЬНИЧЕНКО А.В., аспірант
Керівник - доц., к.т.н. Шалденко О.В.
Morphing of raster images based on radial basis functions. 220
ANDRIEIEV D.M., student гр. ТІ-81
Scientific chief - assoc.prof., cand.eng.sc. Demchyshyn A.A.
A software for modeling of the gears for the nanosatellite lens focusing system. 222
MISKO A.O., student gr. TP-92
Scientific chief - assoc.prof., cand.eng.sc. Demchyshyn A.A.
Multi-factor user authentication system. 224
SYTNIK I.O., student гр. ТВ-81
Scientific chief - assoc.prof., cand.phys.-math.sc. Tarnavskyi Y.A.
Передача даних в автоматизованих системах керування технологічним процесом. 226
БАРАНІЧЕНКО О.М., аспірант
Керівник - доц., к.т.н. Шаповалова С.І.
Методи штучного інтелекту для розробки персональних планів тренувань. 228
БОРОДАВЧЕНКО О.О., студент гр. ТМ-92
Керівник - асист. Беспала О.М.
Прогнозування траєкторії польоту повітряних об'єктів у веб-орієнтованій системі моніторингу. 230
ГЛАВАЦЬКИЙ О.С., студент гр. ТМ-91
Керівник - асист. Кардашов О.В.
Використання методу класифікації для пошуку відповідності. 232
ГОРОХОВСЬКА К.Л., студент гр. ТР-92

УДК 004.8:502.35

Магістрант 2 курсу, гр. ТР-12мп Головачук С.В.
Доц., к.т.н. Кубрій Л.І.

ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВИКИДІВ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ АВТОМОБІЛЬНИХ РЕЙСІВ

Проблема запобігання забрудненню атмосфери в наш час є досить актуальною. Зі збільшенням використання автомобілів у повсякденному житті ця проблема стала ще значущішою. Використання сучасних технологій штучного інтелекту, зокрема тих, які базуються на машинному навчанні, дає можливість передбачити рівень забруднення атмосфери шляхом моделювання.

Існує досить велика кількість проектів, які стосуються збереження довкілля, і деякі з них також використовують машинне навчання [1]. Проте актуальною залишається можливість застосування технік машинного навчання для визначення обсягів автомобільних викидів вуглекислого газу з метою подальшого запобігання забрудненню навколишнього середовища. У зв'язку з цим поставлено завдання використання цих технологій як інструменту прогнозування приблизної кількості викидів, які завдають шкоди середовищу.Головним завданням прогнозування викидів автомобіля є контроль їхньої кількості і наочне її подання.

Метою роботи є дослідження статистики викидів автомобілів залежно від їхніх характеристик, що дало б можливість створити модель для подальшого прогнозування. У результаті цього завдання зводиться до розробки програмної системи, здатної розраховувати рівень викидів будь-якого автомобіля; при цьому дослідження проводяться методами машинного навчання. Система дає можливість моніторити і вести статистику рівнів викидів вуглекислого газу в атмосферу.

Проблем, які мають розв'язуються системою, є дві. Перша з них технічна — середні статистичні дані викидів вуглекислого газу відомі не для всіх автомобілів, які їздять дорогами світу. Ці дані існують лише для окремих моделей, які були досліджені й заявлені офіційним виробником. Для кожного окремо взятого автомобіля ці дані не відомі, способу їхнього розрахунку не надано. Тому, потрібна математична модель, здатна прогнозувати цей рівень для будь-якого автомобіля, базуючись лише на вхідних параметрах даного автомобіля. Ця проблема логічно розв'язується впровадженням моделі машинного навчання, здатної розраховувати рівень викидів, базуючись на вхідних параметрах. Для реалізації такої моделі використано мову програмування Python [2], яка має різні бібліотеки для розробки моделей машинного навчання, зокрема: NumPy, SciPy, Pandas, Scikit-learn. Ці засоби містять необхідні інструменти для створення моделей, таких, як лінійна регресія [3], яку застосовано в даній роботі.

Друга проблема — екологічна. Сотні тисяч автомобілів кожного дня забруднюють атмосферу своїми викидами. Тому актуальним є створення системи, здатної визначати рівень токсичності автомобіля і віднести його до "безпечних за CO^2-викидами" і "шкідливих за CO^2-викидами" на основі певної межі допустимих викидів. Таким чином, ціллю є заохочення водіїв використовувати "безпечний за CO^2" транспорт. Ведення статистики викидів дасть можливість наочно показувати рівень шкоди, заподіяної природі.

Для надання такої інформацію користувачеві розроблено веб-застосунок з використанням мови програмування Java, фреймворка Spring Framework [4] для реалізації серверної частини і з розміткою засобами HTML, CSS, Java Script для створення візуального відображення у браузері.

