

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

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформаційних систем та технологій

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«___» _____ 2025 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Інформаційне забезпечення
робототехнічних систем»
спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»
на тему: «Система візуального спостереження за домашніми тваринами
за допомогою мобільного робота»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ІК-11

Попович Оксана Сергіївна _____

Керівник:

доцент, канд. техн. наук, доцент

Ткач Михайло Мартинович _____

Рецензент:

доцент, канд. техн. наук, доцент каф. ІІІ

Ліхоузова Тетяна Анатоліївна _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2025 року

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студентці
Попович Оксані Сергіївні

1. Тема проєкту «Система візуального спостереження за домашніми тваринами за допомогою мобільного робота», керівник проєкту Ткач Михайло Мартинович, доцент, к.т.н., доцент кафедри ІСТ. затверджені наказом по університету від «23» травня 2025 р. № 1705-с
2. Термін подання студентом проєкту: «10» червня 2025р.
3. Вихідні дані до проєкту: набори фото для тренування моделі, модель YOLO натренована на наборі даних COCO, мова програмування python та бібліотеки python, програмне забезпечення Android Studio та суміжні платформи
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, опис предметної області, формування вимог, вибір технологій, тестування системи, висновок, джерела, додаток
5. Перелік графічного матеріалу: Діаграма варіантів використання, діаграма послідовності, блок схема алгоритму, схема архітектури системи
6. Дата видачі завдання «1» грудня 2024р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
	Object detection модель на основі YOLOv11	04.04.2025	
	Робота моделі з відео з камери та з файлів	11.04.2025	
	Сервер для передачі даних на додаток	18.04.2025	
	UI додатку	25.04.2025	
	Обробка отриманих з серверу даних	09.05.2025	
	Налаштування підключення	16.05.2025	
	Налаштування передачі даних	23.05.2025	

Студентка

Оксана ПОПОВИЧ

Керівник

Михайло ТКАЧ

АНОТАЦІЯ

Система візуального спостереження за домашніми тваринами за допомогою мобільного робота.

Проект містить 75 с. тексту, 71 рисуноків, посилання на 17 літературних джерел, додаток та 4 конструкторських документа.

СИСТЕМА ВІЗУАЛЬНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДОМАШНІМИ ТВАРИНАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ МОБІЛЬНОГО РОБОТА.

Об'єктом розробки є система візуального спостереження за домашніми тваринами за допомогою мобільного робота.

Мета розробки — підвищення якості та ефективності віддаленого догляду за домашніми тваринами.

У дипломному проєкті розроблено фрагменти системи візуального спостереження за домашніми тваринами за допомогою мобільного робота, а саме: модель штучного інтелекту для визначення емоційного стану тварин та інтерфейс для роботи з моделлю та можливого подальшої інтеграції з роботом. Проведено ретельний аналіз та вибір моделі об'єктного визначення, котра була б найбільш оптимальною для вирішення поставленої задачі. Значну увагу було приділено простоті використання та швидкості виконання відео аналізу.

Отримані результати можуть бути корисними при автоматизації визначення емоційного стану тварин, або подальшої розробки систем для віддаленого догляду за тваринами.

SUMMARY

Visual surveillance system for pets using a mobile robot.

The project contains 75 pages of text, 71 figures, references to 17 literature sources, an appendix and 4 design documents.

Keywords: object detection, animal emotion detection, visual surveillance system for pets using a mobile robot, surveillance system for pets, mobile robot.

The object of development is a visual surveillance system for pets using a mobile robot.

The purpose of development is to improve the quality and efficiency of remote care for pets.

The diploma project developed fragments of a visual surveillance system for pets using a mobile robot, namely: an artificial intelligence model for determining the emotional state of animals and an interface for working with the model and possible further integration with the robot. A thorough analysis was carried out and the object detection model was selected, which would be the most optimal for solving the task. Considerable attention was paid to ease of use and speed of video analysis.

The results obtained may be useful in automating the determination of the emotional state of animals, or in further developing systems for remote animal care.

