

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.08 – МКР.1993 «С» 2022.12.30.42 ПЗ

Шкварок Олександр Віталійович

2023

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.08 – МКР.1993 «С» 2022.12.30.42 ПЗ

Шкварок Олександр Віталійович

2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет

НУБІП України

УДК 629.3.047

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету (Директор ННІ)
механіко – технологічний факультет
(назва факультету (ННІ))
Братішко В.В.
(підпис) (ПІБ)
“ ” 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів
(назва кафедри)
Калінін Є.І.
(підпис) (ПІБ)
“ ” 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «Розробка алгоритмів розподіленої системи попередження аварійних ситуацій на основі моніторингу водія»

НУБІП України

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код) (назва)
Освітня програма Агроінженерія
(назва)
Орієнтація освітньої програми _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

НУБІП України

Гарант освітньої програми
_____ Братішко В.В.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

НУБІП України

Керівник дипломного проєкту бакалавра
_____ Калінін Є.І.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

НУБІП України

Виконав _____ Шкварок Олександр Віталійович
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2023

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
тракторів, автомобілів та
біоенергоресурсів

д.т.н., проф. Калінін Є.І.
(наук. ступ., вч. звання) (підпис) (ІПБ)
« » 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Шкварку Олександр Віталійовичу

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(прізвище, ім'я, по-батькові) (код назва)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи на тему «Розробка алгоритмів розподіленої системи попередження аварійних ситуацій на основі моніторингу водія»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022р. №1993 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру: 01.10.2023
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: сучасні системи навігації автономних рухомих об'єктів (схеми, елементи); вимоги до бортових систем навігації для рухомих об'єктів різного типу базування та призначення, сучасні підходи до побудови систем навігації рухомих об'єктів різних типів

Перелік питань які потрібно розробити

Вступ. Системи активної безпеки моніторингу поведінки водія та дорожньої обстановки. Підхід та моделі до побудови контекстно-орієнтованої системи попередження аварійних ситуацій на основі моніторингу поведінки водія. Архітектура та алгоритми системи попередження аварійних ситуацій на основі моніторингу поведінки водія. Розробка програмного комплексу для попередження аварійних ситуацій водія з використанням камери та сенсорів смартфона. Висновки.

Перелік графічного матеріалу: Принципи побудови систем активної безпеки. Моделі побудови контекстно-орієнтованої системи попередження. Алгоритми системи попередження. Програмний комплекс. Експериментальні дослідження. Висновки.

Дата видачі завдання «09» січня 2023 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра

(підпис)

Калінін Є.І.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Шкварок О.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Основна частина дипломного проекту викладена на 80 сторінках пояснювальної записки і 15 слайдах презентації та ілюстрована 20 рисунками.

Пояснювальна записка складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку

використаної літератури.

Тема дипломного проекту: «Розробка алгоритмів розподіленої системи попередження аварійних ситуацій на основі моніторингу водія».

Об'єктом дослідження є безпечний рух автомобіля.

Метою роботи є алгоритмів розподіленої системи попередження аварійних ситуацій на основі моніторингу фізичного стану водія.

У магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано контекстно-орієнтований підхід до створення розподіленої системи попередження аварійних ситуацій водія та генерації йому рекомендацій з використанням фронтальної камери та сенсорів смартфона, що дозволяє системі адаптуватися до стилю водіння у процесі її функціонування за рахунок аналізу та групування профілів водіїв та виділення патернів їхньої поведінки в кабіні транспортного засобу.

Розроблено програмний комплекс на основі запропонованих моделей та архітектури для моніторингу поведінки водія в кабіні транспортного засобу, що дозволяє генерувати рекомендації водію з метою запобігання настанню аварійної ситуації під час руху, своєчасно звертаючи його увагу на небезпеки, що виникають, з використанням фронтальної камери та сенсорів смартфона.

Ключові слова: автомобіль, динаміка, пасивна безпека, моніторинг, стан водія, смартфон.

НУБІП України

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СИСТЕМИ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ МОНІТОРИНГУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ ТА ДОРОЖНЬОЇ ОБСТАНОВКИ.....	7
1.1 Поняття системи активної безпеки.....	7
1.2 Аналіз існуючих проєктів та досліджень з розробки систем забезпечення безпеки та підтримки водіїв.....	11
1.3 Технічні пристрої та програмні алгоритми, що застосовуються у розробці систем активної безпеки водія.....	20
РОЗДІЛ 2 ПІДХІД ТА МОДЕЛІ ДО ПОБУДОВИ КОНТЕКСТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ.....	25
2.1 Принципи побудови системи попередження аварійних ситуацій під час водіння на основі огляду існуючих проєктів та досліджень.....	25
2.2 Контекстно-орієнтований підхід до створення розподіленої системи запобігання аварійним ситуаціям.....	28
2.3 Інформаційна модель профілю водія транспортного засобу.....	35
2.4 Онтологічна модель розподіленої системи запобігання аварійним ситуаціям.....	38
2.5 Сценарна модель розподіленої системи попередження аварійних ситуацій та вироблення контекстно-орієнтованих рекомендацій для водія транспортного засобу.....	43
РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРА ТА АЛГОРИТМИ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ.....	50
3.1 Архітектура системи попередження аварійних ситуацій.....	50
3.2 Алгоритм розпізнавання небезпечного стану у поведінці водія при керуванні транспортним засобом.....	55
3.3 Алгоритми генерації рекомендацій водію транспортного засобу для виявлення небезпечного стану.....	62

3.4 Алгоритм калібрування системи на основі даних з камери, сенсорів та налаштувань смартфона водія	64
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ВОДІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КАМЕРИ ТА СЕНСОРІВ СМАРТФОНА	69
4.1 Реалізація алгоритму розпізнавання небезпечних станів у поведінці водія	69
4.2 Модуль калібрування системи попередження аварійних ситуацій індивідуально для водія	71
4.3 Реалізація прототипу мобільного програмного комплексу запобігання аварійним ситуаціям	72
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78
ДОДАТКИ	81

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Кількість ДТП, спричинених станом втоми чи ослабленої уваги водія за кермом транспортного засобу, з кожним роком зростає та призводить до травматизму серед населення у всьому світі. Багато водіїв за кермом автомобіля відчують втому або ослаблену увагу, і вони навіть не підозрюють про те, що знаходяться в такому стані.

В якості вирішення цієї проблеми науковою спільнотою було запропоновано підхід до розробки систем активної безпеки, спрямованих на запобігання аварійним ситуаціям на основі моніторингу поведінки водія та своєчасного оповіщення водія про поточну ситуацію за рахунок генерації йому контекстно-орієнтованих рекомендацій. Проте, використання алгоритмів персоналізації поведінки та стилю водіння того чи іншого водія на основі статистики управління ТЗ з використанням віддаленого сервісу дозволить розширити можливості таких систем та розробити розподілену систему попередження аварійних ситуацій (далі РСНАС), що враховує інформацію про профіль водія, ТЗ, поточний контекст, попередній досвід використання системи та статистику взаємодії між іншими учасниками та системою, що у свою чергу відрізняє дане рішення від існуючих відеореєстраторів та пристроїв електроніки, що носить.

Таким чином, розробка системи моніторингу поведінки водія, що виконує визначення небезпечного стану водія в кабіні ТЗ та його попередження про можливість виникнення аварійної ситуації за рахунок генерації контекстно-орієнтованих рекомендацій із використанням смартфона, є актуальним та загребуваним завданням.

РОЗДІЛ 1 СИСТЕМИ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ МОНІТОРИНГУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ ТА ДОРОЖНЬОЇ ОБСТАНОВКИ

1.1 Поняття системи активної безпеки

Безпека дорожнього руху визначається не лише дорожніми умовами, технічним станом транспортних засобів та дотриманням правил дорожнього руху, але також навичками, фізичним станом, здатністю концентруватися та дотриманням заходів безпеки водіями [2].

Світовими виробниками легкових та вантажних автомобілів розробляється окремий клас сучасних систем стеження за станом водія та дорожньою обстановкою [2] як CCCB, що є апаратно-програмними комплексами, здатними підвищити рівень безпеки дорожнього руху на дорогах загального користування.

Автомобілі, оснащені CCCB системами, є проміжною ланкою між звичайними автомобілями, керованими водієм та автотранспортом, обладнаним системою автоматичного керування. Функції CCCB-систем можна класифікувати в такий спосіб: адаптивні системи, що змінюються (адаптуються) на основі вхідних даних від зовнішнього середовища; автоматизовані системи, які виконують функції, які водій не може виконувати безпечно; моніторингові системи, які використовують у своїй роботі датчики, камери та інші засоби для спостереження за простором навколо автомобіля і приймають рішення, чи потрібне втручання в керування транспортним засобом; попереджувальні системи, які повідомляють водія про потенційні аварійні ситуації під час керування автомобілем.

При високопріоритетному попередженні водія схема роботи системи активної безпеки в загальному випадку може бути описана наступною послідовністю команд «сприйняття – реагування». виявлення можливості зіткнення ТЗ, система виводить інформацію про можливе зіткнення за відсутності належної реакції у водія ТЗ, оповіщення про аварійну ситуацію за допомогою попереджувального сигналу та вироблення рекомендації щодо запобігання настанню ДТП, привернення уваги водія, усвідомлення (ідентифікація) водієм аварійної ситуації, вибір рішення, реагування та вжиття водієм заходів щодо запобігання ДТП.

Можна виділити технології, що найбільш зустрічаються та є складовими сучасних систем допомоги водію: технологія контролю сліпих зон (СКСЗ); технологія попередження про сходження зі смуги (СПСС), яка обчислює час до перетину розмітки та попереджає водія у разі виявлення проблеми; технологія виявлення пішоходів та велосипедистів (СВПВ); технологія розпізнавання дорожніх знаків (СРДЗ); технологія попередження про фронтальне зіткнення та пом'якшення наслідків аварії (СПФЗ); технологія контролю за дотриманням безпечної дистанції (СКДБД). Дані системи покликані завчасно допомогти водіям автотранспортних засобів запобігти наступу дорожньо-транспортної

пригоди або пом'якшити її наслідки. Згідно з прогнозом McKinsey Global Institute [2] середньорічні темпи зростання ринку систем допомоги водієві до 2025 року можуть становити понад 11 мільярдів доларів США. У тому числі автоматизовані системи допомоги водієві знайшли застосування на рейковому транспорті, що дозволяє безперервно відстежувати працездатність машиніста поїзда під час руху у різний час доби.

Серед систем безпеки, що встановлюються на рейковому транспорті, активно застосовується система моніторингу стану машиніста та екстреного гальмування [7], що орієнтована на підвищення безпеки руху та покращення умов керування поїздами.

При використанні системи автоматичної локомотивної сигналізації на залізничному транспорті, що передає показання колійних світлофорів при

наближенні до них поїзда на локомотивний світлофор у кабіні машиніста, застосовується пристрій контролю за пильністю машиніста, що встановлюється в кабіні поїзда. Даний пристрій здійснює періодичну перевірку пильності

машиніста, зупинку поїзда при мимовільному початку руху після приведення в дію автостопу і не підтвердження пильності машиністом або перевищення

швидкості 5...10 км/год при нейтральному положенні реверсивної рукоятки. Під час руху поїзда при зеленому або білому вогні локомотивного світлофора через дві хвилини загоряються лампи попередньої світлової сигналізації, після чого

машиніст повинен підтвердити свою пильність короткочасним натисканням на рукоятку пильності. Якщо машиніст відволікся і не натиснув на рукоятку, то

через 6-8 секунд лунає попереджувальний звуковий сигнал клапана автостопа, при якому також потрібно натиснути на ручку пильності. Після пропуску

машиністом світлового сигналу при жовтому, білому, червоному та зеленому вогнях локомотивного світлофора наступна перевірка відбувається через

зменшений інтервал (20...25 сек.). При повторному пропуску світлового сигналу попередження автостопного гальмування машиністу необхідно натиснути кнопку пильності «Пропуск». У разі відсутності підтвердження машиністом

пильності своєчасним натисканням рукоятки пильності станеться екстрене гальмування поїзда. На сьогодні в локомотивах вбудовуються системи контролю

неспання машиніста, що виконують безперервний контроль працездатності машиніста за електричним опором шкіри зап'ястя руки.

На даний момент проводиться досить багато досліджень у галузі комп'ютерного зору (наприклад, [2, 9, 10, 11, 12]). У ССРСВ системах невербальне

вираження водієм транспортного засобу внутрішнього стану аналізується за допомогою відеокамери за рахунок спостереження за його головою та особою, які надають досить точні характеристики, якими можна визначити фізіологічні

особливості водія. Так, наприклад, керування автомобілем вимагає від водія повної зосередженості уваги, гарної реакції та адекватного сприйняття

дорожньої обстановки. Існує велика кількість факторів, що відволікають водія, таких як телефонні дзвінки, SMS повідомлення, мультимедіа та навігаційні

системи. У випадку, якщо водій відволікається від дорожньої ситуації під час того, як ТЗ перебуває в русі, СССВ система проінформує водія про настання небезпечної ситуації та існуючий ризик виникнення ДТП. У цьому випадку водія з'являється час для здійснення необхідного маневру для уникнення дорожньо-транспортної пригоди.

Технології, що становлять систему підвищення безпеки водія, можна умовно розділити за видом контексту на ті, що здійснюють моніторинг навколишнього оточення (дорожньої обстановки) та ті, що спрямовані на стеження за поведінкою водія всередині кабіни ТЗ. В якості контексту використовується будь-яка інформація, яка є релевантною при описі ситуації, в якій знаходиться певний об'єкт (водій, ТЗ) у певний момент часу. Спрощена схема системи активної безпеки водія, інтегрованої в автомобіль, представлена на рис. 1.1. В якості наочного представлення пунктирними лініями виділена система РСПАС, яка використовує у своїй роботі контекст усередині кабіни ТЗ.

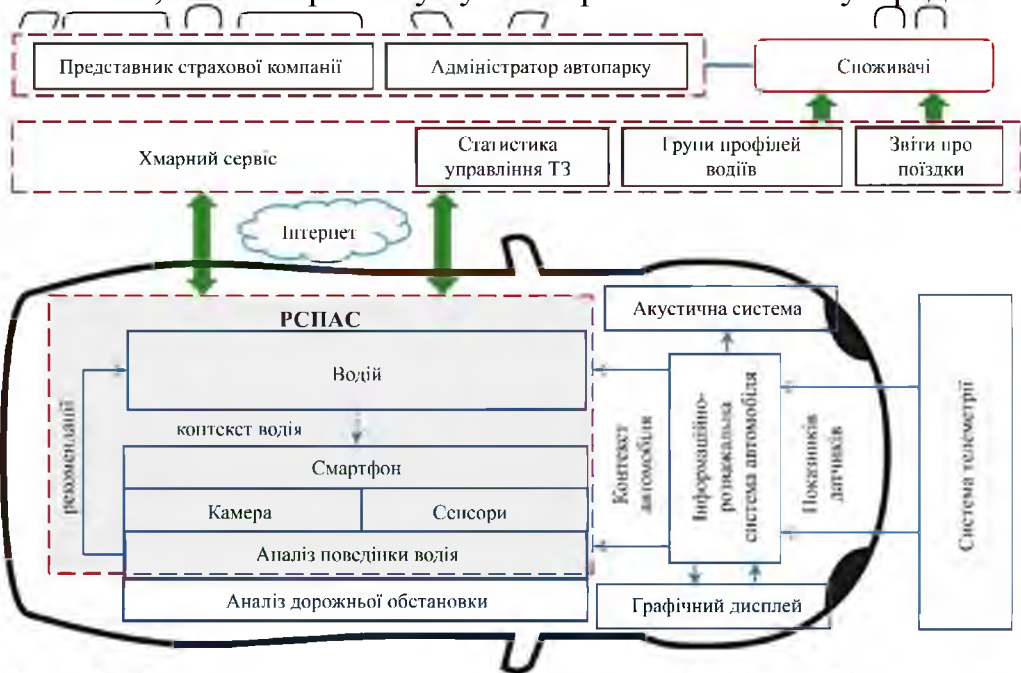


Рисунок 1.1. Загальна схема застосування системи активної безпеки в автомобілі

1.2 Аналіз існуючих проєктів та досліджень з розробки систем забезпечення безпеки та підтримки водіїв

Можна виділити чотири категорії систем активної безпеки, серед яких: системи СССВ, мобільні системи генерації рекомендацій (МСГР), відеокамери, що встановлюються всередині кабіни транспортного засобу та пристрої електроніки, що носяться. Розглянемо докладніше кожен із цих типів систем.

Сучасні системи сприяння водієві. На поточний момент існує досить велика кількість виробників інтегральних СССВ систем, які розробляють інтелектуальні системи допомоги водієві. Однією з провідних компаній у галузі проєктування та розробки сучасних систем забезпечення безпеки та допомоги водієві є Mobileye [3]. Дана компанія надає апаратно-програмний комплекс допомоги водієві, який використовує дані з відеокамери та бортового комп'ютера (датчик швидкості, сигнали повороту, датчик гальма та ін) і вбудований в ТЗ деякими заводами-виробниками. При цьому існує можливість покупки водієм відеокамери, що встановлюється під лобовим склом автомобіля та інтегрованим програмним забезпеченням.

Технології Mobileye дозволяють індивідуально підлаштовуватися під стиль водіння і можуть попереджати водія за проміжок часу від 2,7 до 0,6 сек.

Компанія MOVON [4] є розробником СССВ систем в автомобільній промисловості, яка використовує у своїй роботі відеокамери. Система допомоги водієві MOVON Driving Assistance System (MDAS) призначена для запобігання ДТП, викликаним ненавмисним перестроюванням в іншу смугу руху або фронтальним зіткненням. MDAS ґрунтується на технологіях обробки зображень. Відмінною особливістю системи є те, що вона успішно обробляє ряд дорожніх умов, включаючи такі небажані ситуації, як ширина дорожньої смуги, що змінюється, радіус її кривої, напрямок дороги і повна відсутність дорожнього покриття.

Іншою компанією, що спеціалізується на системах допомоги водієві, є Bosch Mobility Solutions [6], яка розробляє рішення для підвищення безпеки пасажирів та інших учасників дорожнього руху. Рішення в галузі безпеки, що запропоновані Bosch, націлені на запобігання дорожньо-транспортним пригодам, допомогу при паркуванні та маневруванні, зниження тяжкості наслідків ДТП, а також сучасні системи безпеки, що включають тісно пов'язані системи та компоненти, модульні системи безпеки та їхню взаємодію. У роботі систем допомоги водієві компанія Bosch використовує інтелектуальні сенсорні технології для безперервного моніторингу та аналізу не тільки навколишнього середовища навколо автомобіля, а й поведінки водія для завчасного виявлення потенційно аварійних ситуацій.

TRW Automotive [8] є ще одним розробником у швидкозростаючому сегменті сучасних систем допомоги водієві. Рішення, побудовані на основі відеокамер і радарів, що використовуються при зборі інформації про обстановку навколо автомобіля, допомагають попередити водія про небезпеку, що насувається. Вони також можуть генерувати інтуїтивно зрозумілі сигнали або дії, такі як гальмування та керування з метою допомогти водієві залишитися в смузі руху або забезпечити такі допоміжні функції безпеки як попередження про зіткнення з автомобілем, що йде попереду, або адаптивний круїз-контроль (АКК).

Continental AG [4] є партнером з розробки та системним інтегратором рішень у галузі водіння без участі водія у співпраці з іншими компаніями, включаючи BMW Group, Intel та Mobileye. Щоб забезпечити водіїв системами допомоги при керуванні автомобілем, компанія Continental AG виробляє ряд продуктів і послуг, таких як датчики стеження за обстановкою навколо автомобіля, модель оточення, функції для водія, системна архітектура, функціональна безпека, блоки управління, гальмівні системи та людино-машинні інтерфейси. Дана компанія спеціалізується на розробці систем, побудованих з використанням мультифункціональних камер, що включають «риб'яче око» для кругового огляду, радарів ближньої та далекої дії.

Однією з останніх розробок компанії Samsung є спеціалізована платформа побудови сучасних систем допомоги водія Samsung DRVLINE, яка базується на принципах відкритості, модульності та розширюваності. Ця платформа є одночасно і апаратним, і програмним рішенням. У системах активної безпеки при сприйнятті навколишнього оточення активно застосовуються камери стеження та алгоритми, що обробляють вихідні зображення. Одним із таких методів, що застосовуються компанією Samsung, є «Контекстно-орієнтований адаптивний підхід розпізнавання автомобілів за різних умов видимості» [4].

Даний метод заснований на класифікації поточних навколишніх умов відповідно до рівня освітленості, який співвідносить їх з одним із заздалегідь визначених чотирьох типів ступеня висвітлення у сцені, застосовуючи метод кластеризації з урахуванням гістограм.

Серед виробників та постачальників технологій лідерів варто виділити компанію Velodyne LiDAR [8]. Вона спеціалізується на системах тривимірного спостереження за дорожньою обстановкою в режимі реального часу, призначених для використання в автономних транспортних засобах, стаціонарній та мобільній зйомці, картографії та системах активної безпеки.

Перевагою лідарів перед камерами та радаром є їх здатність створювати деталізовані зображення з масиву точок практично за будь-якого освітлення та погодних умов на досить великій відстані.

Щоб підвищити безпеку та екологічність легкових та вантажних транспортних засобів, Renesas Electronics [5] займається розробкою компонентів для електронних систем, одним з яких є спроектований модуль R-Car V2H з програмним забезпеченням, що легко інтегрується інженерами виробників автомобілів у технології систем допомоги водію. Поточні розробки CCCB систем вже включають технології кругового огляду та розпізнавання пішоходів на дорозі. На стадії розробки CCCB знаходяться технології запобігання зіткненням і системам автopilота для руху спеціально спроектованими дорожніми ділянками.