Оскільки такий застосунок передбачає взаємодію з користувачами, необхідним пунктом є забезпечення функціоналу реєстрації й авторизації з подальшим переходом до

персонального кабінету. Кожен користувач системи повинен мати свій акаунт, тому всі дані щодо автомобілів, які належать певному користувачеві, та його історії поїздок, мають зберігатися у сховищі — для цього використано систему керування базами даних MySQL.

Використовуючи моделі прогнозування машинного навчання, можна одержати чітку картину викидів вуглекислого газу в реальних числах. Існує багато моделей прогнозування, здатних зробити це; серед них: лінійна регресія, класифікатор "випадкового лісу", класифікатор "k-найближчих сусідів", нейронні мережі тощо.

Задача прогнозування транспортних викидів добре вписується в модель лінійної регресії $y = ax + b$. Як вхідне значення x (може бути скаляром чи вектором), так і вихідне значення y є числовими. У цій моделі значення a і b шукають на основі досить великої кількості статистичних даних [5]. Наприклад, так можна передбачити обсяг y викидів вуглекислого газу при заданому розмірові двигуна x. Побудова лінії регресії дає можливість оцінити її точність — можна знайти величину достовірності апроксимації (коефіцієнт детермінації).

Кожен автомобіль, який працює на паливі, під час поїздки викидає в атмосферу певну кількість вуглекислого газу, яка залежить від таких параметрів, як тип палива, обсяг двигуна, кількість циліндрів, потужність двигуна внутрішнього згорання тощо.

Для певних моделей автомобілів відповідно до цих характеристик існує офіційний набір статистичних даних (dataset). Набір даних для автомобілів, залежно від класу транспортного засобу, моделі, розміру двигуна, року випуску, кількості циліндрів тощо, містить значення їхніх викидів вуглекислого газу. Його можна використати для навчання моделі.

Виходячи зі сказаного вище, модель прогнозування можна визначити як набір вхідних параметрів, серед яких розмір двигуна, потужність, тип палива, кількість циліндрів і ще кілька параметрів, які разом називають "предикторами", і значення, яке є метою прогнозування — викиди вуглекислого газу під час поїздки. Така модель сумісно з програмним інтерфейсом для вимірювання відстані дасть можливість визначати обсяги викидів для конкретної поїздки автомобіля. Наприклад, користувач зможе розрахувати оцінку забруднення під час поїздки Київ-Львів машиною Toyota Camry на основі бензинового двигуна обсягом 2,5 літра. Хорошою ідеєю є визначення співвідношення між виробленими викидами вуглекислого газу і, наприклад, кількістю дерев, які компенсують цю шкоду, щоб водій знав, що після певної поїздки йому треба посадити певну кількість дерев, щоб компенсувати шкоду природі.

У дослідженні вказано на статистичну залежність між викидами вуглекислого газу в атмосферу і характеристиками автомобілів, які виробляють цей газ в процесі їзди, також визначено, що модель лінійної регресії найкраще підходить для розв'язання поставленої задачі. Виявлено залежності між обсягом двигуна і кількістю викидів шкідливих газів. Визначено машинне навчання як спосіб розв'язання проблеми прогнозування обсягів викидів вуглекислого газу автомобілями.

Перелік посилань:

1. Grant Humphries, Dawn R. Magness, Falk Huettmann. Machine Learning for Ecology and Sustainable Natural Resource Management. — New York: Springer, 2018. — 198 p.

2. Plas J. Wander. Python for complex tasks: data science and machine learning education. – St Petersburg: Peter, 2018. — 576 p.

3. AI Publishing. Regression Models With Python For Beginners: Theory and Applications of Linear Models and Logistic Model with python from Scratch. — New York: AI Publishing, 2020. — 142 p.

4. Spring Framework [Електронний ресурс]. — Режим доступу https://spring.io/

5. Linear regression for machine learning [Електронний ресурс]. — Режим доступу https://machinelearningmastery.com/linear-regression-for-machine-learning/

МАТЕРІАЛИ V МІЖНАРОДНОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ

КОНФЕРЕНЦІЇ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

М. ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА

6 ЖОВТНЯ 2023 РІК

СЕКЦІЯ 12.
КОМП'ЮТЕРНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ВИКИДІВ CO_2
Головачук С.В., ***Науковий керівник: Кублій Л.І.*** **102**

ПІДХІД ДО ПАРАЛЕЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ МОВИ GO: ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ПЕРЕВАГИ
Берест П.В., ***Науковий керівник: Олійник О.В.*** **105**

СЕКЦІЯ 13.
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
Кучер В.В., ***Науковий керівник: Устенко С.В.*** **107**