Номер рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	Номер екзем.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2						
3			<u>Знову розроблена</u>			
4						
5	A4	ІК11.250БАК.006 ПЗ	Пояснювальна записка	75		
6						
7	A3	ІК11.250БАК.006 Д1	Система візуального спостереження за	1		
8			домашніми тваринами за допомогою			
9			мобільного робота.			
10			Діаграма варіантів використання.			
11						
12	A3	ІК11.250БАК.006 Д2	Система візуального спостереження за	1		
13			домашніми тваринами за допомогою			
14			мобільного робота.			
15			Діаграма послідовності.			
16						
17	A3	ІК11.250БАК.006 ДЗ	Система візуального спостереження за	1		
18			домашніми тваринами за допомогою			
19			мобільного робота.			
20			Блок схема алгоритму.			
21						
22	A3	ІК11.250БАК.006 Д4	Система візуального спостереження за	1		
23			домашніми тваринами за допомогою			
24			мобільного робота.			
25			Схема архітектури системи.			
26						
27						
28						

					ІК11.250БАК.006 ТП					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Попович О.С.			Система візуального спостереження за домашніми тваринами за допомогою мобільного робота. Відомість проекту			Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівн.		Ткач М.М.						Т		
									1	1
								КПІ ім. Ігоря		
Затв.								Сікорського		

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Система візуального спостереження
за домашніми тваринами за допомогою
мобільного робота»**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП	5
1 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	7
1.1 Потреба у віддаленому спостереженні за домашніми тваринами та визначені їх емоційного стану.....	7
1.2 Аналіз існуючих рішень	11
1.2.1 Розвиток технологій для догляду за домашніми тваринами	11
1.2.2 Розумна камера «Eufy E220 Indoor Cam»	12
Висновок до розділу 1.....	27
2 ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ	29
2.1 Функціональні вимоги до системи	29
2.2 Нефункціональні вимоги до системи.....	32
Висновок до розділу 2.....	33
3 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ	35
3.1 Вибір технологій	35
3.1.1 Використання YOLOv11 моделі.....	35
3.1.1.1 Використання Roboflow для вибору датасетів.....	36
3.1.1.2 Використання Google Colab для тренування.....	37
3.1.1.3 Зчитування та відображення відео з OpenCV	38
3.1.2 Використання Flask для локального серверу	38
3.2 Розробка архітектури системи	39
3.3 Розробка програмної симуляції	40

					ІК11.250БАК.006 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис		Система візуального спостереження за домашніми тваринами за допомогою мобільного робота. Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Попович О.С.					Т		
Перевірив	Ткач М.М.						2	69
						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затв.						Група ІК-11		

3.3.1 Опис програмної реалізації	40
3.3.2 Опис інтерфейсу користувача.....	44
Висновок до розділу 3	47
4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ	48
4.1 Аналіз точності моделі	48
4.2 Функціональне тестування системи.....	64
4.2.1 Тестування функції визначення емоційного стану з відеозапису.....	64
4.2.2 Тестування функції визначення емоційного стану з відеокамери.....	68
Висновок до розділу 4	72
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТОК А.....	78

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ІС – Інформаційна система — це організована сукупність ресурсів, призначена для збору, зберігання, обробки, передачі та надання інформації з метою підтримки функціонування або виконання певних завдань.

ІІІ – Штучний інтелект — це галузь комп'ютерних наук, що займається розробкою систем, здатних імітувати людські когнітивні функції.

COCO – (англ. Common Objects in Context) – це великий, широко використовуваний у комп'ютерному зорі набір даних (датасет).

DFL – (англ. Distribution Focal Loss) Розподілена Фокусна Втрата — це специфічна функція втрат, яка використовується в нейронних мережах для завдань, що вимагають точного передбачення числових значень.

Faster-RCNN – (англ. Faster Region-based Convolutional Neural Network) – це детектор об'єктів з використанням технологій ІІІ.

IoU – (англ. Intersection over Union) Перетин над Об'єднанням — це метрика, яка використовується для вимірювання ступеня перекриття між передбаченою моделлю та істинною обмежувальною рамкою.

SSD – (англ. Single Shot Detector) – використовує декілька шарів ознак для прогнозування об'єктів різного масштабу.

URL – (англ. Uniform Resource Locator) Уніфікований Показник Ресурсів) – це стандартизований спосіб адресації ресурсів в інтернеті і вказує, де знаходиться певний ресурс і як до нього отримати доступ.

UML – (англ. Unified Modeling Language) (Уніфікована Мова Моделювання), це стандартизована візуальна мова, яка використовується в галузі розробки програмного забезпечення та системного проектування.