WABCO [7] також йде шляхом постійного поліпшення безпеки транспортних засобів, а також підвищення ефективності роботи водія за кермом транспортного засобу. Внесок WABCO у технології СССВ включає адаптивний круїз контроль з активним гальмуванням, систему запобігання зіткнень, автономного екстреного гальмування при загрозі фронтального зіткнення як з рухомими, так і з нерухомими об'єктами аж до повної зупинки та систему попередження про скодження зі смуги руху.

Мобільні системи розпізнавання небезпечних станів та генерації рекомендацій водієві. Іншою категорією систем моніторингу за поведінкою водія та дорожньою обстановкою є МСГР, представлені в основному на мобільних

платформах iOS та Android. На основі сигналів, що надходять від набору вбудованих у смартфон датчиків, дані мобільні системи допомоги водієві здійснюють безперервне стеження як за поведінкою водія в кабіні автомобіля, так і за ситуацією навколо транспортного засобу, відтворюючи повну та точну

картину умов у конкретний момент часу, з метою зниження ймовірності настання ДТП. Мобільний додаток використовує вбудовані в смартфон сенсори, датчики, фронтальну або тилу камеру для розпізнавання ослабленої уваги водія або втоми або виявлення попереду автомобілів і попередження водія в разі

небезпеки. Застосовуючи в своїй роботі тилу камеру смартфона така програма розпізнає об'єкти попереду водія в реальному часі, обчислює поточну швидкість автомобіля і при небезпеці, що насувається, відтворює звукове і візуальне попередження, повідомляючи водія про необхідність своєчасної реакції для

запобігання ДТП. Фронтальна камера смартфона, спрямована на водія в кабіні автомобіля, використовується мобільним додатком з метою виявлення ознак втоми та ослабленої уваги на основі таких параметрів, як закритість очей, швидкість моргання повік, кут нахилу або повороту голови водія. Існуючі

мобільні програми сфокусовані на обробці зображень, що одержуються з відеоряду камери смартфона, спрямованої на стеження або за дорожньою обстановкою попереду автомобіля або за поведінкою водія в ПЗ.

Варто зазначити, що в поточних реалізаціях МСГР відсутня можливість адаптації та персоналізації системи для конкретного водія, що, в свою чергу, може погіршити характеристики додатка за точністю та повнотою виявлення небезпечних ситуацій при керуванні ТЗ. Проте, обробляючи та аналізуючи зображення з камери, мобільні додатки здатні розпізнавати небезпечну дистанцію до транспортних засобів, з'їзд з обраної смуги руху, дорожні знаки тощо.

Одним з популярних мобільних додатків серед МСГР систем, призначених для підвищення безпеки керування транспортним засобом, є мобільний додаток доповненої реальності iOnRoad, доступний на платформах iOS та Android. Додаток використовує збудовані в смартфон тилову камеру, сенсори і датчики для виявлення попереду автомобілів і попередження водія в разі небезпеки. Програма iOnRoad реєструє об'єкти попереду водія в реальному часі, обчислюючи поточну швидкість за допомогою сенсорів. При настанні аварійної ситуації програма виводить звукове та графічне попередження про ризик зіткнення, що збільшує шанси запобігти дорожньо-транспортній пригоді.

Іншим додатком допомоги водієві є мобільний додаток CarSafe [8], що використовує алгоритми комп'ютерного зору та машинного навчання для відстеження втоми та ослабленої уваги водія за допомогою фронтальної камери смартфона, і водночас для стеження за дорожньою обстановкою за допомогою тилової камери. Однак, на даний момент програма CarSafe не доступна для тестування.

Іншою системою МСГР є додаток доповненої реальності Augmented Driving [7], що використовує виключно тилову камеру смартфона для відстеження дорожньої обстановки та попередження водія про можливе настання дорожньо-транспортної пригоди за допомогою звукових повідомлень.

На жаль, існуючі програми враховують не весь спектр небезпечних дорожніх ситуацій, з якими може зіткнутися водій транспортного засобу. Розглянуті мобільні програми сфокусовані на аналізі навколишнього дорожнього стану, не враховуючи повною мірою контекст всередині кабіни ТЗ.

Існуючі додатки не підлаштовуються під конкретного водія, не здійснюють початкове калібрування та налаштування всієї системи, нехтуючи профілем водія, його компетенціями, контекстною інформацією всередині кабіни ТЗ та про навколишню обстановку та патернами водіння при аналізі небезпечного стану водія і цим зменшується точність розпізнавання небезпечних ситуацій під час роботи систем допомоги водієві.

Відеокамери, які встановлюються всередині кабіни транспортного засобу. Камери відеоспостереження, які встановлюються водієм самостійно в кабіні автомобіля, можна умовно розділити на автомобільні відеореєстратори,

спрямовані на стеження за дорожньою ситуацією попереду ТЗ та камери відеоспостереження, які здійснюють контроль як за поведінкою водія за кермом, так і дорогою.

Автомобільні відеореєстратори, що спочатку призначені для запису, зберігання та відтворення відеоінформації, включають велику кількість додаткових функціональних можливостей, однією з яких є система допомоги водію в процесі руху. За аналогією з розглянутими мобільними додатками, вбудовані у відеореєстратор функції підвищення безпеки під час водіння забезпечують оповіщення водія про небезпечну ситуацію на дорозі, при цьому

керування транспортним засобом залишається повністю на водії. Завдяки широкому куту огляду об'єктива, відеореєстратор вловлює у своєму полі зору об'єкт, що наближається, і видає сигнал водієві за кілька секунд до можливої аварії, завдяки чому з'являється шанс уникнути ДТП. Прикладами деяких

технологій, представлених в автомобільних відеореєстраторах, є система контролю смуги руху і система запобігання зіткнення з автомобілем, що попереду.

Функції систем безпеки при водінні, які вбудовані у відеореєстратори, коштують набагато дешевше, ніж спеціалізоване обладнання, що вбудовується в

транспортний засіб. Порівняно з відеореєстраторами використання МСГР, встановлених на тому самому смартфоні середньо-цінової категорії, може

суттєво розширити можливості систем допомоги водієві при використанні різних мобільних систем безпеки і тим самим знизити вартість подібних рішень.

Компанія Xiaomi [9] розробила відеореєстратор Xiaomi Yi DVR із функціями систем допомоги водієві. Система Xiaomi Smart ADAS генерує попереджувальні сигнали, якщо водій здійснює небезпечне керування автомобілем. При з'їзді автомобіля зі смуги руху або швидкому зближенні з транспортним засобом, що попереду, на досить небезпечну відстань, відеореєстратор повідомить водія про небезпечне зближення. Якщо водій їде біля дороги, він також попередить про небезпеку. У разі виникнення дорожньо-

транспортної пригоди відеореєстратор зафіксує інцидент за допомогою фотографій.

Іншим виробником відеореєстраторів, що оснащуються технологіями запобігання фронтальним зіткненням, є компанія Kenwood [2]. Моделі відеореєстраторів DRV-410 і DRV-N520 включають сенсорні технології визначення ймовірності зіткнення транспортних засобів, що обчислюють дистанцію між автомобілем водія і транспортним засобом попереду і попереджають водія за допомогою звукового сигналу у випадку, якщо між автомобілями не зберігається безпечна дистанція. Ця функція безпеки починає працювати на швидкостях руху 32 км/год і вище.

Компанія CarVi розробила асистент сприяння водієві при керуванні автомобілем, що здійснює безперервний моніторинг за дорожньою обстановкою.

Дана система складається з однолінзової камери, що закріплюється на лобовому склі автомобіля і обробляє одержувані відео фрейми з частотою 8...12 кадрів в секунду за допомогою технологій обробки зображень і відеореєстратора, що встановлюється у вигляді мобільного додатка на смартфоні водія і здійснює аналіз відеозапису з камери в режимі реального часу. Асистент здатний розпізнати такі аварійні ситуації, як СКРД, СПФС та різке гальмування ТЗ та

попередити водія за допомогою звукового сигналу та текстової інформації на дисплеї телефону. Якщо пристрій приладової панелі CarVi підключиться до смартфона водія через точку доступу мережі Wi-Fi, мобільний додаток CarVi [9]

покаже статистику водія, вказуючи на характеристику акуратного, безпечного та безаварійного водіння та видасть рекомендації щодо того, як водій може покращити стиль водіння.

Іншим виробником відеокамер спостереження забезпечення безпеки водія в кабіні ТЗ, спрямованих на особу водія, є компанія Exeros [7]. Одним із її продуктів є інфрачервона камера Exeros Sleep Watcher-XR розпізнавання осіб, яка здійснює безперервний моніторинг стану сітківки ока людини та виявляє ознаки втоми у водія. Так, наприклад, якщо водій транспортного засобу починає засинати, його повіки закриватимуться повільніше, зіниця змінить свій розмір, стаючи менш сприйнятливою до зміни освітленості. Після того, як водій почне засинати, система виявить ознаки сонливості та попередить водія гучними звуковими та голосовими сигналами, тим самим, пробудивши його і можливо запобігши аварійній ситуації в процесі руху.

Алгоритм визначення ослабленої уваги у водія побудований на основі розпізнавання зіниць очей та обчислення характеристики PERCLOS, що свідчить про частку часу, протягом якого очі закриті. Іншою функцією стеження за безпекою поведінки водія в кабіні ТЗ є виявлення ознак неуважного керування транспортним засобом у водія, серед яких, за даними компанії Exeros, належать мобільний телефон (наприклад, читання текстових повідомлень), відволікання уваги на пасажирів, тривалий безперервний погляд у вікно або керування або налаштування радіо/музики, переведення погляду з дороги на мультимедіа систему і попередження за допомогою звукового і голосового сигналу. Варто зазначити, що тригер до початку запуску функцій визначення небезпечної поведінки у водія є сенсор GPS, що характеризує зміну швидкості ТЗ.

Пристрої електроніки, що носяться. При русі замиськими трасами, особливо на яких потік транспорту практично відсутній, у водія швидко настає приплив втоми та втрата концентрації, які з'являються при нестачі рухливості за кермом, монотонному та розміреному русі транспортного засобу дорогою протягом тривалого часу. Одним з доступних способів підвищення безпеки за кермом для вищеприписаної ситуації є окрема категорія пристроїв, іменована як

електроніка, що носить, і представлена у формі сучасних електронних пристроїв, що носяться водієм на тілі.

Одним із психофізіологічних показників, що свідчать про настання стану дрімоти у людини, з якої значно легше вийти, ніж зі сну, є електрична активність шкіри (ЕАШ) [9] або шкірно-гальванічні реакції.

Визначення імпульсів відбувається за рахунок спеціальних приладів – кілець та браслетів, що сигналізують про ймовірність швидкого настання сну.

Stopsleep [10] являє собою наручний пристрій, виконаний у вигляді персня, який безперервно відстежує фізіологічний стан водія зі зміни ЕАШ за допомогою

8 вимірювальних контактів, що стикаються зі шкірою на пальцях водія, і призначений для запобігання засипанню водія в процесі руху за кермом автотранспортного засобу. У верхній частині пристрою розташована капсула з

процесором для обробки сигналів датчика, а також володіє засобами вібраційного, світлового та звукового оповіщення. У міру зниження концентрації

водія попереджувальні сигнали у вигляді вібрації та гучного звукового сигналу тривоги збільшуватимуться. Цей пристрій налаштований таким чином, щоб розпізнавати ранні ознаки втоми та ослабленої уваги водія ТЗ.

Виробник електроніки Fujitsu [11] розробив пристрій, що носить, Vehicle

POST FEELythm, що сприяє підвищенню безпеки при керуванні транспортним засобом. FEELythm – сенсорний пристрій, що носить, який визначає сонливість водія по його пульсу. Продукт, який використовує пропрієтарний

алгоритм, розроблений Fujitsu Laboratories, відслідковує пульс водія за допомогою датчика, закріпленого на мочці вуха, вимірює сонливість та

повідомляє водія та його диспетчера транспортного парку. Він може також підключатися до цифрових тахографів або інших бортових пристроїв, і

зв'язуватися з системами керування автопарками так, що оператори автопарків могли відстежувати стан своїх водіїв у режимі реального часу та надавати

актуальні рекомендації на основі отриманих даних.

1.3 Технічні пристрої та програмні алгоритми, що застосовуються у розробці систем активної безпеки водія

Впровадження систем моніторингу водія на будь-якому підприємстві здатне підвищити ефективність використання транспортних засобів та знизити експлуатаційні витрати всього підприємства. На основі розглянутих рішень і публікацій у галузі систем активної безпеки всі пристрої та програмні методи, що застосовуються при побудові подібних систем, можна розділити на дві великі групи – спрямовані на моніторинг поведінки водія всередині кабіни ТЗ та призначені для стеження за дорожньою ситуацією навколо автомобіля.

Моніторинг ситуації усередині кабіни транспортного засобу. Серед технічних пристроїв, спеціально розроблених і застосовуваних водієм, у процесі водіння, всередині кабіни автомобіля для виявлення ознак ослабленої уваги або втоми, можна відзначити: засоби електроніки, що носяться (кепка, браслет,

кільце), що вимірюють стан водія за допомогою таких показників, як пульс, частота дихання, електродермальна активність шкіри тощо; відеокамери, спрямовані на особу водія та аналізують його стан за лицьовими характеристиками, до яких можна віднести поворот і нахил голови, частота моргання повік, закритість очей і т.п.

Відеокамери, що встановлюються всередині кабіни транспортного засобу та здійснюють безперервний моніторинг поведінки водія, широко використовуються системами активної безпеки для вилучення (захоплення)

окремих кадрів зображень особи водія із заданою частотою (наприклад, 25 кадрів/сек.), які надалі використовуються при цифровій передобробці зображення і потім безпосередньому розпізнаванні тих чи інших об'єктів (особа, риси обличчя) та їх характеристик (визначення розміру області та кольору об'єкта, відстань до об'єкта, глибина об'єкта тощо) у певний момент часу.

Застосовуючи спеціалізовані програмні інтерфейси та алгоритми, фронтальні камери, що встановлюються в смартфонах, також дозволяють отримати безперервний ряд зображень, які можуть бути використані під час комп'ютерної

обробки та знаходження особи водія. Беручи до уваги високу якість зображень, що одержуються з фронтальної камери смартфона, стає можливим розпізнавати та витягувати характеристики обличчя водія з досить низькою ймовірністю помилки.

На сьогоднішній день технологія розпізнавання осіб, що активно застосовується в системах активної безпеки, є одним з популярних напрямків комп'ютерного зору, що розвиваються. Використання відеокамер при побудові систем сприяння водієві передбачає використання методів комп'ютерної обробки зображень водія з метою визначення присутності об'єкта на зображенні,

знаходження його положення в системі координат пікселів вихідного зображення та розпізнавання. Залежно від вибору алгоритму розпізнавання положення об'єкта може бути визначено координатами прямокутника, що обмежує об'єкт, контуром об'єкта, або координатами точок, найбільш

характерних для об'єкта. Варто відзначити, що в першу чергу алгоритми пошуку об'єктів на зображеннях повинні добре справлятися зі знаходженням осіб людей та рис обличчя. Широко поширені методи розпізнавання обличчя на зображеннях можна умовно розділити на дві групи: методи, які використовують у роботі деякий заданий набір правил виявлення обличчя на зображенні (порівняння з

еталоном – Template matching, наприклад метод Віола-Джонса (Viola-Jones) [10]) і метод, що використовує вектор ознак для подальшої класифікації зображення на класи (моделі зовнішнього вигляду (Appearance Models, ААМ), що включають такі методи як приховані Марківські моделі (Hidden Markov Model, HMM) [19], нейронні мережі, лінійний дискримінантний аналіз тощо).

Розглянуті вище алгоритми розпізнавання осіб на зображеннях мають тією чи іншою мірою як переваги, так і недоліки. При реалізації методу виявлення осіб у кадрі на смартфоні найбільш підходящим алгоритмом є метод Віоли-

Джонса, що показує низьку кількість помилкових спрацьовувань та високу точність виявлення об'єктів, що шукаються. При використанні способу Віола-Джонса визначення ознак відбувається швидше, ніж у способів зі схожим принципом роботи.

Аналіз дорожньої ситуації поза транспортним засобом. Аналіз існуючих

проектів та досліджень дозволив виділити чотири категорії технічних пристроїв, що застосовуються при виявленні потенційних небезпечних станів у процесі руху.

Першою категорією пристроїв для моніторингу дорожньої ситуації навколо автомобіля є радары ближньої та далекої дії. В якості даних пристроїв виступають датчики, в яких виявлення об'єктів (інші транспортні засоби, пішоходи, перешкоди, тощо) навколо автомобіля та визначення їх точного розташування побудовано на основі використання радіохвиль. На сьогоднішній

день радарний датчик є невід'ємним компонентом сучасних систем активної безпеки. Радар дозволяє виявити деякий об'єкт, визначити відстань до нього, його положення та швидкість руху. Перевагами використання радара перед іншими сенсорами, лідаром та ультразвуковим датчиком є можливість роботи в поганих погодних умовах (туман, дощ, сніг) та при сильному забрудненні.

Однією з технологій, що часто зустрічаються в автомобілях преміум класу, яка використовує у своїй роботі, для стеження за обстановкою навколо автомобіля, є система попередження зіткнень. На основі сигналів з радарів при виявленні загрози зіткнення системою безпеки автомобіля подається звукове

повідомлення щодо підвищення ризику виникнення аварійної ситуації; у разі різкого гальмування (різкого впливу на педаль гальма) застосовується максимально можливе зусилля на педаль гальма незалежно від реакції водія; за відсутності реакції з його боку швидкість руху може бути значно автоматично знижена і водій ще раз отримає попереджувальний сигнал у вигляді вібрації кермового колеса, а в екстремому випадку взагалі відбудеться автоматичний вплив на органи керування автомобіля (гальмівну систему, кермо) до його повної зупинки.

Другою категорією пристроїв для моніторингу дорожньої ситуації навколо автомобіля є ультразвукові датчики, що є сенсорним пристроєм, що здійснює перетворення електричної енергії в ультразвукові хвилі, що є механічними коливаннями з частотою понад 20 кГц. Принцип дії ультразвукового датчика

подібний до радару (1 категорія пристроїв) і полягає у визначенні наявності мети на основі інтерпретації відбитого від неї сигналу.

Ультразвуковий датчик має ряд особливостей, що визначають його сферу застосування, якими є виражена спрямованість сигналів, невелика дальність дії, невисока швидкість поширення хвиль. Основною перевагою ультразвукових датчиків є порівняно низька ціна.

Третьою категорією пристроїв для моніторингу дорожньої ситуації навколо автомобіля є зовнішні відеокамери, які широко використовуються в системах стеження за безпекою поведінки водія та обстановкою навколо автомобіля. Прикладами деяких систем, у яких знайшли застосування

відеокамери, це система автоматичного екстреного гальмування, попередження про ненавмисну (без включеного світлового покажчика повороту) зміну смуги руху та утримування автомобіля в її межах розмітки, допомоги руху по смузі, допомоги при перебудові, виявлення пішоходів, розпізнавання дорожніх знаків і т.п. Система розпізнавання дорожніх знаків здатна розпізнавати швидкісні обмеження на дорожніх знаках, заборони на в'їзд чи обгін і навіть інформацію про зняття цих заборон і відображати їх на дисплеї комбінації приладів або проєкційному дисплеї.

Останньою категорією пристроїв для моніторингу дорожньої ситуації навколо автомобіля є технологія LIDAR (Light Detection and Ranging) в оптичному діапазоні, що використовує як джерело випромінювання лазер. За

своїми функціями лідар виступає як альтернатива першому типу пристроїв, тому інша назва – лазерний радар. Принцип роботи датчика заснований на використанні електромагнітних хвиль інфрачервоного діапазону, тим самим забезпечуючи можливість визначення відстані до об'єкта, а також його швидкості. Варто відзначити, що ця категорія радарів чутлива до зміни рельєфу дороги (наприклад, промені світла можуть відбиватися від поверхні дорожнього покриття та створювати інформацію). Точність роботи лідара знижується у поганих погодних умовах (туман, дощ, сніг), а також при забрудненні датчика.

В якості додаткових джерел інформації можуть знайти застосування датчики, що здійснюють вимірювання характеристик автомобіля в конкретний момент руху. Одним з таких пристроїв є інерційний датчик руху (акселерометр), що вимірює напрямок руху автомобіля і допомагає визначити його точне географічне розташування. Ці пристрої поєднуються в єдине ціле за допомогою електронного блоку управління.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2 ПІДХІД ТА МОДЕЛІ ДО ПОБУДОВИ КОНТЕКСТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ

2.1 Принципи побудови системи попередження аварійних ситуацій під час водіння на основі огляду існуючих проєктів та досліджень

На основі вимог побудови розподіленої системи попередження аварійних ситуацій, можна виділити такі основні принципи, що лежать в основі РСПАС, що розробляється.

Відкритий вихідний код. Основні програмні рішення (бібліотеки, фреймворки), що допомагають у вирішенні завдань РСПАС та надають інформацію для системи генерації рекомендацій водію, повинні мати відкритий вихідний код та не повинні мати ліцензійні обмеження на його використання та подальшу модифікацію. Відкритість програмного забезпечення та незалежність доступу безлічі користувачів до вихідного коду дозволить не тільки контролювати поведінку програмного засобу, його безпеку, надійність, функціональний стан та якість, а також за необхідності модифікувати вихідний код.