МОДЕЛЬ ДАНИХ ДЛЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ПІДБОРУ ПРОДУКЦІЇ
Новоселова А.С., ***Науковий керівник: Петрова Р.В.*** **111**

ПРОЕКТУВАННЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ ГРАВЦЯМИ EVE ONLINE
Музичко К.В., ***Науковий керівник: Устенко С.В.*** **113**

СЕКЦІЯ 14.
ТРАНСПОРТ ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

АНАЛІЗ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ
Горбенко О.В., Ящинець Т.С. **115**

СЕКЦІЯ 15.
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

GEOGEBRA ТА СТЕРЕОМЕТРІЯ
Янзюк А.А., ***Науковий керівник: Левчук І.Г.*** **117**

СЕКЦІЯ 16.
ФІЛОЛОГІЯ ТА ЖУРНАЛІСТИКА

ОСОБЛИВОСТІ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТЕРМІНІВ У СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Шумка Х., ***Науковий керівник: Тараненко Л.І.*** **119**

СПІВВІДНОШЕННЯ ЧАСУ Й ПРОСТОРУ В РОМАНІ Ю. АНДРУХОВИЧА «ПЕРВЕРЗІЯ»
Колганова В.О., ***Науковий керівник: Баклановський В.І.*** **121**

СЕКЦІЯ 12.
КОМП'ЮТЕРНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ВИКИДІВ CO_2
Головачук С.В., ***Науковий керівник: Кублій Л.І.*** **102**

ПІДХІД ДО ПАРАЛЕЛЬНОГО ПРОГРАМУВАННЯ МОВИ GO: ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ПЕРЕВАГИ
Берест П.В., ***Науковий керівник: Олійник О.В.*** **105**

СЕКЦІЯ 13.
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
Кучер В.В., ***Науковий керівник: Устенко С.В.*** **107**

МОДЕЛЬ ДАНИХ ДЛЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ПІДБОРУ ПРОДУКЦІЇ
Новоселова А.С., ***Науковий керівник: Петрова Р.В.*** **111**

ПРОЕКТУВАННЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕННЬ ГРАВЦЯМИ EVE ONLINE
Музичко К.В., ***Науковий керівник: Устенко С.В.*** **113**

СЕКЦІЯ 14.
ТРАНСПОРТ ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

АНАЛІЗ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ
Горбенко О.В., Япринець Т.С. **115**

СЕКЦІЯ 15.
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

GEOGEBRA ТА СТЕРЕОМЕТРІЯ
Янзюк А.А., ***Науковий керівник: Ленчук І.Г.*** **117**

СЕКЦІЯ 16.
ФІЛОЛОГІЯ ТА ЖУРНАЛІСТИКА

ОСОБЛИВОСТІ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТЕРМІНІВ У СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Шумка Х., ***Науковий керівник: Тараненко Л.І.*** **119**

СПІВВІДНОШЕННЯ ЧАСУ Й ПРОСТОРУ В РОМАНІ Ю. АНДРУХОВИЧА «ПЕРВЕРЗІЯ»
Колганова В.О., ***Науковий керівник: Башманівський В.І.*** **121**

СЕКЦІЯ 12.
КОМП'ЮТЕРНА ТА ПРОГРАМНА ІНЖЕНЕРІЯ

Голювачук Станіслав Васильович, магістрант 2 курсу факультету "Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики"
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського", Україна

Науковий керівник: Кублій Лариса Іванівна, кандидат технічних наук, доцент
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського", Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ВИКИДІВ CO_2

У статті досліджено застосування методу лінійної регресії для визначення кількості викидів діоксиду вуглецю (CO_2) в атмосферу, що походять від автомобільного транспорту. Описано методологію збору та аналізу вихідних даних, включаючи характеристики автомобілів та середню кількість викидів. Розглянуті ключові етапи побудови та оцінки регресійної моделі, включаючи визначення коефіцієнтів регресії та визначення її адекватності. Результати дослідження свідчать про можливість успішного використання лінійної регресії для прогнозування кількості автомобільних викидів CO_2 та їх контролю в міських середовищах.

За останні десятиліття проблема забруднення довкілля та зміни клімату стали актуальними завданнями для нашого суспільства. Однією з основних джерел забруднення атмосфери є автомобільний транспорт, який викидає в атмосферу значні обсяги діоксиду вуглецю (CO_2). Вирішення цієї проблеми вимагає розробки ефективних методів контролю та моніторингу викидів CO_2. Лінійна регресія – це статистичний метод, який дозволяє аналізувати взаємозв'язок між двома або більше змінними. В контексті дослідження, застосовується лінійну регресію для моделювання залежності між характеристикою автомобіля на дорогах та кількістю викидів CO_2.