YOLO – (англ. You Only Look Once) – архітектура алгоритму у галузі виявлення об'єктів (англ. Object Detection) у комп'ютерному зорі відома своїм швидким підходом, який дозволяє моделі прогнозувати класи за один прохід через нейронну мережу.

ВСТУП

З розвитком технологій зростає і популярність роботизованих систем для персонального споживання. Ринок побутових роботів пропонує різноманітні пристрої, від автоматизованого пилососу до систем моніторингу безпеки будинку. Складність навігації, точність розпізнавання об'єктів і можливості взаємодії з навколишнім середовищем цих автономних системи поступово зростає.

Одним з напрямків робототехніки для домашнього використання, що активно розвивається та популяризується у використанні, є створення приладів, камер або невеликих мобільних роботів для нагляду або навіть елементарного догляду за домашніми тваринами, особливо собаками та котами. Існують роботизовані системи, спеціально розроблені для віддаленого догляду та спостереження за домашніми тваринами за відсутності власників. Прикладами є системи моніторингу, обладнаних камерами та можливостями двостороннього зв'язку, що дозволяє власникам дистанційно наглядати за своїми тваринами та взаємодіяти з ними. Також існують мобільні роботи здатні розпізнавати та слідувати за тваринами чи людьми.

У сучасному світі все більше людей живуть одноосібно та утримують котів та собак у будинку лише як компаньйонів, на противагу використанню можливостей та навичок собак для роботи, як наприклад охорона приватних будинків. Це призводить до зміни самої культури утримування собак та домашніх тварин в загальному, пріоритизуючи їх самопочуття та здоров'я. Тому все більше людей готові та мають бажання надавати найкращу можливу турботу свої домашнім тваринам. Популярність та різноманітність роботів для задоволення емоційних і практичних потреб котів та собак зростає серед власників, що фізично відсутні протягом тривалого часу в зв'язку з роботою.

Однією з проблем, що може виникнути при утримуванні домашніх собак це ризик виникнення тривоги розлуки у собак. Зазвичай тривога розлуки виникає у результаті того що собаки залишаються одні впродовж тривалого часу, така ситуація, враховуючи те що більшість людей працевлаштована та залишає будинок

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

протягом дня, трапляється доволі часто. Навіть у ситуаціях коли люди працюють з дому у них нечасто виникає можливість надавати собаці увесь необхідний нагляд протягом цього часу.

Тривога розлуки може викликати серйозні тривожні розлади у собак, що негативно вплине на їх здоров'я та самопочуття. Це призводить до деструктивної поведінки у собак що в основному може бути спрямована на власність господаря або інші предмети. Також це може призвести до сильного гавкання або голосного скавучання за відсутності господарів, що при густоті населення в містах може бути проблемою.

Способом передбачення та вирішення цієї проблеми є системи нагляду за домашніми тваринами за відсутності господарів, яка може визначати емоційний стан тварин та повідомляти про нього, що і є метою цього проекту. Непередбачувані рухи, допитливий характер і потенційна територіальна поведінка, у випадку якщо роботи ненавмисно лякають та провокують домашніх улюбленців, можуть потенційно призвести до пошкодження пристроїв та навіть травм та підвищеного рівня стресу у тварин.

Майбутні домашні роботи повиненні включати розпізнавання стану та враховувати унікальну поведінку і чутливість домашніх тварин, щоб забезпечити безпечне та ефективне співіснування. Можливим вирішенням цього конфлікту може бути модель штучного інтелекту спеціально натренована для розпізнавання настрою тварин та корекції дій, рухів та позиції робота залежно від отриманої інформації від інформаційної системи.

Для можливої реалізації цієї задачі буде використано модель YOLOv11 для класифікації емоційного стану тварин та створення програму для використання цієї моделі користувачем.

Дипломний проєкт складається з наступних розділів: вступ, опис предметної області, визначення вимог до проєкту, тестування системи, висновки, список використаних джерел із 16 найменувань, один додаток. Графічна частина включає 4 кресленика формату А3 . Загальний обсяг 73 сторінок

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Потреба у віддаленому спостереженні за домашніми тваринами та визначені їх емоційного стану

Згідно з інформацією та статистикою наданою в статті Global Trends in the Pet Population[1], що була створеною організацією Health for Animals собаки є найбільш популярним вибором серед власників домашніх тварин, близько третини всіх господарств у світі мають собаку, в той час як котів має лише чверть.