Використання онтологій. Незважаючи на те, що системи завчасного виявлення та попередження про настання дорожніх пригод набирають популярності та поширеності серед великої кількості автовиробників, інформація про цю категорію систем різною мірою відкрита та розрізнена між розробниками даних систем безпеки. Однією з основних переваг використання онтологій є системний підхід до опису предметної галузі. Онтології [15, 16, 18] допоможуть визначити метадані моделі предметної галузі та функціональні можливості інформаційної системи підвищення безпеки водія.

Завчасне попередження водія про настання небезпечної ситуації.

Виходячи з того, що програмний комплекс, що розробляється, призначений для підвищення безпеки водія за кермом транспортного засобу, виявлення небезпечних станів і аварійних ситуацій має відбуватися завчасно, щоб водій встиг вчасно зреагувати на попередження і прийняти рішення по тому, як уникнути або знизити наслідки ймовірного настання аварійної ситуації.

Енергозбереження заряду акумулятора смартфона. Як відомо, при активному використанні смартфони досить швидко витрачають заряд вбудованої

батареї, що може призвести до повної розрядки телефону та відповідно

відключення РСІПАС. Водій не завжди може забезпечити зарядку свого смартфона достатньою силою струму з метою підтримки або збільшення заряду батареї смартфона.

Використання контекстної інформації. Для персоналізації результатів

роботи системи для водія, виявлення небезпечних станів у поведінці водія, вироблення оповіщень та рекомендацій та адаптації системи до внутрішніх змін, система повинна використовувати наявну інформацію про водія та його довкілля (контекст). До такої інформації відносяться інформація про користувача (ім'я, вік, стаж водіння та ін.), транспортний засіб (тип транспортного засобу, рівень

палива, тощо), параметри водіння (тип поїздки – на далеку відстань по трасі або в межах міста, час у дорозі без перерви на відпочинок, тощо) та дорожню ситуацію (затори, ДТП, дорожні перекриття, погодні умови, тощо).

Персоналізація відносно поведінки водія. Виходячи з того, що основною

метою системи є підвищення безпеки при керуванні транспортним засобом, водій має бути забезпечений зручним інструментом, що дозволяє непомітно для самого водія враховувати його особливості керування та здійснювати персоналізацію роботи з системою за рахунок надання інформації, актуальної та цікавої конкретному водію на основі поточного контексту, анонімованої

інформації від інших учасників РСІПАС та фонову підтримку водія під час проходження по маршруту. У процесі самонавчання та персоналізації системи до поведінки водія виконується збір, аналіз та накопичення інформації, ще

характеризує поточного водія в кабіні транспортного засобу та описує первинне калібрування системи на смартфоні, з функцією подальшої синхронізації у віддалений хмарний сервіс.

Робота в режимі реального часу. З метою запобігання та зниження наслідків дорожніх пригод у сфері пасажирських та вантажоперевезень система повинна мати актуальну інформацію про поточну ситуацію та надавати результати обробки такої інформації під час руху водія. Підтримка контексту користувача та інформації про поточну дорожню ситуацію в актуальному стані дозволить максимально швидко виявляти поточні потреби водія та викликати відповідні їм реакції системи.

Конфідентційність інформації про водіїв. Необхідність збору та аналізу великої кількості інформації про водіїв обумовлено персоналізацією системи. Система має забезпечити недоступність цієї інформації третім особам на основі контролю та розмежування прав доступу для різних типів учасників РСПАС. Збір інформації, не пов'язаної з персоналізацією результатів роботи системи, повинен проходити виключно в анонімізованому вигляді для неможливості ідентифікації та подальшої компрометації джерела.

Сформульовані принципи характеризують правила побудови програмного комплексу попередження водія про аварійні ситуації, що передбачає спостереження за поведінкою водія транспортного засобу з використанням онтології та фронтальної камери смартфона. Дане програмне забезпечення націлене на визначення стану втоми та ослабленої уваги водія ТЗ. Здійснюючи безперервне спостереження за фізичним станом водія за допомогою фронтальної камери смартфона і сенсорів смартфона, система РСПАС, що розробляється, фіксує характеристики положення голови та обличчя людини та їх відхилення від норми. На основі аналізу цих характеристик система виявляє ймовірність настання аварійних ситуацій водія та генерує рекомендації щодо запобігання дорожньо-транспортним пригодам.

2.2 Контекстно-орієнтований підхід до створення розподіленої системи запобігання аварійним ситуаціям

Створення системи попередження аварійних ситуацій, що враховує поведінку водія, характеристику руху ТЗ та поточні умови оточення, вимагає аналізу різноманітних інформацій, контексту, що характеризує ситуацію, в якій знаходиться водій транспортного засобу [19]. Таким чином, запропоновано контекстно-орієнтований підхід (рис. 2.1) до створення розподіленої системи запобігання аварійним ситуаціям.

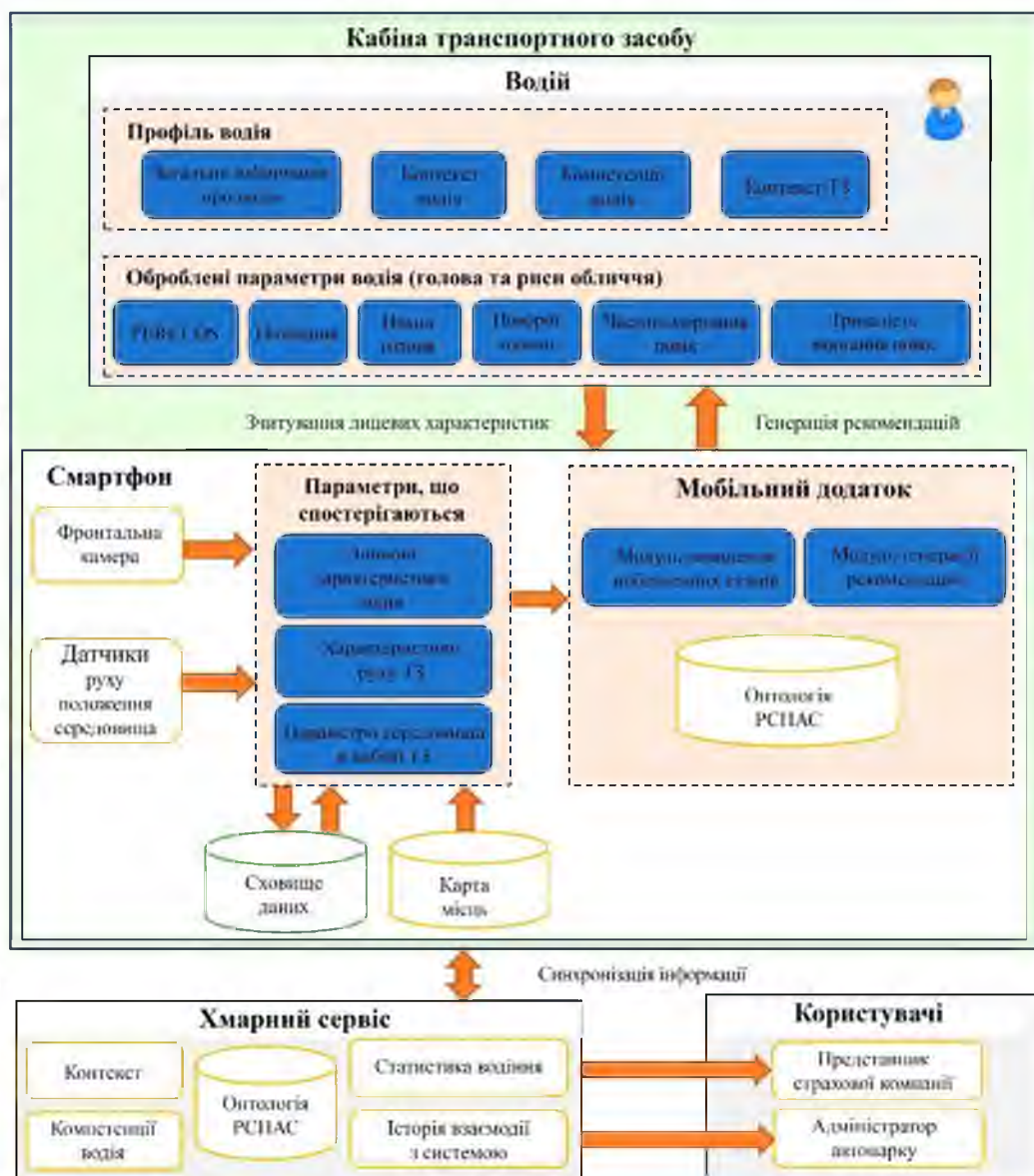


Рисунок 2.1 – Контекстно-орієнтований підхід до створення системи РСПАС

Контекстно-орієнтований підхід полягає у розподіленому накопиченні, аналізі загальної інформації про водія, контексту, його компетенцій та історію взаємодії з РСІАС та класифікації водіїв системи. Цей підхід включає чотири основні компоненти: водій, смартфон, хмарний сервіс та користувачі.

Компонент «Водій», що описує психофізіологічні особливості водія транспортного засобу, є основним джерелом інформації для системи РСІАС. Цей компонент складається з модулів «профіль водій» та «оброблені параметри водія (голова та риси обличчя)». Перший модуль характеризується загальною

інформацією про водія (ім'я, прізвище, стать, вік, номер телефону, т.п.), його стиль водіння (манера гальмування та прискорення, швидкісний режим на ділянці, кількість та різкість перебудов, навичками та стажем водіння, категорією водія, до якої водій віднесений в результаті персоналізації РСІАС

під водія на основі інформації про всіх учасників) та знання правил дорожнього руху (ПДР). Загальна інформація, що описує водія ТЗ, допомагає не тільки явно ідентифікувати водія серед усіх водіїв-операторів, які встановлюють і використовують цей програмний комплекс, але також покращити пошук і співвідношення водіїв зі схожими характеристиками. В іншому модулі,

оброблені параметри водія, психофізіологічні показники зчитуються та формалізуються в режимі реального часу за рахунок використання методів та підходів комп'ютерної обробки зображень з фронтальної камери та отримання даних із сенсорів смартфона, а саме акселерометра та гіроскопа. Ознаки станів

ослабленої уваги та втоми у водія характеризується такими параметрами, що спостерігаються: PERCLOS (PERcentage of eye CLOSure – частка часу, протягом якого очі водія закриті) [12], поворот голови вліво/вправо по відношенню до тулуба, нахил голови вперед відносно тулуба (момент, коли водій «кляє носом»), тривалість моргання повік, частота моргання повік, ступінь відкритості рота людини (ознаки позіхання).

Манера їзди або стиль водіння формуються для кожного водія індивідуально та дозволяють охарактеризувати того чи іншого оператора транспортного засобу та надалі сформулювати пропозиції щодо покращення його

навичок водіння ТЗ, підвищуючи загальну безпеку керування. Стиль керування визначений на основі низки параметрів, включаючи темп і швидкість, час розгону, різке прискорення та гальмування, поворот ТЗ, тип поведінки водія за кермом на дорозі. Наведені параметри реєструються за допомогою вбудованих датчиків у смартфон, до яких відносяться акселерометр, гіроскоп, GPS, магнітометр, мікрофон. Перераховані показники і оброблені параметри допомагають розпізнати небезпечний стан водія ТЗ, і знизити ймовірність настання небезпечного стану, а саме втоми чи ослабленої уваги у водія, що у свою чергу є одним із головних принципів побудови системи попередження аварійних ситуацій.

Наступним компонентом мобільного програмного комплексу є смартфон водія, що функціонує на платформі Android. Координуючим модулем РСПАС є мобільний додаток, що встановлюється в постійну пам'ять смартфона і виступає як сполучна централізуюча ланка, через який протікають всі процеси передачі інформації. Розроблений мобільний додаток включає різного типу програмні модулі та виконує наступні завдання: зчитування інформації з фронтальної камери та сенсорів, виявлення небезпечних станів водія, калібрування системи для водія, генерація рекомендацій, пошук та побудова маршруту до місця відпочинку (наприклад, кафе, готель чи автозаправна станція).

Сучасні смартфони оснащуються різними сенсорами, що дозволяють отримати інформацію про взаємодію пристрою з фізичним світом, що його оточує, а саме напрямок руху, орієнтація у просторі та різні умови навколишнього середовища. Модуль зчитування та обробки сенсорних даних збирає, аналізує та формалізує показання з доступних датчиків смартфона безперервно під час руху водія ТЗ. Даний модуль надає доступ до такої інформації про поїздку водія, як відео-фрейм особи водія в кабіні ТЗ, швидкість пересування, поточна геопозиція, віддаленість водія від найближчих місць відпочинку та подія перебудови в іншу смугу руху або поворот наліво/направо. Перелічені типи показань приходять від наступних датчиків:

– фронтальна камера, яка використовується для безперервної зйомки зображень положення голови та рис обличчя водія у процесі руху. Під час відеозйомки використовуються такі параметри, як розподільна здатність вихідного відеосигналу, автофокусування, формат вихідних зображень (YUV420 – цифровий формат для вихідних зображень камери на платформі Android);

– акселерометр (G-сенсор), що відноситься до датчиків руху, дозволяє визначити орієнтацію смартфона та прискорення сили тяжіння по трьох осях (X, Y, Z) (наприклад, прискорення або гальмування автомобіля);

– гіроскоп, який відстежує положення пристрою в просторі, або кут нахилу (наприклад, для повороту ліворуч/праворуч, перебудови в суцільну смугу руху);

– магнітометр, який вимірює величину напруженості магнітного поля вздовж трьох осей смартфона. Дані з датчиків магнітометра та гіроскопа можуть поєднуватися для більш точного визначення напрямку руху ТС;

– система супутникової навігації GPS, що забезпечує вимірювання відстані, часу та дозволяє отримати поточне місцезнаходження та абсолютну швидкість руху ТС;

– мікрофон, що є обов'язковим датчиком кожного смартфона, дозволяє з високою точністю виміряти рівень звукового сигналу у зовнішньому середовищі. Даний датчик дозволяє розрізнити ситуації, коли водій починає розмову з одним із пасажирів у ТС, або слухає музику чи радіо через мультимедіа систему;

– датчик освітленості, що дозволяє визначити зміну кількості світла, що надходить ззовні. Датчик може бути використаний для вимірювання низького рівня освітленості (наприклад, у нічний час доби) у кабіні транспортного засобу, коли отримання та обробка зображень з фронтальної камери є недоцільним та неможливим відповідно на підставі оцінки освітлення робочого місця водія.

Якщо кількість світла в кабіні транспортного засобу недостатня для повної працездатності РСІАС, програмний комплекс може попередити водія про тимчасове та часткове відключення функції розпізнавання небезпечних станів у процесі руху.

Початковим кроком для використання водієм системи РСПАС є її первинне калібрування, яке здійснюється модулем «калібрування системи для водія», яке дозволить мобільному додатку врахувати параметри водія (наприклад, нахил голови водія вліво/вправо, вперед/назад по відношенню до тулуба), параметри та можливості його смартфона (наприклад, присутність того чи іншого датчика, необхідного для повного функціонування РСПАС), рівень гучності попереджень про небезпечну ситуацію та транспортного засобу (легковий чи вантажний автомобіль) та краще адаптуватися під конкретного водія.

На основі онтології РСПАС, що включає знання про водія, профіль, лицьові характеристики, ТЗ та показання сенсорів смартфона, модуль виявлення небезпечних станів дозволяє зіставити оброблені параметри поведінки водія та небезпечні стани, з яким він може зіткнутися при керуванні ТЗ, на основі поточної ситуації в кабіні ТЗ. На основі виявленого небезпечного стану та поточної ситуації, в якій знаходиться водій та транспортний засіб, модуль рекомендацій виробляє практичні рекомендації, націлені на зниження ймовірності настання аварійної ситуації. У випадку, якщо згенерована рекомендація полягає в тому, щоб запропонувати водієві скористатися найближчим місцем відпочинку, модуль пошуку місць відпочинку може знайти відповідне місце для зупинки та відпочинку та побудувати оптимальний маршрут до цього пункту призначення з урахуванням поточних дорожніх умов.

Варто відзначити, що моніторинг небезпечних станів та генерація рекомендацій водієві виконуються безпосередньо на смартфоні водія, забезпечуючи можливість користуватися системою РСПАС без підключення до мережі Інтернет.

Впорядковане зберігання та маніпулювання відомостями про групу об'єктів забезпечується за рахунок використання локального сховища даних (СД), що є інформаційною базою даних (БД) системи управління базами даних, та адаптованого для використання на мобільних пристроях платформи Android. Локальне СД застосовується при запису та зберіганні тимчасових даних

користувача і підготовки їх з метою подальшої синхронізації та відправки у віддалений хмарний сервіс. Варто зазначити, що можливість роботи програмного комплексу без підключення до інтернету (офлайн) забезпечує сховище даних, що виконує логування та запие подій та їх характеристик у постійну пам'ять пристрою при обриві зв'язку, а при появі – у хмарний сервіс.

Оскільки, механізм визначення небезпечних станів водія, модуль виявлення ознак небезпечної поведінки у складі мобільного додатка, локальне сховище даних і безпосередньо компонент «Водій» зосереджений на смартфоні

водія, накопичувана інформація про водія є мінімальною і достатньою для

функціонування системи РСПАС без підключення до мережі Інтернет. З поновленням з'єднання з мережею Інтернет у системі РСПАС стає можливим доповнити накопичену інформацію на смартфоні тією, яка є результатом роботи

програмних модулів і алгоритмів, зосереджених у хмарному сервісі,

орієнтованому на постобробку даних від водіїв та інших учасників системи.

Хмарний сервіс отримує від мобільного додатка таку інформацію, як характеристика водіння (прискорення, гальмування, плавність ходу, перебудова, шлях прямування тощо), небезпечні стани в процесі руху та статистика

використання програми. На основі даних, що збираються з мобільного пристрою

водія, виділяються та формуються його патерни поведінки, унікальний стиль (манера) водіння, що характеризують конкретного водія. Варто зазначити, що в якості користувачів РСПАС визначено адміністраторів автопарків та

представників страхових компаній, які здійснюють моніторинг історії взаємодії

з системою та аналіз статистики водіння водіїв відповідно. Крім того,

використовуючи результати роботи хмарного сервісу, РСПАС дає можливість користувачам системи підвищити ефективність використання водіями ТЗ,

знизивши експлуатаційні витрати при обслуговуванні та покращити взаємодію з

безпосередніми клієнтами тієї чи іншої компанії. У міру взаємодії водіїв та

користувачів з РСПАС дана система продовжує навчатися на основі накопичуваних даних та підлаштовуватися під кожного водія з урахуванням його особливостей поведінки за кермом та стилю водіння, що забезпечує виконання

принципу безперервної персоналізації системи РСПАС та досягнення можливості оцінки навичок водіїв з управління ТЗ та покращення ефективності його експлуатації.

Загальну схему роботи розподіленої системи попередження аварійних ситуацій визначено в такий спосіб. Мобільний програмний комплекс РСПАС, що встановлюється на смартфон, задіює апаратні можливості смартфона у вигляді фронтальної камери та сенсорів телефону для отримання зображень водія та параметрів поїздки (поточна швидкість пересування, прискорення, гальмування, поворот наліво/направо та поточні географічні координати ТЗ). Для пошуку та вилучення характеристик голови та рис особи водія (положення голови, PERCLOS, швидкість моргання повік, напрям погляду, ступінь відкритості рота) його вихідне зображення, що надходить на вхід до модуля обробки зображень, обробляється методами комп'ютерного зору [13,14].

Використовуючи онтологію водія та ТЗ, характеристики його обличчя та показання з сенсорів смартфона, модуль виявлення небезпечних станів визначає наявність ознак небезпечної поведінки водія за кермом ТЗ. Залежно від виявленого небезпечного стану, втомі чи ослабленої уваги, модуль генерації рекомендацій сигналізує водієві про виникнення нештатної ситуації та видає інструкції щодо того, як можна запобігти аварійній ситуації або знизити наслідки її настання.

Велика кількість інформації, що отримується та генерується в процесі безперервного моніторингу поведінки водія за кермом ТЗ з використанням фронтальної камери та численними сенсорами смартфона, накопичується при роботі системи допомоги водієві. Внаслідок одночасної роботи локальної бази даних, що зберігається у додатку на смартфоні водія та віддаленого хмарного сервісу, доступного для кожного водія у будь-який момент часу, стає можливим зберігання, керування, аналіз та генерування нових даних.

2.3 Інформаційна модель профілю водія транспортного засобу

Аналіз існуючих систем активної безпеки та технологій, які використовують при керуванні ТЗ, які встановлюються в автомобілі на заводах автовиробників або спеціалізованих сервісах або вручну після придбання ТЗ, дозволив виділити наступну інформацію про оператора (водія) РСПАС транспортного засобу: загальна інформація про водія, контекст, компетенції водія та історія взаємодії із системою.

Розроблена інформаційна модель профілю водія системи РСПАС при керуванні транспортним засобом показана на рис. 2.2.