Багато проектів у сфері охорони навколишнього середовища вже використовують машинне навчання [1], але проблема визначення обсягів викидів вуглекислого газу від автомобілів залишається надзвичайно актуальною. В роботі поставлено завдання використовувати ці технології як інструмент для прогнозування наближених обсягів викидів, щоб запобігти подальшому забрудненню довкілля.

Метою роботи є вивчення статистики викидів автомобілів в залежності від характеристик, а це дозволить створити модель для подальшого прогнозування. Результатом роботи буде програмна система, яка здатна розраховувати рівень

викидів для будь-якого автомобіля. Дослідження буде проводитися з використанням методів машинного навчання і дозволить моніторити та вести статистику викидів вуглекислого газу в атмосферу.

У світі, де екологічні питання стають надзвичайно актуальними, цей веб-застосунок є ключовим інструментом для подолання проблеми забруднення атмосфери. Його розробка виконується мовою програмування Java та фреймворком Spring Framework [4], для створення серверної частини, яка взаємодіє з окремим компонентом – Python [5] моделлю лінійної регресії.

Завдяки використанню моделей машинного навчання, можна отримати докладну картину викидів вуглекислого газу у реальному часі. Існує багато різних моделей прогнозування, які можуть це зробити, включаючи лінійну регресію, класифікатор "випадкового лісу", класифікатор "k-найближчих сусідів", нейронні мережі та інші. Задача прогнозування викидів вуглекислого газу ідеально вписується в модель лінійної регресії, де значення "y" викидів залежать від параметрів "x", таких як розмір двигуна. Побудова лінійної регресії дозволяє оцінити точність прогнозів і визначити коефіцієнт детермінації, що свідчить про точність апроксимації.

Наступним етапом виконання роботи є побудува лінійно-регресійної моделі [4] для визначення залежності між характеристиками автомобілів і кількістю викидів CO_2. Регресійна модель має наступний вигляд:

$$Y = aX + b \qquad (1)$$

де:
– Y - кількість викидів CO2,
– X - характеристики автомобіля,
– a та b - коефіцієнти регресії.

Кожен автомобіль, що працює на пальному, викидає в атмосферу певну кількість вуглекислого газу, і ця кількість залежить від різних характеристик, таких як тип пального, об'єм двигуна, кількість циліндрів і потужність двигуна. Для окремих моделей автомобілів існують офіційні набори статистичних даних, що включають інформацію про викиди вуглекислого газу. Дослідження вказує на статистичні залежності між цими параметрами, а також визначає модель лінійної регресії як оптимальний спосіб прогнозування.

Модель прогнозування визначається набором вхідних параметрів, таких як розмір двигуна, потужність, тип пального, кількість циліндрів і інші, які разом називаються "предикторами", і значенням, яке прогнозується - викиди вуглекислого газу під час поїздки. Ця модель спільно з програмним інтерфейсом для вимірювання відстані надає можливість визначити обсяги викидів для конкретної поїздки автомобіля. Наприклад, користувач може обчислити викиди для поїздки машиною BMW 320i з бензиновим двигуном об'ємом 2.0 літра від Києва до Львова. Також додаток сприяє ідеї встановлення співвідношення між викидами вуглекислого газу та кількістю дерев, які можуть компенсувати цю шкоду, надаючи водіям інформацію про необхідну кількість дерев для компенсації.

Після побудови моделі було проведено оцінку її адекватності та точності прогнозування. Для цього використано різні статистичні показники, такі як коефіцієнт детермінації R^2 та стандартну помилку оцінки [5]. Результати оцінки

підтвердили адекватність моделі та її придатність для прогнозування кількості викидів CO_2.

У даній статті було досліджено застосування лінійної регресії для визначення кількості автомобільних викидів CO_2. Результати підтверджують можливість використання цього методу для прогнозування та контролю викидів CO_2 в атмосферу. Дана методологія може бути корисною для розробки ефективних стратегій зменшення впливу автомобільного транспорту на довкілля та зміни клімату.

Список використаних джерел:

1. Zhongchao Tan, Air Pollution and Greenhouse Gases: From Basic Concepts to Engineering Applications for Air Emission Control – New York: Springer, 2017. — 67 p.
2. Spring Framework [Електронний ресурс]. — Режим доступу https://spring.io/.
3. Python [Електронний ресурс]. — Режим доступу https://docs.python.org/.
4. Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, та G. Geoffrey Vining, Introduction to Linear Regression Analysis – Hoboken: Wiley, 2012 – 149 p.
5. Linear regression for machine learning [Електронний ресурс]. — Режим доступу https://machinelearningmastery.com/linear-regression-for-machine-learning/.