Все більше людей стають новими власниками домашніх тварин, окрім цього змінюється і сама культура турботи за домашніми собаками, власники все частіше надають високий пріоритет здоров'ю та комфорту своїх тварин. Зростає кількість молодих людей, що купують собак лише для ролі компаньйонів, а не для виконання якоїсь роботи і тому утримують їх в будинку або міській квартирі.

В статі також представлені посилання на статистичні дослідження, які доводять, що домашні тварини мають високий позитивний вплив на фізичне та психоемоційне здоров'я своїх власників, в тому числі і собаки, оскільки їх потреби у вигулі змушують власників до частих та регулярних прогулянок на вулиці. Нижче, на рисунку 1.1 та рисунку 1.2 наведено графіки численності собак та котів на трьох найбільших ринках та в інших країнах відповідно для візуалізації їх популярності у світі.

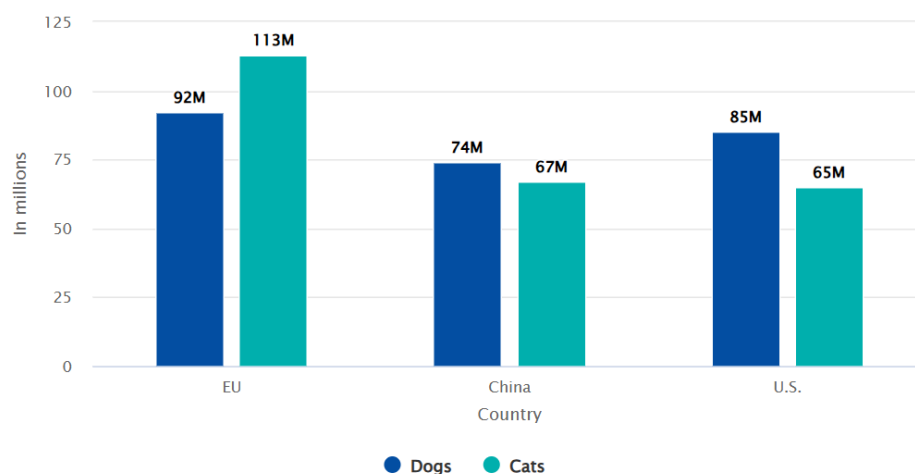


Рисунок 1.1 – Відносна чисельність собак та котів у країнах EU, Китаї та U.S.

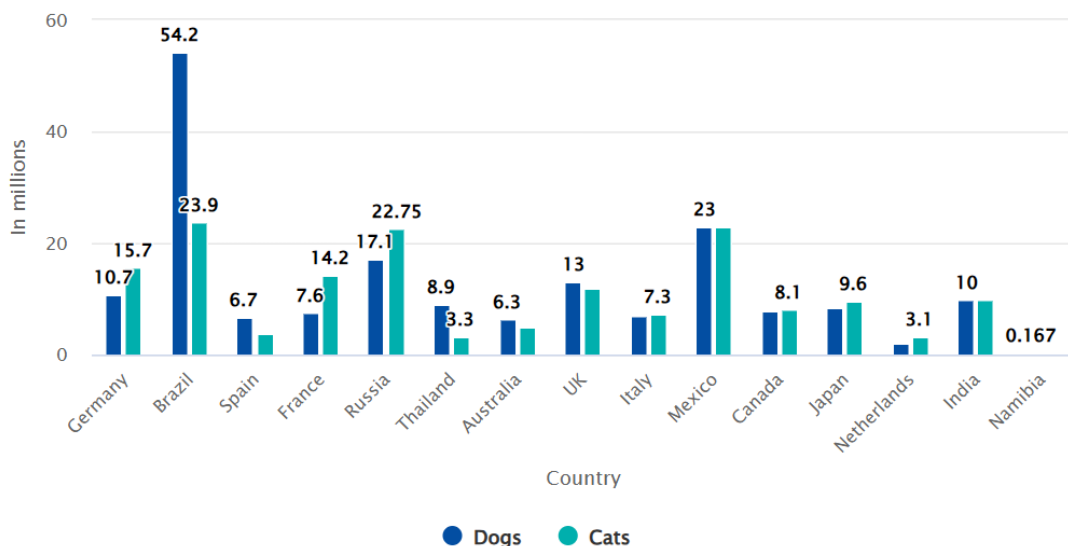


Рисунок 1.2 – Відносна чисельність собак та котів у інших країнах

Оскільки собаки за своєю природою соціальні тварини, окрім потреб в харчуванні та житлі, вони мають високі емоційні та соціальні потреби. Домашні собаки формують високу прихильність до людей, що піклуються про них, це робить їх потенційно вразливими до стресових розладів, якщо вони часто та впродовж тривалого часу залишаються наодинці, що зі зростаючою численністю працюючих поза домом людей, що живуть на одинці стається все частіше.