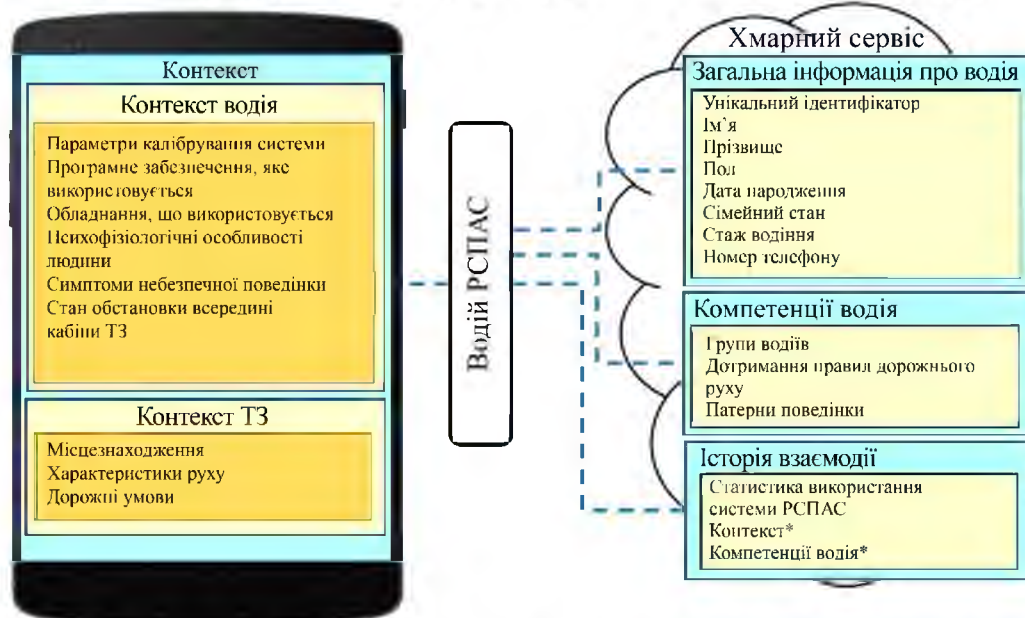


Рисунок 2.2 – Інформаційна модель профілю водія

В якості головної дійової особи для інформаційної моделі був обраний водій ТЗ на основі того, що він надає інформацію системі на основі сукупності параметрів і зв'язків між ними, що дозволяє моделі моделювати різні стани оператора (водія) на основі передачі інформації.

Розділ «Загальна інформація про водія» включає наступну інформацію: унікальний ідентифікатор водія, ім'я, прізвище, стать, дата народження, сімейний стан, стаж водіння, номер мобільного телефону. Дана інформація є базовою та першочергово характеризує водія.

Розділ «контекст» описує всю інформацію, що характеризує навколишнє оточення, в якому знаходяться водій та транспортний засіб і складається з двох підрозділів «Контекст водія» та «Контекст ТЗ». Розділ «Контекст водія» містить інформацію про оператора мобільного програмного комплексу, яка змінюється в залежності від поточної ситуації в кабіні транспортного засобу та дорожньої обстановки. Цей розділ містить такі атрибути: параметри калібрування системи РСПАС, обладнання та програмне забезпечення, психофізіологічні особливості водія, симптоми небезпечної поведінки та кількість годин без перерви на відпочинок. Атрибут «параметри калібрування системи» визначає налаштування калібрування мобільної системи допомоги водію при першому запуску програми і дозволяє краще підлаштуватися під конкретного водія транспортного засобу (кут нахилу голови водія за замовчуванням, фокусна відстань об'єктива, відстань від фронтальної камери смартфона до водія, рівень гучності звуку смартфона, чому віддається перевага). Атрибут «обладнання, що використовується» описує технічні характеристики смартфона, використовуваного водієм ТЗ. Атрибут «програмне забезпечення, що використовується» характеризує програмний комплекс, що встановлюється та налаштовується на смартфоні водія та призначений для прогнозування ймовірності настання аварійних ситуацій.

Атрибут «психофізіологічні особливості» визначає стан водія в даний час, характеризуючи його швидкість реакції, точність і послідовність дій. Атрибут «симптоми небезпечної поведінки» містить інформацію про виявлену небезпечну поведінку водія за кермом автомобіля з метою подальшого вироблення рекомендацій для запобігання настанню аварійної ситуації (наприклад, кількість годин безперервного керування ТЗ, що відображає інформацію про час перебування водія за кермом автомобіля при безперервному русі без перерви на відпочинок). Атрибут «стан обстановки всередині салону кабіни ТЗ» описує різні параметри та умови обстановки в кабіні ТЗ (наприклад, рівень освітленості, рівень сигналу шуму).

Розділ «Контекст ТЗ» описує інформацію, пов'язану з транспортним засобом, таку як його категорія (легковий чи вантажний), характеристики,

місцезнаходження та дорожні умови. Атрибут «характеристики руху» містить інформацію про напрямок та швидкість руху водія в конкретний момент часу.

Атрибут «місце розташування» містить інформацію про поточне географічне розташування ТЗ та прилеглих місць відпочинку, які використовуються при формуванні рекомендацій. Відомості про місця відпочинку описують придорожні зупинки (кафе, готелі, автомобільні заправні станції), якими водій може скористатися при настанні втоми або ослабленої уваги та зробити невеликий відпочинок у 20...30 хвилин, випивши тонізуючий напій або скористатися повноцінним 7...8 годинним сном, відновивши сили

перед наступною поїздкою. Атрибут «дорожні умови» описує час у дорозі і час, що залишився до кінцевого пункту призначення, поточний час доби і відображає поточний ступінь завантаженості автомобільних доріг.

Розділ «Компетенції водія» описує здатність та прагнення водія до дій на основі його особистісних параметрів, знань, навичок та включає групи водіїв, дотримання правил дорожнього руху та патерни поведінки. Компетенції водіїв заповнюється системою автоматично на основі історії роботи із системою, патернів поведінки та стилю водіння водія. Патерни поведінки описують успішність, послідовність і час виконання тих чи інших дій кожного конкретного водія в момент часу на основі використання сенсорних даних, що зчитуються, та інформації, що визначає профіль водія. Прикладом патерну поведінки водія може бути ситуація, що описує процес гальмування ТЗ перед червоним сигналом світлофора на деякому проміжку часу. В даному випадку патерн поведінки водія включає майже незмінний рух ТЗ у напрямку прямо, що реєструється гіроскопом та магнітометром; зниження швидкості руху ТЗ, що реєструється сенсором GPS; негативні значення, що зчитуються за допомогою акселерометра смартфона і свідчать про гальмування ТЗ і, нарешті, припинення руху ТЗ і встановлення швидкості, що дорівнює нулю. Групи водіїв включають інформацію про належність до тієї чи іншої групи, до якої система віднесла даного водія. Формалізація компетенцій дозволяє здійснити автоматичну кластеризацію водіїв у вигляді формування поведінкових профілів з наступним виявленням груп

водіїв зі схожими характеристиками під управлінням ТЗ (патерни поведінки, стиль водіння).

Розділ «Історія взаємодії» включає історію роботи водія із системою РСПАС. У цьому розділі зберігається статистика використання системи РСПАС

(протоколування дій водія), що збирається переважно неявним чином, контекст водія та його компетенції. Ця інформація використовується для подальшої

синхронізації з хмарним сервісом та офлайн аналізу дій водія та оновлення в автоматичному режимі розділу «Компетенції водія». З метою виділення груп

водіїв зі схожими характеристиками на основі інформації про їхню поведінку за кермом транспортного засобу використовується метод класифікації їх профілів.

2.4 Онтологічна модель розподіленої системи запобігання аварійним ситуаціям

Процеси формування контекстно-залежних рішень модулем виявлення та попередження небезпечних станів у процесі водіння та виконання персоналізації

системи РСПАС для водія вимагають забезпечення формалізації поточної ситуації у кабіні транспортного засобу. Інструментом, що вирішує це завдання,

була обрана онтологія [12, 21], що описує предметну область у вигляді моделі, в якій концептам і зв'язкам дано унікальні імена та визначення. Онтологічна

модель дозволить як досягти семантичної інтероперабельності у взаємодії окремих компонентів у системі РСПАС, так й у разі потреби вносити зміни у

поведінку системи, не перепрограмуючи складові її компоненти і модулі.

Система РСПАС, що розробляється, описана з використанням онтологічної моделі, побудованої на основі знань про наступні об'єкти за

допомогою чотирьох високорівневих класів: «Водій» (поведінка водія в кабіні ТЗ), «ТЗ» (характеристики керування транспортним засобом), «Смартфон»

(смартфон водія, що об'єднує в собі фронтальну камеру та сенсори та використовується для функціонування мобільного програмного комплексу) та

«Небезпечні Стани» (небезпечні стани, з якими водій може зіткнутися при керуванні транспортним засобом). Дана онтологічна модель орієнтована на

досягнення наступних завдань: виявлення небезпечних станів водія на основі спостережуваних та оброблених параметрів з фронтальної камери та сенсорів смартфона; генерація рекомендацій на основі певних небезпечних станів для запобігання настанню дорожньо-транспортних пригод. Загальна схема онтологічної моделі РСПАС представлена на рис. 2.3.

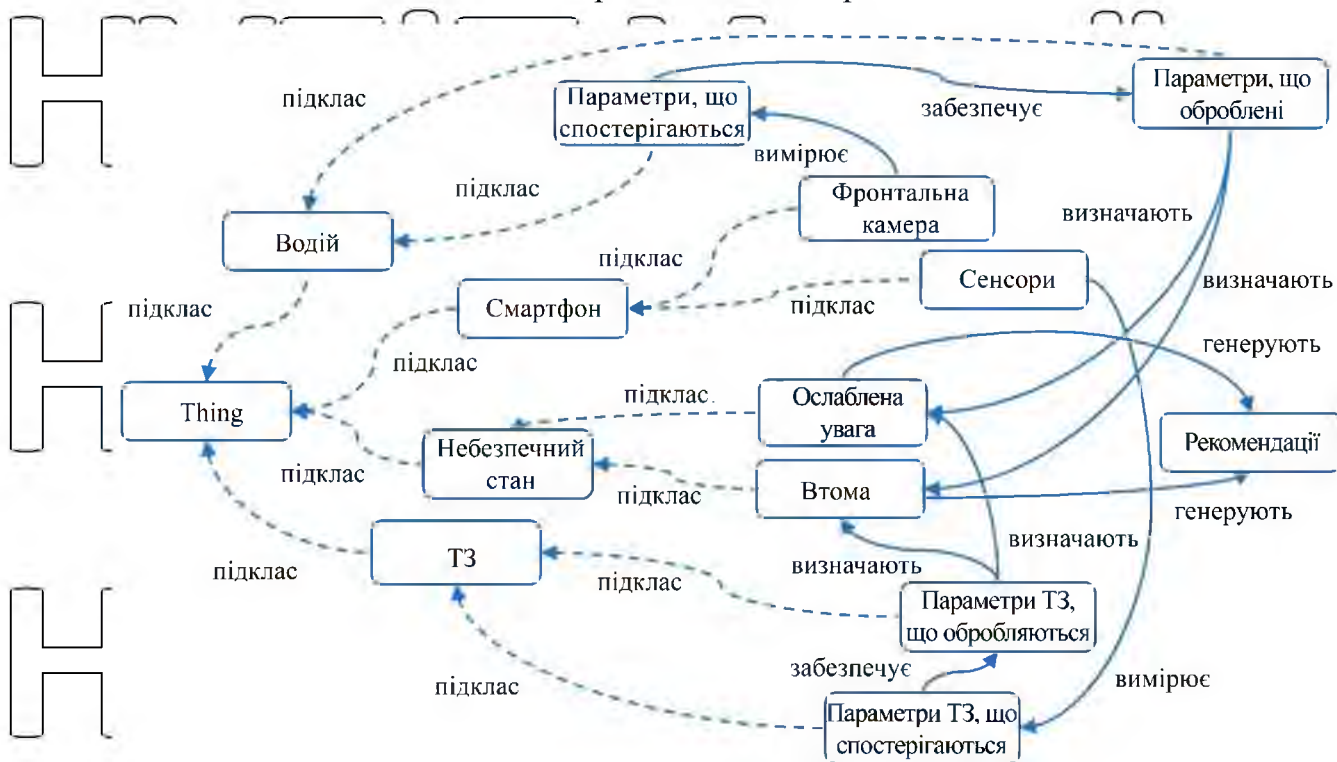


Рисунок 2.3 – Загальна схема онтологічної моделі системи РСПАС

З метою наочного та спрощеного представлення знань про контекст у кабіні транспортного засобу онтологічна модель РСПАС умовно поділена на онтологію виявлення небезпечних станів втомив та ослабленої уваги в поведінці водія (рис. 2.4) та онтологію попередження водія про аварійні ситуації шляхом генерації йому рекомендацій аварійної ситуації (рис. 2.5).

Розглянемо онтологію визначення небезпечних станів водія. Онтологічна модель виявлення небезпечних станів дозволяє зіставити сигнали поведінки водія та небезпечні стани, з якими він може зіткнутися під час керування ТЗ.

Поняття «Водій» характеризується і формується на основі спостережуваних (клас «СпостережуваніПараметриВодія») параметрів, що безпосередньо зчитуються з фронтальної камери (клас «ФронтальнаКамера») та оброблених (клас «ОпрацьованіПараметриВодія») параметрів у поведінці водія.

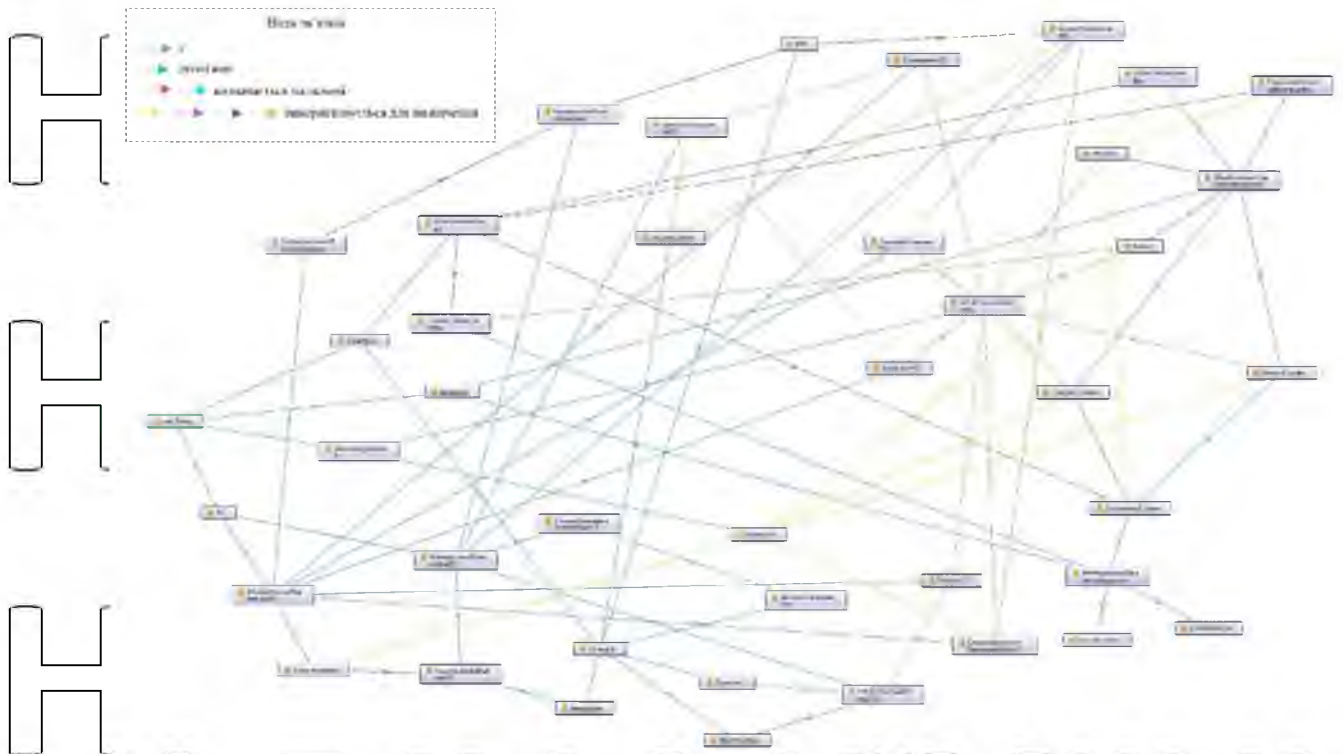


Рисунок 2.4 – Онтологія виявлення небезпечних станів в поведінці водія

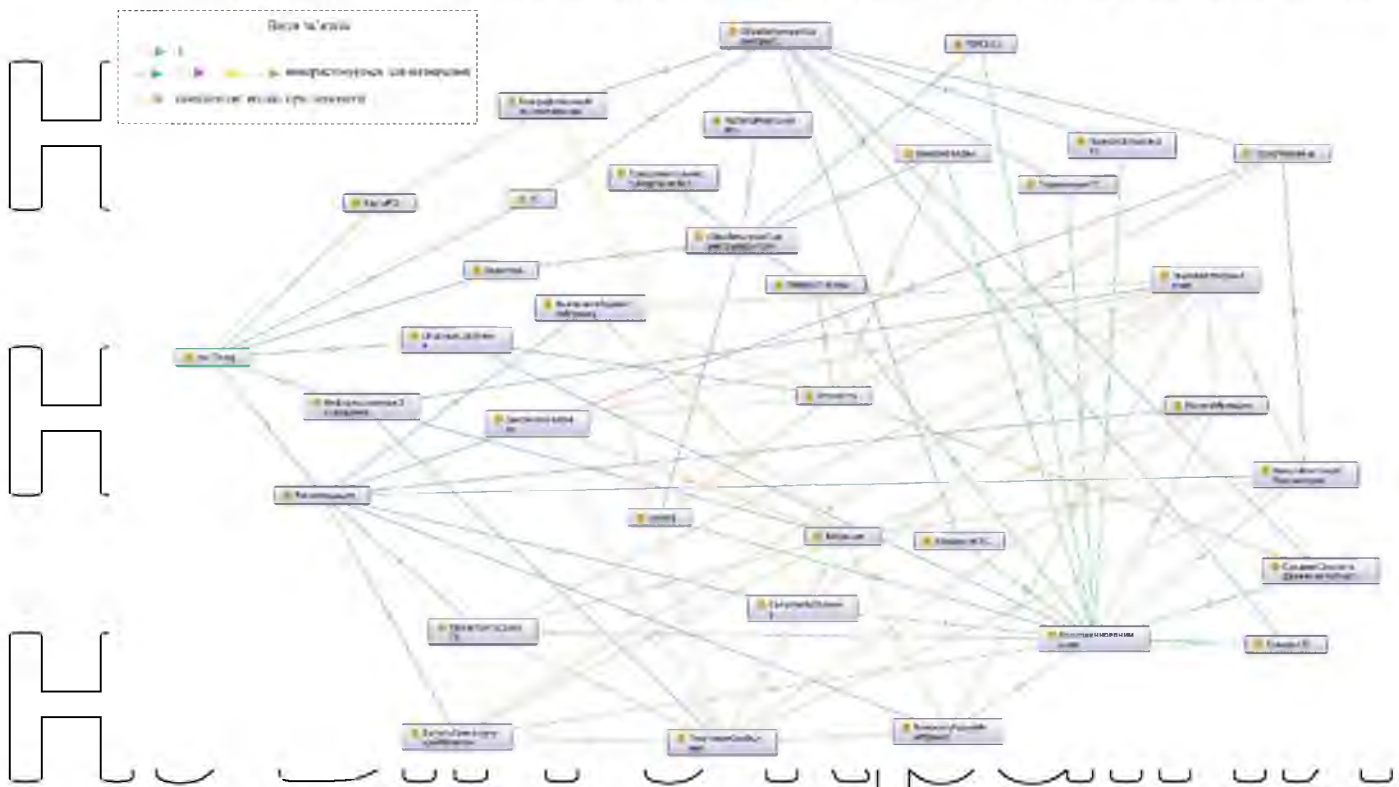


Рисунок 2.5 – Онтологія попередження водія про небезпечний стан та генерації рекомендацій

Спостережні параметри є первинними значеннями з фронтальної камери смартфона, які проходять попередню обробку, і описують лишеві характеристики водія, включаючи (відношення «є») в собі такі об'єкти як

«ОчіВідкриті», «ОчіЗакриті», «СтупіньВідкритостіРта» та «ПоложенняГолови».

На основі розцінаних лицьових характеристик система РСПАС обчислює (оброблені) параметри, що являють собою передоброблені відомості про водія в кабіні ТЗ і використовуються надалі для виявлення можливих небезпечних станів.

До оброблених параметрів відносяться (відношення «є») такі візуальні

об'єкти як «PERCLOSE» (частка часу, протягом якого очі закриті),

«ЧастотаМорганняПовік» (частота змикання повік протягом часу),

«ТривалістьМорганняПовік» (час моргання повік), «ПоворотГолови» (кут

повороту голови водія вліво/вправо), «Позіхання» (відношення висоти та

ширини рота водія) та «НахилГолови» (кут нахилу голови водія вниз/вгору).

Іншим складовим класом онтології є «ТЗ», що включає (відношення «є») різні параметри та атрибути управління ТЗ водієм, що формуються на основі

спостережуваних («СпостережніПараметриТЗ») і оброблених

(«ОбробленіПараметриТЗ») характеристик руху. Параметри, що

спостерігаються, є первинними значеннями, що формуються за допомогою

одержуваних даних з сенсорів (клас «Сенсори», що об'єднує (відношення «є») у

собі об'єкти: «Акселерометр» (датчик, що вимірює прискорення і швидкість ТЗ),

«Магнітометр» (датчик, що вимірює напрямок руху ТЗ), «Гіроскоп» (датчик, що

вимірює положення ТЗ у просторі), «GPS» (датчик, що використовується при

обчисленні поточної швидкості та географічного розташування), «Мікрофон»

(датчик, що обчислює рівень звукового сигналу ззовні), «ДатчикОсвітлення»

(датчик, що вимірює рівень освітленості в кабіні ТЗ), кожен з яких відповідає

однойменному сенсору смартфона, включаючи наступні параметри:

«ЛінійнеПрискорення», «ШвидкістьРуху», «РівеньШумуВКабініТЗ»,

«НапрямокРухуТЗ», «КоординатиМісцеположення» та

«СтупіньОсвітленостіВКабініТЗ». На основі аналізу характеристик руху ТЗ

система РСПАС переходить до оброблених параметрів, що використовуються

при виявленні небезпечних станів, а саме «ПоворотТЗ» (кут повороту ТЗ, що

обчислюється на основі вимірювань з гіроскопа), «ПрискоренняТЗ» та

«ГальмуванняТЗ» (прискорення та гальмування ТЗ, визначається за допомогою

даних з акселерометра), «ПовнаЗупинкаТЗ» (зупинка ТЗ фіксується при швидкості руху 0 км/год), «СередняШвидкістьРухуНаДільниці» (визначається на основі даних з GPS та акселерометра), «ГеографічнеМісцезросташування» та «ГолосЛюдини» (визначення присутності інших за вхідним аудіо сигналом з мікрофона). На основі оброблених параметрів, що описують поведінку водія та характеристики руху ТЗ, система РСПАС приймає рішення про присутність або відсутність ознак небезпечного стану у водія («НебезпечніСтани»), до яких відносяться (відношення «є») втома (об'єкт «Втома») та ослаблена увага (об'єкт «ОслабленаУвага»).

Далі результати розпізнавання небезпечного стану водія є початковою точкою входу для онтології попередження водія та вироблення йому контекстно-орієнтованих рекомендацій. З метою оповіщення водія про небезпечний стан та генерацію рекомендацій системою РСПАС задіяні інформаційні оповіщення (клас «ІнформаційніОповіщення»), що включає (відношення «є») такі види повідомлень смартфона, як вібрація (колювання) (клас «Вібрація»), текстове відображення на дисплеї смартфона (клас «ТекстовеПовідомлення») та звукове повідомлення (наприклад, за допомогою динаміка смартфона) (клас «ЗвуковеСповіднення»). При виявленні ознак стану втоми у водія йому

генеруються (відношення «є») такі рекомендації (клас «Рекомендації»): вимкнути радіо або музику, з'їхати на узбіччя та відпочити або закінчити розмову. У разі визначення ознак стану ослабленої уваги у водія йому генеруються (відношення «є») наступні рекомендації: з'їхати на узбіччя та відпочити, включити радіо чи музику, випити тонізуючий напій (каву), почати розмову з пасажиром, наспівати мелодію чи провітрити салон транспортного засобу.

За рахунок присутності загального класу «НебезпечніСтани» (стану втоми та ослабленої уваги) є можливим об'єднати побудовані та описані вище онтології та сформувати онтологічну модель системи РСПАС, орієнтовану на виявлення небезпечних станів у поведінці водія та попередження водія і генерацію йому рекомендацій на основі вхідних даних з фронтальної камери та сенсорів

смартфона з метою цілісного розуміння знань про предметну область розглянемо єдину спільну (загальну) онтологію системи РСПАС (рис. 2.6).

Загальна онтологічна модель системи РСПАС дозволяє доповнити модель поведінки водія параметрами та атрибутами, що характеризують взаємодію водія з ТЗ та використовуються при визначенні ознак втоми та ослабленої уваги у людини.



Рисунок 2.6 – Загальна онтологічна модель системи РСПАС при керуванні ТЗ

2.5 Сценарна модель розподіленої системи попередження аварійних ситуацій та вироблення контекстно-орієнтованих рекомендацій для водія транспортного засобу

На основі сформульованих принципів розглянуто чотири варіанти ролей акторів (дійових осіб – людей), що беруть участь у процесі взаємодії з РСПАС, які мають намір досягти певних цілей та представлені у вигляді сценарних моделей

Варіант використання РСПАС водієм особистого транспортного засобу.

Даний варіант передбачає використання РСПАС при керуванні водіями, які володіють і керують власним (особистим) ТЗ (рис. 2.7). У цьому випадку водій встановлює систему РСПАС на свій смартфон та використовує її у зручний для нього час. Перевагами такої взаємодії водія з РСПАС є прагнення водія до підвищення власної безпеки за кермом транспортного засобу за рахунок реагування на рекомендації, що генеруються мобільним додатком, що враховують поточний контекст.

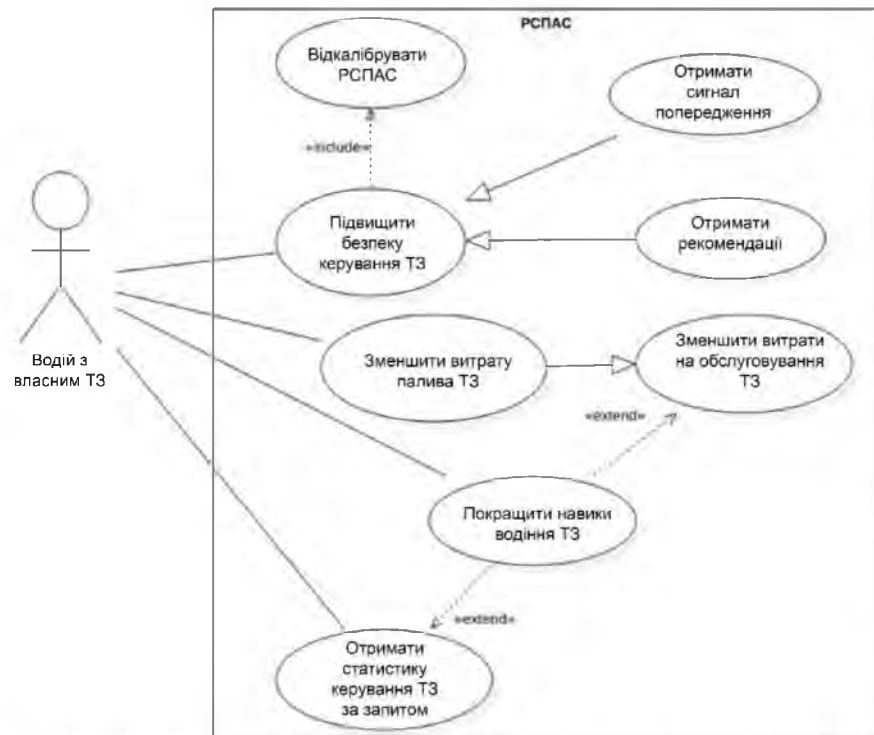


Рисунок 2.7 – UML-діаграма сценарію використання РСПАС водієм власного автомобіля

Як один із результатів взаємодії водія з системою РСПАС є оцінка його стилю водіння на основі аналізу досконалих поїздок і, як наслідок, безперервне підвищення безпеки руху та скорочення витрат на обслуговування ТЗ шляхом підвищення ефективності його експлуатації.

Варіант використання РСПАС адміністратором автопарку. Незважаючи на те що дорожні аварії з вини вантажного авто транспорту трапляються набагато рідше, ніж з вини легкових автомобілів, смертність у ДТП з вантажними

автомобілями залишається дуже високою. Серед факторів, що викликають зниження пильності водія і, як наслідок, що призводять до пригод за участю вантажного автотранспорту, можна виділити такі як щільні робочі графіки, неправильно спланований маршрут або прояв квалітності з боку роботодавця чи замовника. У цьому випадку РСПАС можуть легко знайти застосування в логістичних компаніях, що здійснюють вантажні перевезення (рис. 2.8).

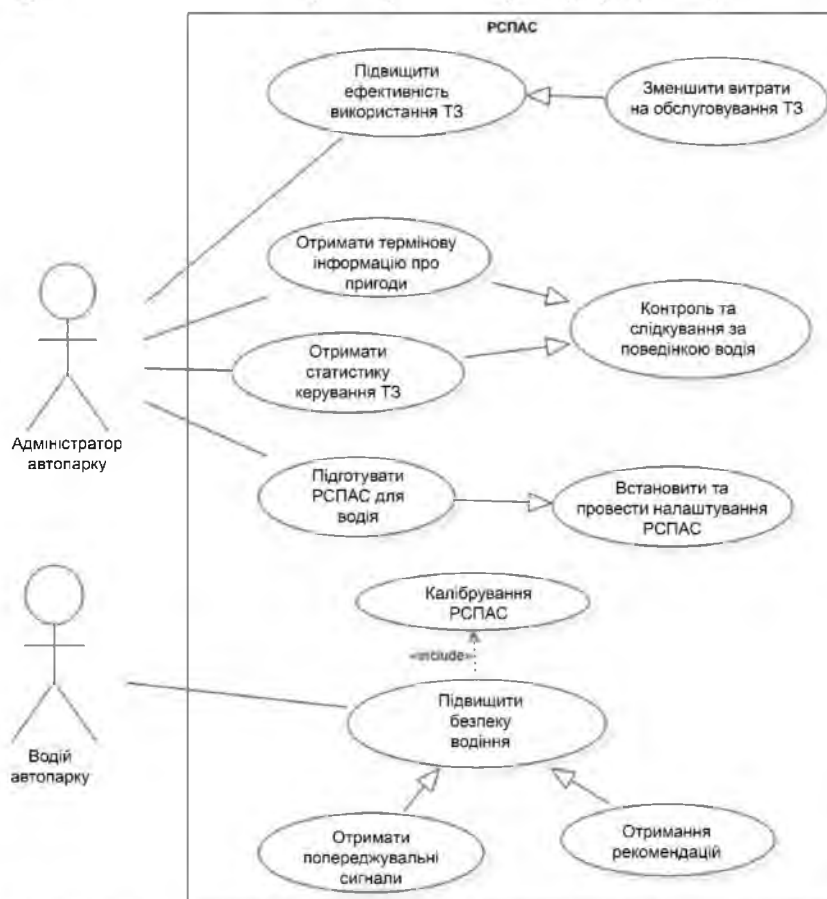


Рисунок 2.8 – UML-діаграма сценарію використання РСПАС водієм зі штату та адміністратором автопарку

Іншою сферою застосування системи РСПАС є таксомоторні компанії, які здійснюють пасажирські перевезення та пропонують послуги таксі. Пропонований варіант має на увазі моніторинг здійснюваних поїздок адміністратором автопарку та використання системи генерації рекомендацій штатними водіями автопарку.

Перевагами даного варіанта використання РСПАС є прагнення адміністратора автопарку забезпечити кожного водія смартфоном із

встановленим на ньому РСІАС, що у свою чергу дозволяє безперервно відстежувати місцезнаходження водія, його психофізіологічний стан та вести контроль обліку відпочинку водія у режимі реального часу.

Варіант застосування системи РСІАС страховою компанією для використання водієм. Принцип Usage Based Insurance («Страховання на основі фактичного використання») (UBI) [18] було введено на ринок моторних ТЗ ще 10 років тому. Замість того, щоб розраховувати вартість страхового поліса на основі марки та моделі автомобіля, стажу водія, його віку та історії водіння, принцип UBI описує модель, згідно з якою ризик обчислюється залежно від

індивідуального стилю водія на основі різних параметрів (наприклад, час використання, пройдена відстань, швидкість руху, небезпечні маневри, поведінка водія та місця поїздок). На даний момент існує два види моделей UBI:

Pay As You Drive (PAYD) та Pay How You Drive (PHYD). В даний час страхові компанії все частіше застосовують техніку PHYD в галузі автострахування, в

результаті роботи якої проводиться аналіз поведінки водія за кермом транспортного засобу та динамічно розраховується вартість страхування транспортного засобу при подальшому оформленні. Для застосування подібної техніки дані компанії залучають або телеметричне обладнання, що

підключається, як правило, через діагностичний порт ТЗ, або смартфон водія із встановленим на ньому відповідним мобільним додатком. В якості мобільного додатку може виступити розроблена система РСІАС. У процесі експлуатації

ТЗ мобільний додаток надає страховій компанії необхідні дані про водія. За рахунок аналізу отриманих відомостей із сенсорів (наприклад, акселерометр, гіроскоп, GPS) про стиль водіння страхова компанія надає можливість скоригувати тарифний план страхування ТЗ. У цьому випадку з метою «заохочення» водіїв страховими компаніями можуть застосовуватися деякі з

таких програм: вигідна пропозиція при пролонгації полісу (закінчення терміну страхування), зниження вартості тарифного плану при оформленні полісу та використання телеметричного обладнання. Перевагою застосування цього

сценарію (рис. 2.9) є прагнення страхових компаній підвищити безпеку

водіїв.

Висновком з цього розділу можна зробити наступне: використання телеметричного обладнання дозволяє страховій компанії отримувати дані про поведінку водія та адаптувати тарифний план страхування до фактичного використання транспортного засобу водієм.

Використання телеметричного обладнання дозволяє страховій компанії отримувати дані про поведінку водія та адаптувати тарифний план страхування до фактичного використання транспортного засобу водієм.

Використання телеметричного обладнання дозволяє страховій компанії отримувати дані про поведінку водія та адаптувати тарифний план страхування до фактичного використання транспортного засобу водієм.

Використання телеметричного обладнання дозволяє страховій компанії отримувати дані про поведінку водія та адаптувати тарифний план страхування до фактичного використання транспортного засобу водієм.

дорожнього руху, знизити витрати на оформлення страхових полісів для водіїв та, як результат, залучити більше клієнтів.

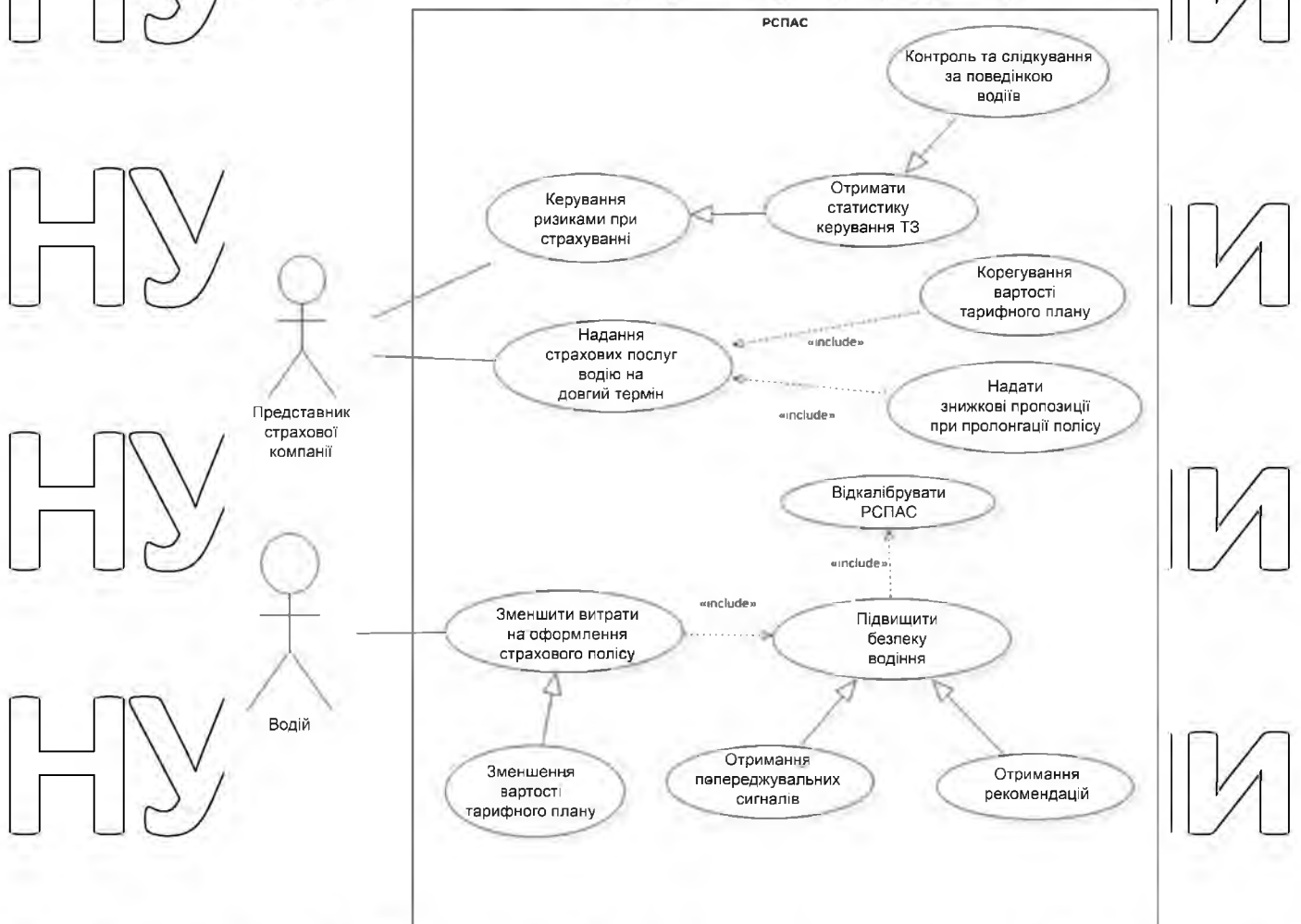


Рисунок 2.9 UML-діаграма сценарію використання RSPAS водієм в межах страхування

Розглянемо загальну схему взаємодії RSPAS з її учасниками, подану як діаграми послідовності (рис. 2.10), з прикладу водія. Водій ТЗ, що здійснює взаємодію головним чином з RSPAS за допомогою смартфона (учасник процесу), задіює модулі калібрування системи під водія, зчитування інформації з камери та сенсорів виявлення небезпечних станів, генерацію рекомендацій, пошук місць відпочинку та синхронізацію інформації з хмарним сервісом.

Використання водієм RSPAS у кабіні ТЗ починається з модуля калібрування системи, що підлаштовується під поточного водія з урахуванням його зовнішніх характеристик обличчя та його рис, а також переваг при

використанні програмного комплексу на смартфоні (наприклад, рівень гучності попереджувальних повідомлень, рекомендацій).

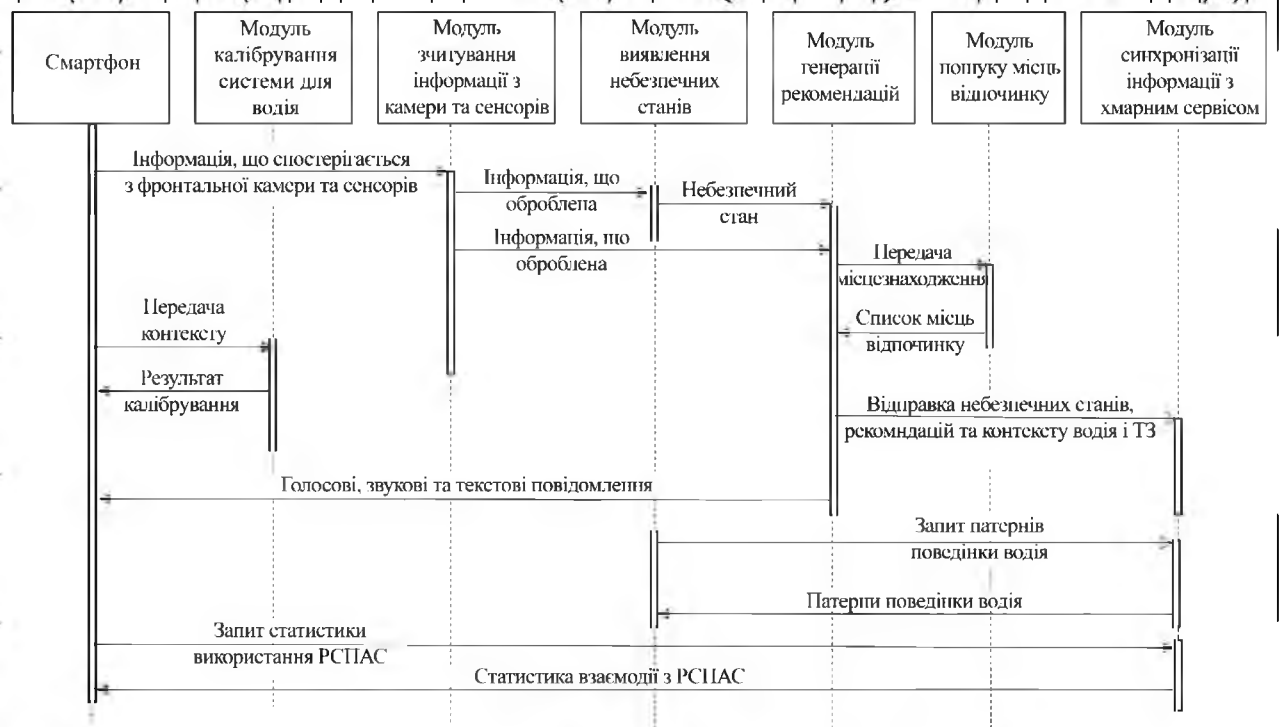


Рисунок 2.10 Загальна діаграма використання учасниками РСІАС

Далі інформація про водія, що спостерігається, збирається і накопичується модулем зчитування інформації з сенсорів смартфона, обробляється і надходить в модуль виявлення небезпечних станів для подальшого виявлення ознак ослабленої уваги і втоми у водія. При розпізнаванні небезпечної поведінки модуль генерації рекомендацій повідомляє водієві про небезпечну ситуацію за допомогою звукового сигналу та контекстно-орієнтованих рекомендацій за рахунок голосових або текстових повідомлень про вжиття належних заходів з його боку щодо запобігання аварійній ситуації. У випадку, якщо в області видимості водія розташовані зони відпочинку, модуль пошуку місць відпочинку сповістить його про такі місця та запропонує скористатися одним із знайдених варіантів. Одним із ключових аспектів функціонування РСІАС є персоналізація до стилю водіння індивідуально для водія. Цю функцію РСІАС можна здійснити за рахунок синхронізації інформації через хмарний сервіс за допомогою відповідного модуля у фоновому режимі (без переривання інших функцій РСІАС) безперервно протягом роботи програмного комплексу. Інформація, що

накопичується в процесі керування транспортним засобом, за наявності Інтернет-з'єднання періодично синхронізується у фоновому режимі з віддаленим хмарним сервісом (модуль синхронізації інформації з хмарним сервісом) з метою обміну інформацією про паттерни поведінки конкретного водія та подальше підвищення точності модуля виявлення небезпечних станів. У тому числі даний модуль надає можливість запити статистики взаємодії водія з РСПАС на будь-якій ділянці руху.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРА ТА АЛГОРИТМИ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ

3.1 Архітектура системи попередження аварійних ситуацій

На основі наданих та описаних у розділі 2 контекстно-орієнтованого підходу та моделей розроблено архітектуру системи РСПАС (рис. 3.1), що реалізує головним чином функції визначення втоми та ослабленої уваги у водія та генерації йому контекстно-орієнтованих рекомендацій.