Автори статті Separation Anxiety in Dogs[2] називають надмірне гавкання, голосне скиглення та деструктивні тенденції, основними симптомами, що проявляються при гострому занепокоєнні собаки, що виникає через тривалу соціальну ізоляцію. Деструктивна активність може часто фокусуватися на власності хазяїв собак, замість собачих іграшок призначених для цього.

Окрім підвищеної активності, тривога у собак може проявлятися і як значне зниження активності, що може негативно позначитися на загальному фізичному стані тварини та призвести до більших проблем зі здоров'ям собаки. Існує також ризик того що деякі собаки можуть навіть втекти з дому через тривогу розлуки та загубитися в місті.

Ці симптоми проявляються частіше за все після того як власники покидають оселю або під час їх довгої відсутності, що значно ускладнює вчасне діагностування та може призвести до більших проблем, руйнування власності та

травм тварини до того як проблема буде помічена людьми. Здатність визначити емоційний стан тварин під час тривалої відсутності може мати велике значення. Така інформація може дати власникам змогу приймати обґрунтовані рішення щодо тварини, режиму дня та потенційної необхідності втручання професійного кінолога. В статті надається порада «...зробіть аудіозапис або відеокліп поведінки собаки наодинці», але просто лишати камеру чи мікрофон в кімнаті не є найбільш ефективним способом відстеження тварини за фізичної відсутності власників.

Окрім фізичної перешкоди дистанцією, коректне визначення та відстеження емоційного стану собак ускладнюються, тим що люди часто переоцінюють свою здатність точно визначати настрій свого улюбленця. Дослідження представлені в статті[3] на веб-ресурсі Kinship, підтверджують, що точне розуміння настрою собак — це не настільки інтуїтивна здатність, скільки навичка, отримана з досвіду. Іноді люди схильні приписувати тваринам людські емоції та бажання, це може перешкодити правильному розумінню причин поведінки тварини.

Дослідження Humans' ability to read dogs' facial expressions is learned, not innate[4] доводить що люди, що вирости без попереднього досвіду з домашніми тваринами мали проблеми з точністю визначення деяких емоцій у собак. Хоча такі яскраві емоції як страх і щастя можуть бути точно визначеними усіма не залежно від досвіду, більш складні емоції як страх, тривога або смуток можуть бути неправильно визначені або не помічені, що, враховуючи зростаючу кількість нових та недосвідчених господарів, може стати проблемою та призвести до конфліктів між домашньою твариною та людиною.

Інформаційний ресурс psychiatrist.com в статті Humans Struggle to Accurately Read Dogs' Emotions[5] містить більш детальну інформацію стосовно того з чим саме виникають у людей проблеми при аналізі емоційного стану тварин. В статті зазначено, що в середньому визначення емоцій лише з виразу обличчя становило більші складності. В тому числі такі емоції як страх та тривога сепарації було часто неправильно ідентифіковані або непомічена учасниками дослідження.

Також вищезгадана стаття надає важливу статистику про помилкову впевненість власників у точності діагностики емоційного стану своїх собак. 96

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

відсотків власників собак вважали, що вони можуть без проблем розпізнати щастя. Але дослідження показало, що вони були точними менше ніж у двох із трьох випадків – 63 відсотки. Майже 90 відсотків власників собак стверджували, що можуть помітити страх. Але лише 16 відсотків змогли зробити це правильно.

В статі міститься посилання на дослідження з якого було взято представлений на рисунку 1.3 графік. На графіку видно що негативні емоції, окрім агресії, мають найнижчу точність визначення.