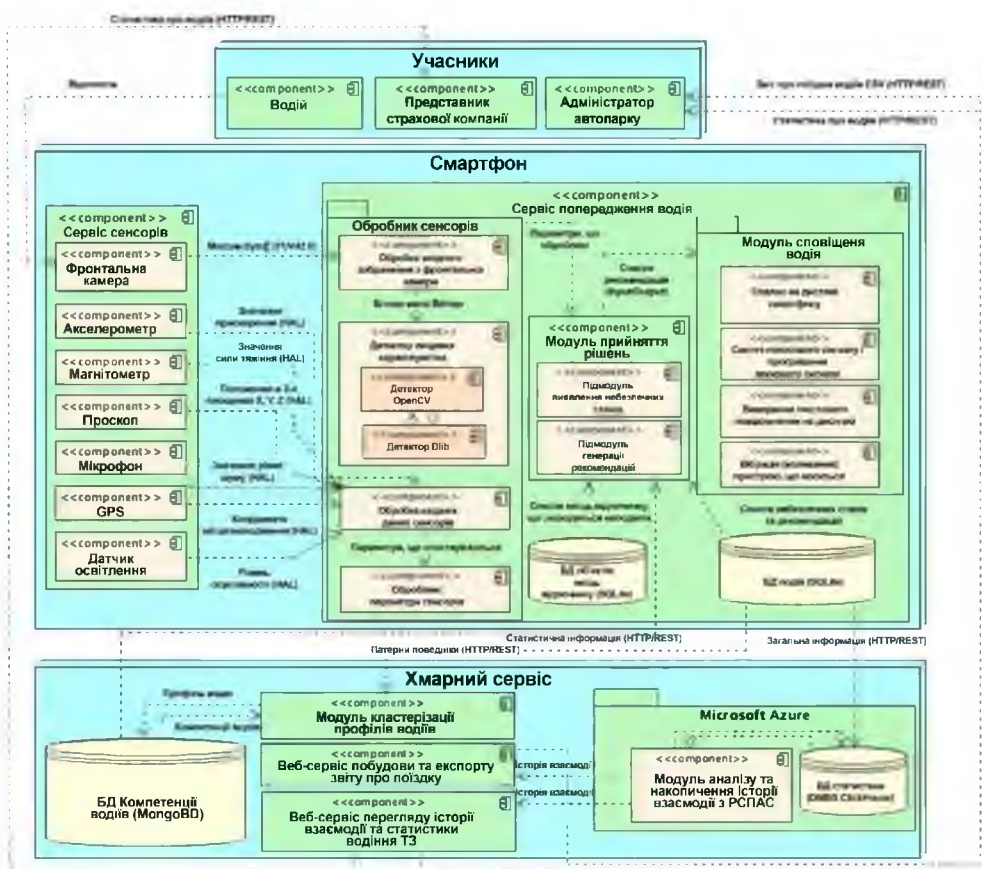


Рисунок 3.1 – Сервіс-орієнтована архітектура системи РСПАС

Архітектура системи РСПАС заснована на сервіс-орієнтованому підході, заснованому на використанні слабозв'язаних, розподілених компонентів і забезпечує повну незалежність від платформи реалізації та інтерфейсів на основі механізмів абстракції та стандартизації, можливість роботи сервісів в рамках іншої інфраструктури або архітектури та можливість застосування одного й того ж сервісу у різних сценаріях.

В якості учасників системи РСПАС, що ініціюють початкову взаємодію з системою попередження аварійних ситуацій, виступають водії транспортного засобу, адміністратор автопарку і представник автомобільної страхової компанії.

Компонент «Учасники», що включає модулі «Водій», «Адміністратор автопарку» та «Представник страхової компанії», передбачає застосування сценаріїв використання системи РСПАС водіями, які володіють особистими транспортними засобами з метою підвищення власної безпеки в кабіні ТЗ; адміністраторами автопарків, які здійснюють моніторинг та стеження за виконанням робочого графіка водіями зі штату їх автопарків протягом усього маршруту прямування для зниження витрат на виконання вантажоперевезень, та представниками страхових компаній, що оптимізують ризики при страхуванні і пропонують водієві вигідніші тарифні плани на страхові послуги на основі аналізу його показників керування транспортними засобами.

Усі операції виконання мережевих запитів між учасниками системи РСПАС, мобільним програмним комплексом та хмарним сервісом здійснюються за допомогою протоколу прикладного рівня передачі даних HTTP [12] та архітектурного стилю взаємодії у мережі REST API [17]. Використання REST API дозволяє не тільки досягти використання клієнт-серверної архітектури, відсутності внутрішнього стану на сервері, кешування відповідей на запити, уніфікованого інтерфейсу доступу до віддалених ресурсів, але й забезпечити слабку зв'язність клієнта та сервера та, таким чином, спростити інтероперабельність системи.

В якості типу операцій, що використовуються при зверненні до віддалених ресурсів та компонентів системи, застосовуються HTTP запити із зазначенням

типу запиту за допомогою методів GET та POST. Метод GET, що повертає поточний стан ресурсу, застосовується для отримання колекції об'єктів (наприклад, список профілів водіїв). Метод POST, який здійснює відправку команди зміни стану ресурсу, використовується системою PCPAS для відправки сенсорних даних у хмарний сервіс та його оновлення.

Водій транспортного засобу, який представлений відповідним модулем компонента «Учасники», здійснює безпосередню взаємодію зі смартфоном.

Вбудована у смартфон фронтальна камера, що виконує сканування та захоплення зображення обличчя та голови водія, повинна бути спрямована на нього таким чином, щоб лицьові характеристики та положення голови знаходилися в межах відеозйомки камери, були розміщені в тій же площині, що сама камера і в кадрі були відсутні об'єкти, що перекривають видимість особи водія.

Вбудована камера смартфона на платформі Android, для якої ведеться розробка системи PCPAS, дозволяє отримати масив байт, що описують зображення обличчя водія у форматі для зображень YUV₄₂₀888, представленого колірним простором YCbCr. Далі, вихідний масив байт передається модулю обробки вхідного зображення з фронтальної камери смартфона, який знаходиться в компоненті обробки сенсорів, де в процесі попередньої обробки застосовується послідовність програмних операцій, спрямованих на підготовку подальшої обробки та перетворення зображення. До таких програмних операцій належать конвертування масиву байт у бітову карту (bitmap), його пропорційне масштабування та конвертування в одотонне зображення (grayscale, градації сірого). Grayscale позначає колірний режим, в якому кожен піксель на зображенні представлений одним рівнем яскравості в діапазоні від 0 (чорний колір) до 255 (білий колір) з проміжними значеннями, що позначає різні відтінки сірого кольору з метою збільшення швидкості роботи алгоритмів детектування об'єктів на зображенні.

Детектор лицьових характеристик, сформований програмними бібліотеками OpenCV [18] та Dlib [19], виконує розпізнавання епопестережуваних

та обчислення оброблених параметрів водія (відкритість та закритість очей; тривалість моргання повік, напрям погляду, кут повороту голови, кут нахилу голови), необхідних при аналізі небезпечного стану, ослабленої уваги та втоми у кожний момент часу.

Іншим джерелом даних, що надаються смартфоном водія, є параметри, які зчитують вбудовані сенсори, серед яких варто виділити акселерометр (прискорення), магнітометр (сила тяжіння), гіроскоп (положення смартфона в просторі за трьома осями X, Y, Z), мікрофон (рівень шуму/звукового сигналу), GPS (поточне місце – широта і довгота), датчик освітленості (ступінь освітленості) та поточний контекст зовнішніх умов, в яких знаходиться мобільний пристрій. Крім вхідного зображення особи водія з фронтальної камери сенсорні дані (поточна швидкість ТЗ, прискорення ТЗ, гальмування ТЗ тощо), що пройшли аналіз та обробку в модулі обробки даних із сенсорів, можуть додатково охарактеризувати ту чи іншу дорожню ситуацію і тим самим допомогти заздалегідь виявити ознаки небезпечної поведінки у водія та згенерувати відповідну рекомендацію.

Додатковим джерелом інформації, що використовується для формування рекомендацій водієві для побудови маршруту до обраного об'єкта на карті, є відомості про потенційні місця відпочинку. Дані відомості, що зберігаються в локальній базі даних SQLite, доступні для читання на запит мобільного програмного комплексу під час поїздки водія. Кожен окремий запис про місце відпочинку містить такі поля як назва об'єкта, його категорія (кафе, готель чи заправна станція), географічні координати (широта та довгота) та години роботи.

В якості тимчасового сховища, що знаходиться на смартфоні водія і використовується системою РСНАС, застосовується локальна БД подій SQLite, що відповідає за регулярне збереження та накопичення останніх даних про історію взаємодії водія з РСНАС та статистики поїздки. Інформація, що збирається, може бути використана при аналізі поведінки того чи іншого водія, а також при побудові та експорті звітів про поїздки водіїв. З метою адаптації системи РСНАС під конкретного водія записи з БД подій періодично

синхронізуються з віддаленим хмарним сервісом передаючи необхідну інформацію модулю кластеризації профілів водіїв. У випадку, якщо передача даних через Інтернет стає неможливою через погіршення або зовсім відсутність з'єднання, вся контекстна інформація, що накопичується на смартфоні водія, продовжує надходити в локальну БД. Як тільки Інтернет-з'єднання відновлюється, дані зі смартфона передаються у віддалений хмарний сервіс.

Для накопичення та зберігання статистики керування водіями ТЗ обрано аналітичну СУБД ClickHouse [13], що підтримує діалект мови SQL для виконання запитів та дозволяє їх виконувати за даними, що надходять у хмарний сервіс у режимі реального часу. Іншою перевагою обраної СУБД є те, що відсутня необхідність використання сторонніх хмарних сервісів, а її функціонування можливе в будь-якій інфраструктурі.

Персоналізацію системи РСПАС забезпечує модуль кластеризації профілів водіїв хмарного сервісу, що виконує виділення груп водіїв зі схожими характеристиками та розміщення нових або змінених даних про групи профілів водіїв в окремому сховищі MongoDB. Передбачається використовувати модуль кластеризації профілів водіїв та СУБД ClickHouse в одній і тій же хмарній інфраструктурі.

У тому числі хмарний сервіс дозволяє отримати статистику водіння водіїв у тому чи іншому форматі. Цей сервіс включає веб-сервіс побудови та експорту детального звіту про поїздки (у форматі CSV) для адміністратора автопарку з метою відстеження маршрутів здійснення вантажних перевезень; веб-сервіс перегляду історії взаємодії та статистики використання, призначеного для приватних водіїв, адміністраторів автопарків та представників страхових компаній.

Використовуючи контекстну інформацію про водія та ТЗ, що надходить від сенсорів та різних джерел інформації, підмодуль виявлення небезпечних станів розпізнає наявність ознак тієї чи іншої небезпечної поведінки водія у кабіні транспортного засобу.

Аналізуючи результати роботи підмодуля виявлення небезпечних станів, система РСПАС, використовуючи, при необхідності, енісок об'єктів місць відпочинку, попередить водія за допомогою звукового сигналу, привертаючи тим самим його увагу і здійснить пошук кафе, готелів і заправних станцій, що є прилеглими до водія, і побудує маршрут до вибраного місця. В якості рекомендованих рекомендацій водієві може бути запропоновано зупинитися на нічліг, випити тонізуючий напій, включити радіо або музику, почати діалог з пасажиром, провітрити салон ТЗ, наспівати собі мелодію або з'їхати на узбіччя і зробити короткостроковий відпочинок. Таким чином, модуль оповіщення допомагає водієві звернути увагу на поточну ситуацію.

Описані компоненти, модулі та сервіси в рамках архітектури РСПАС забезпечують достатню гнучкість та функціональність при її реалізації.

3.2 Алгоритм розпізнавання небезпечного стану у поведінці водія при

керуванні транспортним засобом

Лицьові характеристики водія, які він виявляє під час водіння, є основною інформацією профілю, яка використовується при моніторингу його поведінки в кабіні транспортного засобу на присутність того чи іншого небезпечного стану.

Поведінка водія під час керування ТЗ характеризується проявом небезпечних ситуацій, розпізнаних у певний момент часу, сукупність яких дозволяє системі РСПАС приймати або не приймати рішення про присутність небезпечного стану, втоми чи ослабленої уваги на деякому проміжку часу.

Кожен кадр, отриманий з фронтальної камери смартфона, дозволяє зчитувати та розпізнавати лицьові характеристики водія з метою подальшого аналізу можливої небезпечної ситуації, в якій він знаходиться, у той чи інший момент часу. Алгоритм обробки та аналізу зображення водія з фронтальної камери смартфона представлений у лістингу 1.

Лістинг 1 – Алгоритм розпізнавання небезпечного стану зображення водія з фронтальної камери смартфона

Параметри:

EVD_RATIO – поріг небезпечних ситуацій до загальної кількості подій (за умовчанням 0,75);

IM – черга із зображень водія з фронтальної камери смартфона;

EV – перелік оброблених подій;

EVD – список виявлених небезпечних ситуацій;

timeS, timeE – час початку та кінця визначення небезпечного стану, відповідно (мс);

speed - поточна швидкість руху ТЗ (км/год);

MIN_N - хв. кількість небезпечних ситуацій (1–101).

Begin

1. For each im ∈ IM do

2. if speed < 10 continue

3. rotatedBitmap ← rotateImageIfNeed(im) // поворот зображення

4. resizedImage ← downscaleImage(rotatedBitmap) //масштабування зображення

5. grayscaleImage ← makeGrayscale(resizedImage) //переведення у градації сірого

6. faceLandmarks ← detectLandmarks (grayscaleImage) // характеристик обличчя

7. poseState ← detectHeadPoseState(faceLandmarks) // положення голови водія

8. if headRotateAngle(poseState) > 15 or headTiltAngle(poseState) > 15 do event ← distraction

9. else do

10. eyeState ← detectEyeState(faceLandmarks) //стан очей водія

11. perclos ← detectPerclos(eyeState)

12. if perclos ≥ 0,28 do event ← drowsiness

13. else detectYawning(faceLandmarks) ≥ 2,5 do event ← yawling //позіхання

14. addEvent(EV, event)

15. if isDetectDanger(event) do addEvent(EVD, event) //розпізнана небезпечна ситуація

16. if (timeE - timeS) > 1500 and notEmpty(EV) or size(EV) ≥ MIN_N do

17. ratio ← count(EVD) / count(EV) // частка небезпечних станів до загального числа

18. if ratio > EVD_RATIO do 19. notifyEmergency() //повідомлення водія про небезпечний стан

20. clear(EV) clear(EVD)

End

Отримані з фронтальної камери зображення безперервно заповнюють чергу кадрів з відеоряду та автоматично замінюються при отриманні нових зображень, що дозволяє своєчасно та з більшою швидкістю обробляти графічну інформацію.

Цифрова обробка та аналіз зображень для визначення лицьових характеристик водія включає безліч операцій, і багато з них вимагають певних часових витрат, які можуть позначитися на якості і швидкості роботи РСПАС в цілому.

Варто взяти до уваги, що кількість обчислень збільшується з розміром обробленого зображення, що знижує ефективність даного алгоритму, а при роботі з послідовністю відео фреймів стає критичною для всієї системи РСПАС. У зв'язку з цим у процесі обробки зображень застосовується низка методів, спрямованих на зменшення часу обробки одного графічного кадру.

В якості оптимізаційних методів для збільшення показника FPS (Frames per second – число кадрів на секунду) використовується початкова передобробка зображення, до якої належать пропорційне масштабування (зменшення) роздільної здатності зображення та подальше конвертування всіх пікселів зображення на палітру градацій сірого кольору. Перетворення зображення на режим градації сірого з 256 відтінками сірого здійснюється таким чином:

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B, \quad (3.1)$$

де R, G, B – інтенсивність в діапазоні від 0 до 255;

Y – інтенсивність каналу для кожного каналу нового кольору пікселя.

Далі зображення проходить процедуру нормалізації, в результаті якої перевіряється, чи орієнтація зображення збігається з даними з фронтальної камери і змінюється орієнтація у випадку, якщо не збігаються.

На кожному кадрі оцінюються лицьові характеристики водія з метою аналізу можливої небезпечної ситуації, в якій він знаходиться, у той чи інший час.

Пошук та локалізація об'єктів особи водія (відкритість та закритість очей, кут повороту та нахилу голови) здійснюється за допомогою фреймворків

OpenCV, Dlib за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору та використання заздалегідь побудованих класифікаторів ознак та HOG дескрипторів. Обчислений набір лицьових точок водія дозволяє визначити положення його голови, кут нахилу вперед/назад і повороту ліворуч/праворуч, за рахунок відображення даних 2D координат та антропометричних координат характеристик моделі голови людини у тривимірній системі координат. Розпізнані параметри дозволяють виявляти небезпечні стани (стан втоми, ослабленої уваги), що впливають на безпеку водія при керуванні транспортним засобом.

Представимо розпізнавання небезпечного стану на часовому проміжку, протягом якого безперервно проводиться зчитування параметрів поведінки водія за кермом ТЗ на основі даних з фронтальної камери та сенсорів смартфона, що характеризують ту чи іншу небезпечну ситуацію. В результаті аналізу публікацій, присвячених безпеці водіння ТЗ, було встановлено, що при моніторингу небезпечних станів у системах активної безпеки використовується параметр «Час до зіткнення» (TTC – Time-To-Collision), визначений як значення на інтервалі 2...3 сек. TTC залежить не тільки від поточних умов руху, а й, головним чином, від часу реакції водія (RT – Reaction Time), що характеризує момент виявлення небезпечного стану до початку вживання водієм заходів і дорівнює 0,5...1,5 секунд.

Одним з ключових вхідних параметрів, не визначених заздалегідь, є сукупне число небезпечних ситуацій на часовому інтервалі, що описують той чи інший небезпечний стан, рівним TTC, за винятком реакції водія. Даний параметр залежить від часу обробки небезпечних ситуацій та часу реакції водія. На основі досліджень в галузі аналізу RT і TTC та самостійно проведених експериментів з обробки зображень водія з фронтальної камери смартфона було виведено наступну формулу визначення кількості небезпечних ситуацій:

$$n = 1 + \left(2 \cdot \frac{E}{t_{reaction} + 0,5} \right)^2 \quad (3.2)$$

де n – безрозмірна величина, що дорівнює числу вимірюваних небезпечних ситуацій;
 E – коефіцієнт обчислювальної здатності смартфона;
 $t_{reaction}$ – час реакції водія.

Таким чином, зі зменшенням (збільшенням) часу обробки однієї небезпечної ситуації або зменшенням (збільшенням) часу реакції водія параметр n зростає (зменшується), дозволяючи цим точно розпізнавати небезпечний стан у його поведінці, враховуючи більше потенційних небезпечних ситуацій за відведений час і, навпаки, збільшуючи ймовірність пропуску або помилкового спрацьовування визначення того чи іншого небезпечного стану, що впливає на подальшу роботу модуля генерації рекомендацій водію, відстежувати більшу кількість потенційних небезпечних ситуацій за відведений час і навпаки, обмежуючи загальну точність та повноту визначення того чи іншого небезпечного стану.

Варто відзначити, що середній час реакції RT водія на небезпечний стан залежить не тільки від індивідуальних особливостей водія, його статі [12], віку [13], але також і поточного часу його в дорозі, швидкості ТЗ [13].

Залежність кількості небезпечних ситуацій від часу реакції водія та обчислювальної спроможності смартфона наочно відображена на рис. 3.2.

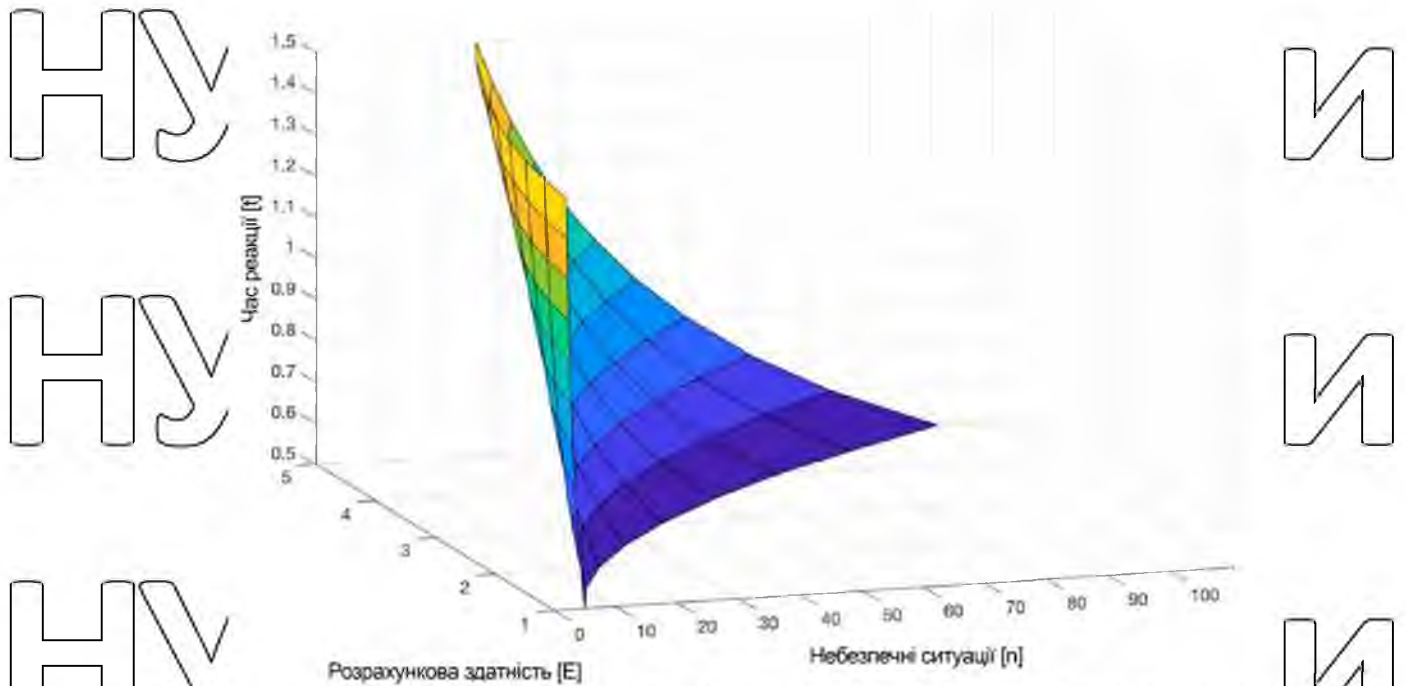


Рисунок 3.2 – Залежність кількості небезпечних ситуацій від часу реакції

водія та продуктивності смартфона

При погіршенні реакції водія або обмежених обчислювальних ресурсах смартфона кількість оброблених кадрів особи водія n за зображенням з фронтальної камери смартфона зменшується і навпаки.