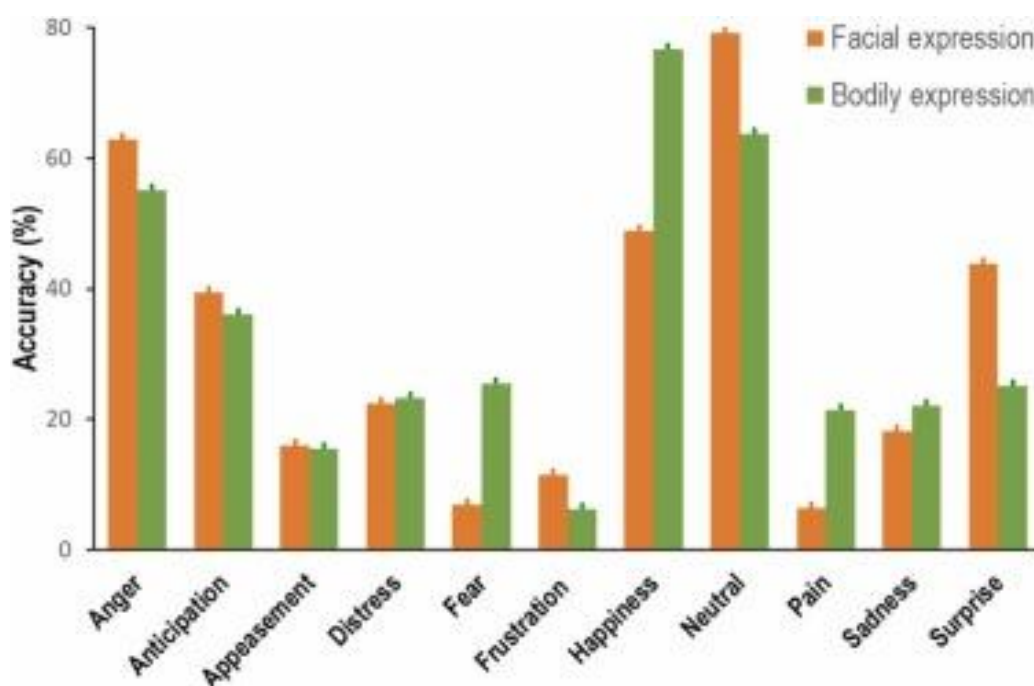


Рисунок 1.3 – Точність визначення емоцій тварин учасниками дослідження

Такі важливі для моніторингу психоемоційного стану та попередження проблем з здоров'ям емоції, як страх, сум та біль часто можуть бути непоміченими людьми без спеціальних навиків у поведінковий психології собак. Це може привести до серйозних проблем враховуючи, що багато людей, що заводять собаку, не мають необхідного досвіду у цій сфері.

Досвідчені господарі та кінологи вчаться звертати увагу на безліч сигналів одночасно: положення вух, розширення зіниць, напруженість тіла, тип гавкоту або скавучання. Окремий сигнал не часто дає повну картину емоцій, важливе поєднання різних ознак.

Враховуючи це можна припустити можливість та потребу в створені моделі штучного інтелекту, що буде здатна розпізнавати необхідні сигнали та розпізнавати емоційний стан домашньої собаки.

1.2 Аналіз існуючих рішень

1.2.1 Розвиток технологій для догляду за домашніми тваринами

Сучасний темп життя та збільшення відносної кількості людей, що живуть окремо, у великих містах сприяли зростанню попиту на роботизовані системи для догляду за домашніми тваринами під час відсутності господаря.

Спочатку ці автоматизовані рішення були простими та обмежувалися основними функціями — забезпечення їжею та водою за допомогою автоматичних годівниць і фонтанчиків для питної води з датчиками руху. Однак із розвитком сучасних технологій, зокрема впровадженням штучного інтелекту, на ринку з'явилися розумні камери та автономні мобільні роботи, здатні відстежувати й взаємодіяти з домашніми улюбленцями.

Спочатку прості роботи використовувалися для покращення базового догляду за домашніми тваринами. Фонтанчики для питної води з датчиками руху забезпечували постійну подачу свіжої води, та економію електроенергії, вмикаючись лише при наближенні тварини. Автоматичні годівниці з таймерами дозволяють встановлювати графік та регулювати порції корму за відсутності господарів. Ці рішення стали першими до автоматизації догляду за тваринами під час відсутності власників, забезпечуючи надійність і зручність.

Камери для домашніх тварин, оснащені датчиками руху та мікрофонами, дозволяють господарям побачити своїх улюбленців у реальному часі через смартфон, дозволяючи дистанційно відстежувати активність та самопочуття тварини. Деякі такі стаціонарні роботи також оснащені лазерною указкою або портативною вбудованою годівничкою для додаткової взаємодії. Багато таких камер також мають вбудовані динаміки, за допомогою яких господар може

говорити з твариною, для того щоб заспокоїти її або віддати команду. Така двостороння взаємодія допомагає багатьом тваринам знизити стрес від розлуки.