Розглянемо розроблену схему розпізнавання небезпечних станів у поведінці водія, що спостерігаються всередині кабіни транспортного засобу, на основі зображень із фронтальної камери смартфона.

Найбільш перспективним з погляду зручності використання якості сигналу та інформативності реєстрованих параметрів є метод аналізу окуломоторних реакцій [13]. У цій роботі використовувався метод відеоокулографії (eye-tracking), який поєднує в собі всі ці переваги.

Були виділені такі психофізіологічні ознаки, які дозволяють визначити стан втоми [13] та ослабленої уваги [16] водія ТЗ: PERCLOS, позікання, поворот і нахил голови, частота і швидкість моргання повік.

1) Під сонливістю розуміється почуття втоми та «злидання очей», що є наслідком порушення сну і супроводжується постійним чи періодичним бажанням заснути під час, не призначений для сну. Швидкість реакції

уповільнюється, утруднюється прийняття рішень, і навіть знижується увагу, пам'ять, страждає координація рухів. Варто зазначити, що водії самі часто не усвідомлюють, що перебувають у стані сонливості.

Наукові дослідження, що існують на даний момент, показали, що параметр PERCLOS є перевіреним і надійним критерієм визначення сонливості водія. Параметр PERCLOS характеризує час, протягом якого повіки водія закриті більш ніж на 80% за оцінками спостерігача або відповідної прикладної програми. Якщо показник PERCLOS спостерігається понад 28% [13] часу протягом однієї хвилини, то вважається, що людина перебуває у стані сонливості.

При розвитку стану втоми або ослабленої уваги час моргання очей може стати більш тривалим і повільнішим, може змінюватись частота моргання, та/або при морганні повіки можуть почати опускатися з невеликою амплітудою, наприклад, поки очі не почнуть закриватися на час короткострокових «мікронів», тобто станів сну, які тривають приблизно від трьох до п'яти секунд або довше, або до тривалого сну [18].

Додатковим критерієм визначення сонливості є частота моргання очей. Безпечний для водія інтервал, протягом якого допускається моргання ока, дорівнює 0,5...0.8 сек [19]. Збільшення часу моргання характеризує ступінь втоми водія.

Іншим індикатором визначення стану сонливості є позіхання [14, 18]. Вважаємо, що у водія є ознаки ослабленої уваги, якщо при керуванні ТЗ він робить більше 3 позіхів протягом 30 хвилин.

Однією з помітних ознак ослабленої уваги є момент, коли водій «кляє носом», тобто йому важко стає утримувати голову у звичайному положенні [14]. Якщо програма фіксує, що водій здійснив понад 2 кивки головою протягом 2 хвилин, фіксується виявлення небезпечного стану.

2) В результаті досліджень авторів роботи [14] було встановлено, що постійне керування транспортом протягом 4 годин знижує швидкість реагування автомобіліста на зміну дорожньої обстановки у 2 рази, а протягом 8 годин – до

5-7 разів. Термін «неуважне водіння» має на увазі під собою керування ТЗ, при якому водій не повністю зосереджений на дорожніх умовах.

Було виявлено такі три варіанти неуважного водіння.

При виявленні стану ослабленої уваги водія використовується визначення положення голови відносно тулуба. У першому варіанті розглядається ситуація, при якій голова водія має бути спрямована прямо у напрямку руху транспортного засобу. У водія виявлені ознаки ослабленої уваги, якщо його голова не дивиться у напрямку руху ТЗ більше двох секунд (напрямок швидкості фіксується акселерометром смартфона), або вона не направлена в бік повороту (визначається за даними з гіроскопа) ТЗ [14].

У другому випадку здійснюється спостереження за проходженням водієм поворотів ліворуч та праворуч, шляхом відстеження напрямку руху ТЗ та фіксації його поворотів ліворуч та праворуч. Передбачається, що у водія виявлені ознаки ослабленої уваги, якщо при повороті ТЗ кут повороту голови водія становить менше 15° у напрямку руху ТЗ або просто відсутній.

І, нарешті, у третьому випадку контролюється процес перебування ТЗ у сусідню смугу руху (водій повинен переконатися у безпеці маневру, перевіривши наявність автомобілів за допомогою бічних дзеркал).

3.3 Алгоритми генерації рекомендацій водію транспортного засобу для виявлення небезпечного стану

Кожному небезпечному стану у поведінці водія відповідає спеціалізована схема генерації рекомендацій щодо запобігання настанню аварійної ситуації. В якості першочергових заходів для запобігання ДТП водіями застосовується зупинка на нічліг, вживання тонізуючого (кофеїновмісного) напою (наприклад, кава, чай), прослуховування радіо або музики, ініціювання діалогу з пасажиром, провітрювання салону ТЗ, наспівування собі мелодії, з'їзд на обочину для відпочинку.

Вихідні попереджувальні повідомлення, що генеруються смартфоном, про перебування в небезпечному стані можуть бути згенеровані водієві такими

способами: голосове повідомлення (синтез мовного сигналу на основі друкованого тексту) за допомогою динаміків смартфона; звуковий сигнал за допомогою динаміків смартфона; вібрація (коливання) смартфона; візуальне подання у вигляді графічної іконки на екрані смартфона; текстове повідомлення на екрані смартфона; яскравий спалах на екрані смартфона.

При виявленні ознак ослабленої уваги у водія система РСІТАС попередить його за допомогою звукового сигналу, привертаючи тим самим увагу і, враховуючи віддаленість місць відпочинку та поточне місцезнаходження водія, здійснить пошук кафе, готелів і заправних станцій, що знаходяться поблизу

водія. Зважаючи на обмеження навігаційних програм, побудова маршруту не завжди можлива за відсутності (офлайн режиму) з'єднання з мережею Інтернет. Тому маршрут до того чи іншого об'єкта на карті буде побудований лише за активного (онлайн режиму) Інтернет-з'єднання. Наприклад, якщо водій

знаходиться на заміській трасі і час, що залишився в дорозі до місця призначення перевищує відстань в 100 км, мобільний додаток здійснить пошук найближчих до водія місць відпочинку в радіусі 50 км від поточного місця розташування. В іншому випадку, якщо водій рухається у населеному пункті, радіус пошуку можливих місць відпочинку буде обмежений 20 хвилинами поїздки. Якщо місце

для відпочинку було знайдено, програма запропонує водієві побудувати навігаційний маршрут до нього. Якщо в якості місця відпочинку був обраний готель, водієві буде запропоновано зупинитися на нічліг, а в іншому випадку випити кофеїновмісний напій.

Якщо в процесі руху водія за маршрутом в області пошуку місць відпочинку від поточного розташування ТЗ не виявилось ні кафе, ні готелів, ні заправних станцій, водію буде запропоновано низку рекомендацій, націлених на подолання ознак ослабленої уваги. В якості рекомендації привернення уваги водієві може бути запропоновано включити радіо або музику, почати діалог з

пасажиром, при цьому, не відволікаючись від органів керування транспортним засобом, провітрити салон ТЗ, наспівати собі мелодію або з'їхати на узбіччя і зробити короткостроковий відпочинок (20...30 хвилинний сон).

У випадку, якщо мобільний додаток розпізнає стан втоми у водія, програма повідомить його про можливість виникнення аварійної ситуації за допомогою голосового повідомлення, звукового сигналу та яскравого підсвічування екрана смартфона. У випадку, якщо водій веде діалог з пасажиром, програма відтворить попереджувальний звуковий сигнал і порадить закінчити розмову. Якщо в салоні транспортного засобу у водія йде програвання радіо або музики, мобільний додаток порадить її приглушити або вимкнути зовсім. У разі виявлення небезпечного стану програма відтворює попереджувальний звуковий сигнал і включає яскраве підсвічування телефону, тим самим привертаючи увагу водія до виявленої позаздатної ситуації.

3.4 Алгоритм калібрування системи на основі даних з камери, сенсорів та налаштувань смартфона водія

Умови оточення, в якому передбачається використовувати систему РСПАС, що формуються водієм у кабіні транспортного засобу та використанням смартфоном, безпосередньо впливають на працездатність мобільного додатка тією чи іншою мірою, змінюючи швидкість, точність та функціональність мобільного додатка. Варіанти розміщення (кріплення) смартфона в кабіні транспортного засобу та використання заздалегідь встановленого на ньому мобільного додатка генерації рекомендацій на смартфоні можуть сильно відрізнятись серед усіх водіїв, які, у свою чергу, можуть суттєво вплинути на роботу мобільного сервісу. У тому числі, варто відзначити, що в реальній обстановці смартфони працюють із не завжди повними та точними даними.

З метою зменшення похибок та помилок при різних обчисленнях числових значень фізичних величин та забезпечення єдності вимірювань у процесі роботи системи РСПАС передбачається використовувати обов'язковий метод калібрування, який підлаштовується під поточний контекст водія та транспортного засобу. Калібрування враховує вхідну інформацію про водія, транспортний засіб та смартфон. З технічної точки зору метод калібрування

деякого параметра є визначенням характеристик відхилення тієї чи іншої фізичної величини, що пов'язано з умовами вимірювань, а саме порівняння числового значення фізичної величини, виміряної за допомогою смартфона водія, з окремим значенням або потраплянням в діапазон вимірювань, заздалегідь виміряним і встановленим на основі проаналізованих наукових досліджень та тестових даних водіїв системи РСПАС. За рахунок аналізу та обліку профільної та контекстної інформації про водія та характеристик апаратного та програмного забезпечення смартфона за характером виконання було виділено два режими калібрування, якими є початкове ручне калібрування, яке здійснюється безпосередньо водієм ТЗ та автоматичне калібрування – вже в процесі використання мобільного додатка.

Ручне калібрування системи РСПАС (рис. 3.3) є обов'язковим при першому запуску після встановлення і може бути рекомендовано водію у разі, якщо виникла потреба у повторному налаштуванні та адаптації мобільного додатка під поточні умови використання.

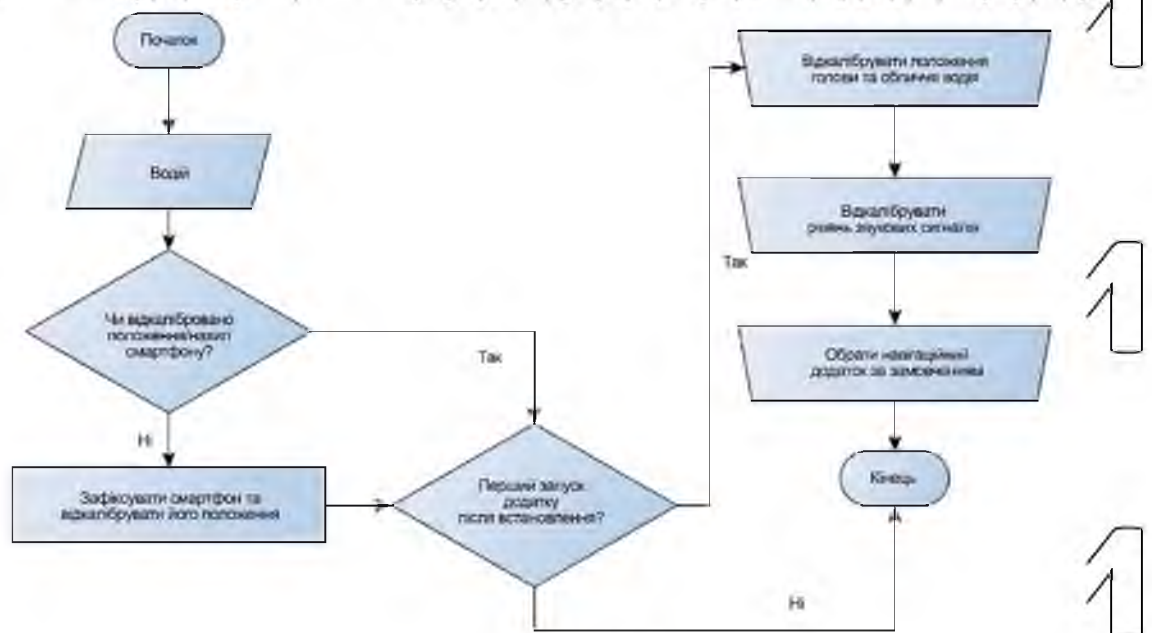


Рисунок 3.3 – Алгоритм ручного калібрування мобільного додатку

Даний вид калібрування призначений для того, щоб забезпечити початкову коректну роботу системи РСПАС. При використанні ручного калібрування параметрами, що калібруються, є положення і розмір обличчя і голови водія

(обличчя спрямоване на фронтальну камеру смартфона, в зоні видимості відсутні сторонні об'єкти, що заважають огляду, а сама особа не виходить за межі вивісника камери смартфона), рівень гучності звукових попереджень.

Параметрами, що характеризують положення голови водія, є кут нахилу та кут повороту голови. При цьому режимі калібрування відбувається обчислення кута відхилення голови водія по відношенню до площини фронтальної камери смартфона. Дана інформація про положення голови дозволяє виявити небезпечно відхилення кута нахилу/повороту голови від заданого в налаштуваннях програми.

На додаток до ручного режиму іншим варіантом використання калібрування є автоматичний режим, що полягає у програмному налаштуванні та адаптації параметрів мобільного програмного комплексу системи РСПАС без участі водія під час роботи програми. Автоматичний режим калібрування головним чином застосовується у разі, коли в процесі функціонування системи РСПАС відбувається велика кількість поспіль хибних спрацьовувань та попереджень про небезпечні стани без реакції від водія, що підтверджує або відхиляє ту чи іншу подію. В цьому випадку в результаті застосування даного режиму калібрування небезпечні стани, виявлені системою РСПАС, переводяться в категорію «небезпечні» та враховуються системою за подальшої адаптації мобільного програмного комплексу під стиль водіння водія.

Більш детально автоматичний режим калібрування описується так. Зображення обличчя одного водія, що отримані в результаті роботи фронтальної камери смартфона за різних положень його голови, включаючи кут повороту вліво або вправо або її кут нахилу вперед або назад, є одним з основних джерел інформації, що використовується системою РСПАС при визначенні небезпечного стану. Таким чином, характеристики положення голови надають безпосередній вплив на роботу модуля розпізнавання лицевих характеристик із фронтального зображення особи водія.

Алгоритм автоматичного режиму калібрування (рис. 3.4) полягає в ітеративному та регулярно повторюваному налаштуванні лицевих

характеристик водія шляхом оцінки та обліку відхилень кутів нахилу та повороту голови в площині фронтальної камери смартфона.

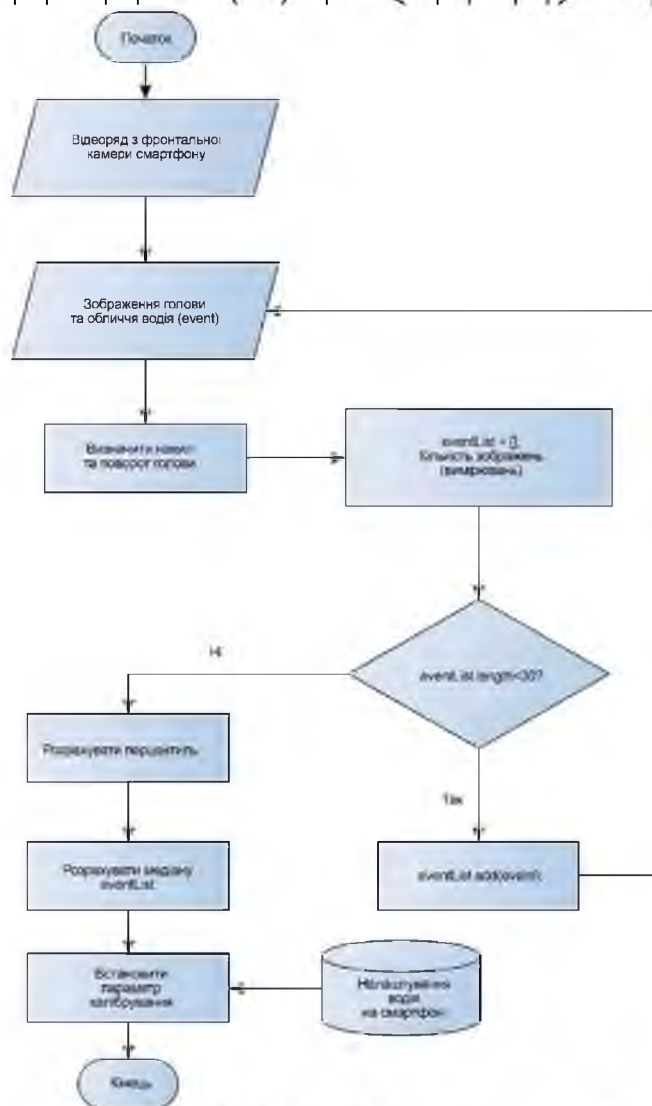


Рисунок 3.4 – Алгоритм автоматичного калібрування мобільного додатка

Заздалегідь певна кількість вимірювань (спостережень) кутів положення голови водія, зібрані за певний часовий ряд у процесі виконання автоматичного калібрування, дозволяють описати кожне вхідне зображення з відеоряду фронтальної камери смартфона набором тих чи інших дійсних чисел, повороту та нахилу голови в діапазоні від 0° до 360° . До отриманого інтервального набору чисел, розрахованих для кожного зображення, застосовується порогова операція, що дозволяє відфільтрувати значення, які зашумляють набір значеннями, що не узгоджуються. Наприклад, в якості порогової операції можна вибрати нижній (або верхній) поріг так, щоб кількість фреймів з відеоряду, в яких кут нахилу (або

повороту) перевернує поріг, було менше (або більше) передбачуваної частки всіх зображень, що спостерігаються з фронтальної камери смартфона.

Описуваний метод заснований на використанні перцентилію, представленого таким числом, що задана випадкова величина не перевищує його лише з

фіксованою ймовірністю, заданою у відсотках. Завершальним кроком у режимі

автоматичного калібрування є обчислення медіани відфільтрованого діапазону

значень, що дозволить визначити параметр, який калібрується (нахил або поворот голови) і зберегти його в налаштування водія, що зберігаються на

смартфоні.

Використання обох режимів калібрування, ручного та автоматичного, дає

можливість водієві встановити початкові параметри використання системи

РСГАС та вчасно відреагувати на зміну поточного контексту, відповідно.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ВОДІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КАМЕРИ ТА СЕНСОРІВ СМАРТФОНА

4.1 Реалізація алгоритму розпізнавання небезпечних станів у поведінці

водія

Реалізація алгоритму розпізнавання небезпечного стану у поведінці водія на проміжку часу побудована на основі роботи з фронтальною камерою смартфона, що дозволяє захопити зображення обличчя та голови водія та виявити ознаки настання небезпечних станів.

Висока роздільна здатність обробленого зображення з фронтальної камери смартфона тягне за собою збільшення часу обробки та аналізу одного кадру, що позначається на швидкості та точності роботи системи РСПАС в цілому. В результаті проведених експериментів було встановлено, що роздільна

здатність обробленого зображення по ширині і довжині, що не перевищує значення в 300 пікселів по кожній із сторін, є достатнім для більшості сучасних моделей смартфонів.

Обробка критично важливої області стану поведінки водія на зображенні реалізована мовою програмування C++ за допомогою програмних бібліотек комп'ютерного зору OpenCV і Dlib, а JNI інтерфейси були реалізовані мовою Java. Відкрита кроссплатформенна бібліотека комп'ютерного зору OpenCV, розроблена компанією Intel, як і бібліотека машинного навчання Dlib, значно спрощують програмування у сфері комп'ютерного зору, надаючи зручний інтерфейс для детектування, відстеження і розпізнавання осіб. Важливим компонентом OpenCV є математичний апарат і функціональні можливості з обробки зображень.

У загальному випадку процес обробки зображення та пошуку осіб складається з наступних послідовних кроків: детектування та локалізація особи на зображенні, вирівнювання зображення обличчя (геометричне та яскравість), обчислення ознак та безпосередньо розпізнавання – порівняння обчислених ознак із закладеними в базу даних еталонами.