Також існують мобільні роботи з камерами та функціями відстеження. На додаток до вже перелічених раніше можливостей розумних камер, ці автономні пристрої можуть пересуватися по дому, слідкувати за твариною та взаємодіяти з нею. Завдяки технологіям штучного інтелекту ці роботи можуть розпізнати тварину та слідувати.

1.2.2 Розумна камера «Eufy E220 Indoor Cam»

Домашня камера Eufy E220 Indoor Cam згідно офіційного сайту [6] має багатий функціонал для віддаленого спостереження за домашніми тваринами, що можна бачити на рис. 1.4, наприклад :

- детектор руху, камера вмикає запис відео, лише за потреби, коли в кадрі хтось знаходиться, оптимізуючи роботу камери;
- зони активності, камера дає можливість налаштувати окремі зони активності та отримувати сповіщення лише при детекції руху в попередньо визначених користувачем локаціях;
- слідування за рухом об'єкту в кадрі, камера знаходить людей чи тварин у кадрі та повертається вслід за ними продовжуючи трансляцію чи запис відео;

В інтерфейс додатку пропонує широкий вибір можливостей налаштування роботи камери. В тому числі можна налаштувати роботу та якість камери (Camera Settings на рисунку 1.5), швидкість повороту, та повідомлення, наприклад при детекції на відео лише тварин (Notification, Pet на рисунку 1.5), або лише людей (Notification, Person на рисунку 1.5). Вбудований мікрофон також здійснює розпізнавання звуків з аудіо доріжки, та може відправити повідомлення при детекції скиглення (Notification, Crying на рисунку 1.5). Окрім мікрофону камера також оснащена динаміком, що дозволить передати аудіо з додатку. Динамік також використовується для функції Pet Command (Camera Settings на рисунку 1.5), що дозволяє записати аудіо повідомлення та автоматично відігравати його при детекції

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

тварини у певній частині кадру. Наприклад попросити злізти, якщо собака буде знайдений камерою у попередньо визначеній зоні активності дивану, як на рисунку 1.4.