Для кожного кадру, що надходить з фронтальної камери смартфона, застосовується підхід для аналізу лицьових характеристик, заснований на об'єднанні алгоритмів обробки зображень з бібліотек Dlib та OpenCV, реалізований мовою C++ та орієнтований на виділення осіб, ключових точок на ньому та роботу з цими точками. Для пошуку та виділення лицьових характеристик на зображеннях застосовуються такі алгоритми, що входять до складу пакету з Dlib: обчислення дескрипторів за методом гістограм спрямованих градієнтів (HOG, Histogram of Oriented Gradients) та пошук осіб на зображенні; використання методу опорних векторів для класифікації дескрипторів; застосування множини вирішальних дерев (Random Forest) [14] для виділення 68 ключових точок [14] на обличчі людини.

Мінімальна кількість FPS, що обробляються на смартфоні водія, дорівнює трьом кадрам. Дане число встановлено експериментально на основі проведених вимірювань зміни кількості кадрів, що обробляються на смартфоні за одну секунду при різній роздільній здатності вхідного зображення при розпізнаванні небезпечних станів в водія (рис. 4.1).

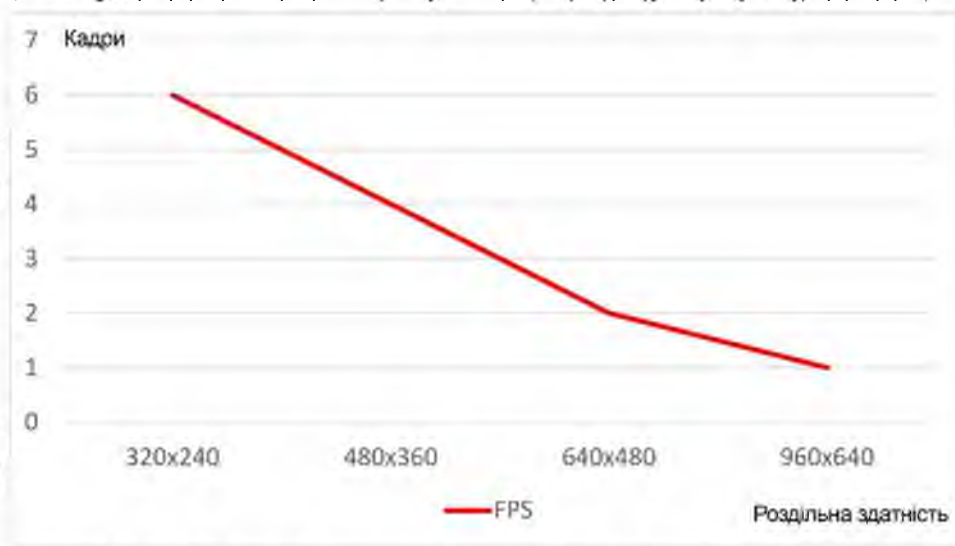


Рисунок 4.1 – Залежність кількості кадрів, що обробляються в секунду від роздільної здатності зображення водія з фронтальної камери смартфона

Варто зауважити, що як частота дискретизації зчитування даних із сенсорів смартфона встановлено значення 10Гц. Тимчасовий інтервал розпізнавання незалежних небезпечних станів становить 15 сек., що не допускає генерації

повторних попереджень водію і водночас не пропускає зміни характеристик поведінки під час руху.

4.2 Модуль калібрування системи попередження аварійних ситуацій індивідуально для водія

При реалізації модуля калібрування використовувався підхід, який аналізує просте ковзне середнє (Simple Moving Average, SMA) на інтервалі значень, що надходять з сенсорів. Механізм ручного калібрування включає визначення відхилення положення голови водія від орієнтації смартфона (точніше, орієнтації Землі) з метою коректної роботи алгоритму розпізнавання небезпечного стану, в тому у поведінці водія.

Щоб забезпечити повноту і точність параметрів, що обчислюються, мобільним додатком встановлюється тимчасовий період рівний 10 секунд, протягом якого відбувається накопичення результатів аналізу лицевих характеристик водія з передньої камери смартфона. Це завдання виконується за допомогою вбудованого в Android класу CountdownTimer, що дозволяє реалізувати програмний таймер зі зворотним відліком. У процесі даного калібрування голова водія повинна бути спрямована прямо у напрямку руху транспортного засобу. Обчислення параметрів нахилу та повороту голови водія, що калібруються, реалізовано мовою Kotlin.

Екран калібрування положення голови водія представлений на лівій частині рис. 4.2. Зовнішня межа прямокутника позначає область, в якій повинна бути голова водія. Внутрішня межа прямокутника та точки на обличчі водія показують результат пошуку та розпізнавання його лицевих характеристик. При необхідності водій може наблизити або віддалити (функція «Зумування») зображення з фронтальної камери смартфона за допомогою повзунка, тим самим знайшовши відповідну для модуля калібрування роздільну здатність зображення обличчя. На правій частині рис. 4.2 зображено екран налаштування гучності повідомлень для попереджувальних сигналів та рекомендацій водію.

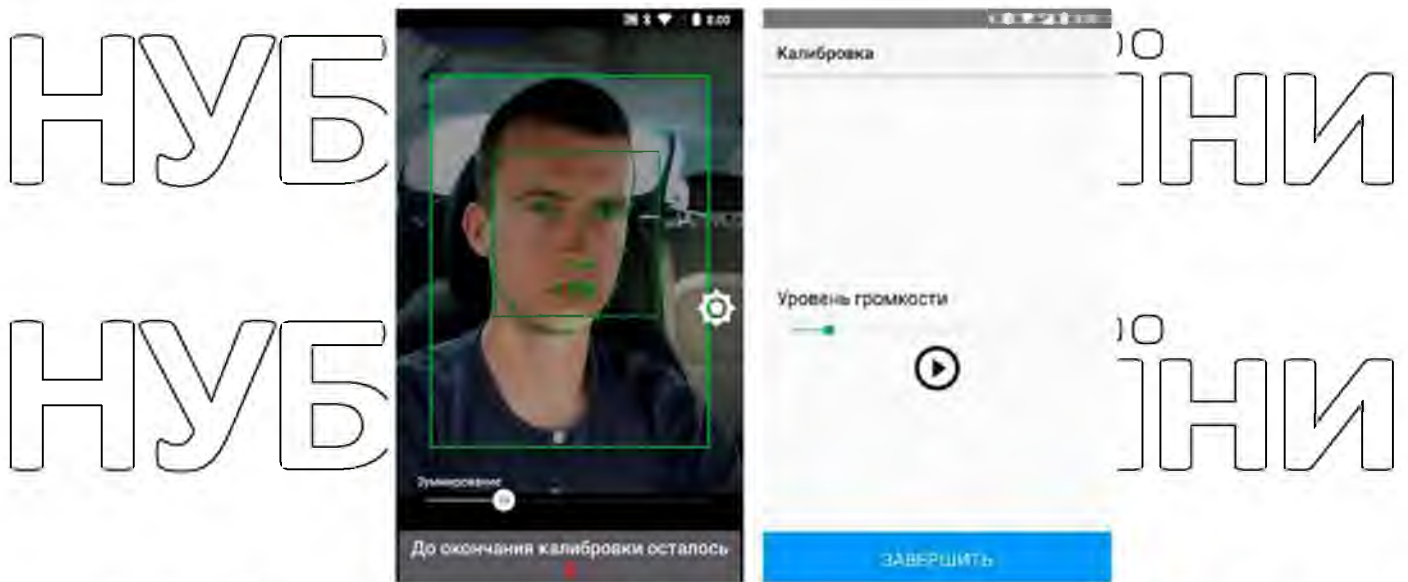


Рисунок 4.2 – Етапи калібрування програми. Ліворуч показано екран калібрування положення голосви водія, а праворуч – екран настроювання гучності звукових повідомлень

4.3 Реалізація прототипу мобільного програмного комплексу запобігання аварійним ситуаціям

Мобільний додаток, що встановлюється на смартфон водія, розроблений для пристроїв на базі операційної системи Android з мінімальною підтримуваною версією Android 4.2 і цільовою версією, що дорівнює Android 8.1.

Мобільний програмний комплекс побудований на основі застосування статично типізованих мов програмування, що офіційно підтримуються платформою Android, якими є Java, Kotlin, C++. Незважаючи на те, що спочатку стандартною мовою розробки мобільних програм для Android був Java, мова Kotlin [15] забезпечує безпеку на рівні компіляції коду, має лаконічний і простий синтаксис, зворотню сумісність з Java. Зважаючи на те, що мова Kotlin почала використовуватися при розробці мобільного додатка після його офіційної підтримки компанією Google у платформі Android, колишня частина проекту залишається мовою Java.

Аналіз поведінки водія ТЗ на основі детектування відстеження та розпізнавання його лицьових характеристик на зображенні реалізований мовою програмування C++ за допомогою програмних бібліотек комп'ютерного зору

OpenCV та машинного навчання Dlib. Для виконання програмного коду, написаного на C++ і скомпанованого у вигляді динамічних бібліотек (з розширенням .so), в Java були використані JNI-інтерфейси, що реалізують механізм пізнього зв'язування. Інші компоненти, такі як модуль прийняття рішень, модуль генерації рекомендацій та планування завдань, були написані мовами Java та Kotlin.

Аналіз та оцінка характеристик керування водієм ТС був би неможливим без використання даних сенсорів смартфона без додаткових пристроїв або використання технічних можливостей автомобіля. Внаслідок того, що в реальній

обстановці смартфони працюють із «зашумленими», неповними і не завжди точними даними, при обробці сенсорних даних застосовується підхід злиття даних (технологія Sensor Fusion/Data) датчиків, що поєднує показання з розрізнених сенсорів смартфона таким чином, що отримана інформація стає

більш повною, точною та надійною, ніж якби ці сенсори використовувалися кожен окремо. Достоїнствами такого об'єднання показань датчиків є збереження надійності системи у разі відмови будь-якого датчика, зниження ймовірності помилкових тривог та зростання ймовірності виявлення небезпечних станів у

процесі руху в результаті отримання більш повної та точної інформації про обстановку, що надходить від безлічі різномірних датчиків.

Враховуючи технологічний прогрес при виробництві мобільних пристроїв, ресурсоемність програмного забезпечення, що постійно зростає, і частоту використання смартфона, екрани надають суттєве навантаження на літій-іонні акумулятори і відповідно швидко знижують заряд і тривалість безперервної роботи смартфона. У разі наявності постійного джерела струму та при безперервній роботі мобільного додатка на пристрої заряду акумуляторної батареї може бути недостатньо для підтримки та збільшення рівня заряду смартфона. Виходячи з того, що на швидкостях руху менше 10 км/год ДТП

відбуваються рідко, а якщо трапляються, то наслідки подібних зіткнень незначні, з метою економії (енергозбереження) рівня заряду смартфона програмний

комплекс може вимикати або знижувати яскравість екрану або зупиняти роботу модуля розпізнавання небезпечних станів до перевищення зазначеної швидкості.

Поточна реалізація прототипу мобільного додатка вштовпана таким чином, що як очі водія закриваються в певний момент часу, програмний таймер активується і починається відлік тривалості часу (за замовчуванням дорівнює 1.5с), протягом якого визначається частка часу, протягом якого очі водія перебували в закритому стані. Якщо був перевищений безпечний поріг відсотка часу закритості очей водія, програма повідомить його про настання стану ослабленої уваги за допомогою аудіо сигналу. Щоразу, коли особа водія не спрямована у напрямку руху транспортного засобу, програмний таймер активується для відліку тривалості поточного стану. Якщо цей інтервал перевищує дві секунди, програма повідомляє водія про настання втоми за допомогою відповідного графічного та звукового повідомлення.

У тестуванні системи взяло участь 30 водіїв з особистим транспортним засобом, серед яких були і чоловіки, і жінки. Варіант взаємодії водія із системою РСПАС, запущеної на смартфоні, що закріплений на лобовому склі автомобіля, представлений на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 – Приклад взаємодії водія із системою РСПАС

Для зручності водія мобільний додаток запускається разом із звичною йому навігаційною системою, відображаючись на передньому плані поверх інших додатків перед водієм. Цей режим може бути корисним під час роботи з картографічними програмами.

У ході тестування мобільного програмного комплексу було проведено два незалежні експерименти за участю випадкової тестової вибірки людей різних

статей та віку. У першому випадку оцінювалася точність розпізнавання небезпечних станів залежно від рівня навколишнього освітлення (Lux 0, 1, 30, 115) (рис. 4.4). Як можна помітити, точність розпізнавання лицьових характеристик людини стає прийнятною (0,8) при рівні освітленості, що дорівнює 30 Lux.

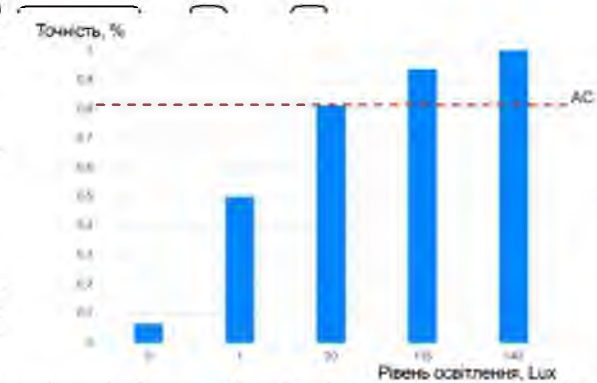


Рисунок 4.4 – Залежність точності розпізнавання лицьових характеристик рівня освітленості

Порівняння часу розпізнавання небезпечної ситуації на всіх смартфонах наведено на рис. 4.5)

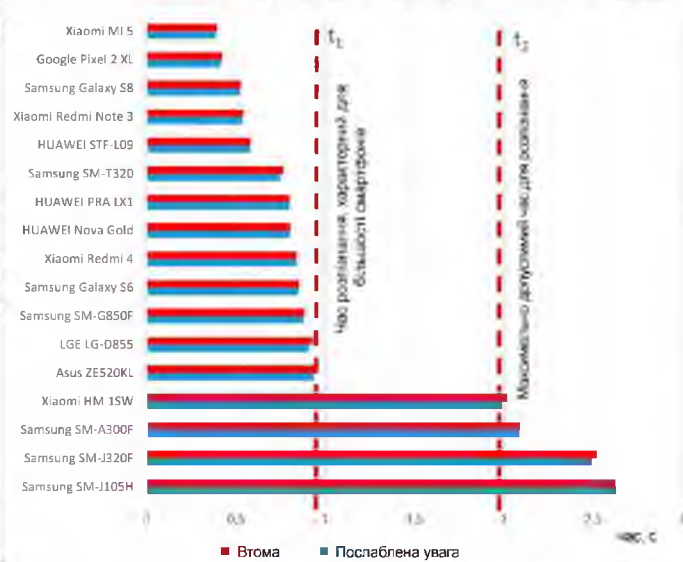


Рисунок 4.5 – Оцінка часу розпізнавання ослабленої уваги та вдома в РСПАС

ВИСНОВКИ

В результаті проведених у даній роботі розрахунково-теоретичних та експериментальних досліджень отримано такі основні результати та висновки:

1. Запропоновано контекстно-орієнтований підхід до створення розподіленої системи попередження аварійних ситуацій водія та генерації йому рекомендацій з використанням фронтальної камери та сенсорів смартфона, що дозволяє системі адаптуватися до стилю водіння у процесі її функціонування за рахунок аналізу та групування профілів водіїв та виділення патернів їхньої поведінки в кабіні транспортного засобу.

2. Розроблено онтологічну модель системи РСПАС та інформаційну модель профілю водія, що дозволяють використовувати хмарний сервіс для накопичення, аналізу та надання статистики, використання програмного комплексу та інформації про водіїв, генерувати персоналізовані контекстно-орієнтовані рекомендації для запобігання настанню аварійної ситуації та сценарна модель що дозволяє використовувати РСПАС водіями, адміністраторами корпоративних автопарків та представниками страхових компаній.

3. Запропоновано сервіс-орієнтовану архітектуру розподіленої системи попередження аварійних ситуацій водія, що дозволяє використовувати хмарний сервіс для підтримки ресурсомістких обчислень у процесі навчання системи за рахунок накопичення та аналізу статистики, використання програмного комплексу та інформації про водіїв.

4. Розроблено алгоритми розпізнавання небезпечних станів у поведінці водія транспортного засобу та генерації йому персоналізованих рекомендацій, що дозволяють враховувати контекстну інформацію та результати роботи персоналізації взаємодії водія з розподіленою системою запобігання аварійним ситуаціям.

5. Розроблено програмний комплекс на основі запропонованих моделей та архітектури для моніторингу поведінки водія в кабіні транспортного засобу, що дозволяє генерувати рекомендації водію з метою запобігання настанню аварійної

ситуації під час руху, своєчасно звертаючи його увагу на небезпеки, що виникають, з використанням фронтальної камери та сенсорів смартфона.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Geisberger, A. Khajepour, and F. Golnaraghi. Modelling of a hydraulic mount with a new MDOF decoupler using bondgraphs. Department of Mechanical Engineering. University of Waterloo. Waterloo. Ontario. Canada X2L 3G1.

2. Corcoran, P. E., Ticks A. Hydraulic Engine Mount Characteristics// SAE paper, 1984. №840407. 9 p.

3. Diesel Hybrid – The next Generation of Hybrid Powertrains by Mercedes-Benz, 33rd International Vienna Motor Symposium, 2012. 72. FEV GmbH: In-market Application of Start Stop System in European Market, 2011.

4. Kooy, A.; Gillmann, A.; Jackle, J.; Bosse, M.: DMF – Nothing New? 7th LuK Symposium, 2002.

5. Kroll, J.; Kooy, A.; Seebacher, R.: Land ahoy? - Torsional dampers for engines of the future. 9th LuK Symposium, 2010.

6. LMS Imagine Lab Amesim. Integrated simulation platform for multi-domain mechatronic systems simulation. URL: <http://www.plm.automation.siemens.com>.

7. LMS Imagine Lab AMESim. Reference guide [Электронный ресурс]. электрон. дан. и прогр. (46,8 Мб)., 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

8. LuK. Двухмассовый маховик: технологические решения, диагностика неисправностей: LuK, 2007. – 27 с., ил.

9. Paul D. Walker, Nong Zhang, Active damping of transient vibration in dual clutch transmission equipped powertrains: A comparison of conventional and hybrid electric vehicles // Mechanism and Machine Theory 77 (2014) 1–12.

10. Skoda. Двухмассовый маховик. Устройство, рабочая проверка, описание отказа, техническое описание продукции. Информация по обслуживанию, 1-я часть: Skoda Auto, 2009. – 68 с., ил.

11. Zink, M.; Hausner, M.: The centrifugal pendulum-type absorber – application, performance and limits of speed-adaptive dampers, ATZ, Issue 07/08 2009.

12. Решетов, Д.Н. Демпфирование колебаний в деталях станков / [Д.Н. Решетов, З.М. Левина]; В кн. Исследование колебаний металлорежущих станков М.: Машигиз, 1958. с. 17-24. 52. Ривин, Е.И. Некоторые вопросы виброизоляции станков. Динамика машин. Под ред. И.И. Артоболевского / Е.И. Ривин; М: Наука, 1969. - с. 229- 238.

13. Сахаров А.Б. Защита судовых валопроводов от крутильных колебаний. - М.: Транспорт, 1988. - 117 с. 54. Селифонов В.В., Нгуен Х.Т. Выбор путей снижения динамических нагрузок в механической трансмиссии автомобиля с комбинированной энергической установкой при запуске ДВС с ходу // Наука и образование. – 2011. №1. С. 1 – 9.

14. Тараторкин И.А. Прогнозирование вибронагруженности дотрансформаторной зоны трансмиссий транспортных машин и синтез гасителей крутильных колебаний. Дисс. канд.техн.наук. – М., 2003 г.

15. Тверсков Б.М. Исследование нагруженности трансмиссий тягачей с демпферами различных конструкций / Б.М. Тверсков; Автомобильная промышленность 1983. №3. - с. 22- 23.

16. Паровой Ф.В. Исследование крутильных колебаний валов [Электронный ресурс]: электрон. учебное пособие / Ф.В. Паровой [и др.]; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королёва (Нац. исслед. ун-т) - Электрон. текстовые и граф. дан. (2,056 Мбайт) - 2011. - 1 эд. опт. диск (CD-ROM). - Систем. Требования: ПК Pentium; Windows 98 или выше.

17. Ломакин В.В. Исследование совместных колебаний систем трансмиссии и подвески трехосных автомобилей типа 6x6 при движении по неровно-стям. Дисс. канд.техн.наук. - М., 1971 г.

18. Лукин П.П. Определение оптимального момента трения демпфера крутильных колебаний / П.П. Лукин; «Автомобильная промышленность», №5, 1978.

19. Мангушев, В. А. Основы теории и конструкции двигателей внутреннего сгорания / В.А. Мангушев; М.: Воениздат, 1973. - 422 с., ил.

20. Маслов Г.С. Расчеты колебаний валов. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 151с.

21. Матвеев, В.В. О демпфирующей способности замковых соединений турбинных лопаток / [В.В. Матвеев, А.П. Яковлев]; В кн. Рассеяние энергии при колебаниях упругих систем. Киев: Наукова думка, 1972. с. 259-269.

22. Минкин Д.М. Исследование динамической системы силовой агрегат - автомобиль // Труды НАМИ. - М., 1979. - Вып. 174, С 44-49

23. Лахтюхов М.Г. Разработка методики выведения наиболее опасных режимов работы силовых передач колесных и гусеничных машин за пределы рабочего диапазона оптимизацией конструктивных параметров: Дисс. канд. техн. наук. - М., 2003 г.

24. Левитский Н.И. Колебания в механизмах. Учебное пособие для вузов / Н.И. Левитский; М.: Наука, 1988. - 336 с., ил.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України