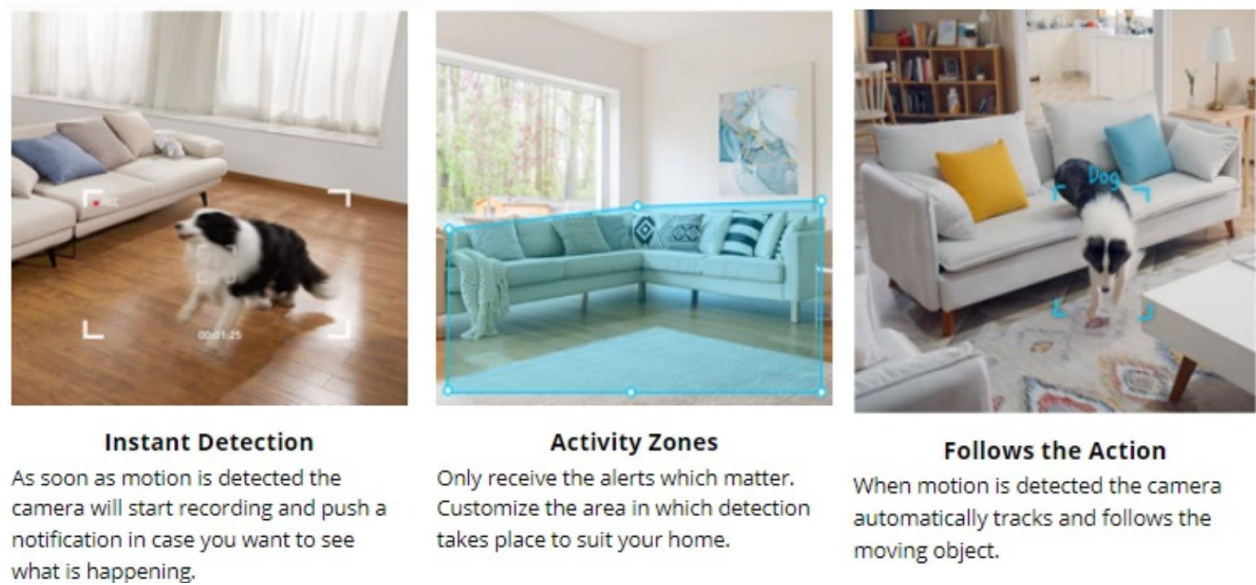


Рисунок 1.4 – Деякі з можливостей камери

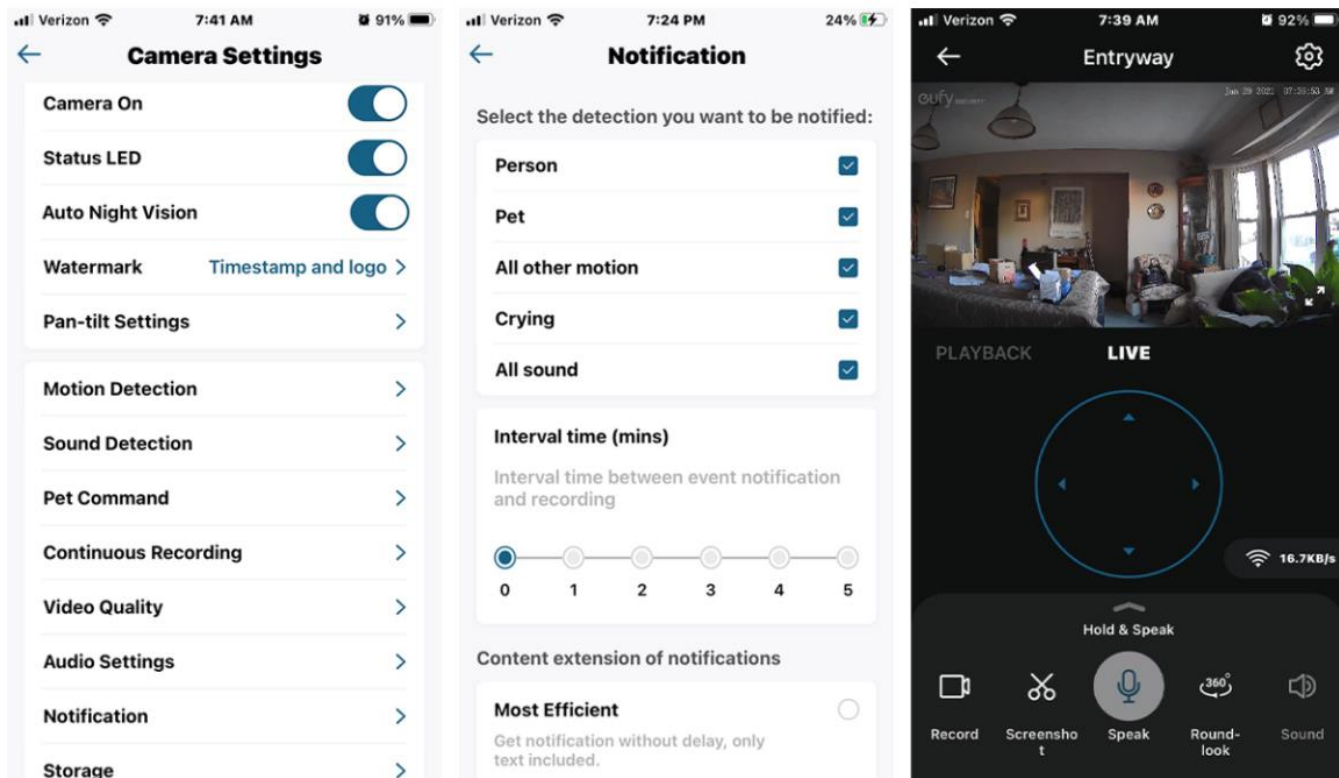


Рисунок 1.5 – Інтерфейс додатку

1.2.3 Розумна камера «Furbo 360 Dog Camera»

Однією з камер, що має більше функціоналу спеціально розробленого для нагляду за собаками є камера Furbo 360 Dog Camera [7].

Окрім раніше згаданих можливостей попередньої камери, таких як поворот камери вслід за собакою та повідомлення при детекції звуку, цей стаціонарний робот має відділ для корму, продемонстрований на рисунку 2.3 зліва, а версія для котів має вбудовану іграшку – рисунок 2.3 справа, дозволяючи більше можливостей взаємодії з різними домашніми тваринами залежно від їх потреб. Фото взяті з статті-огляду на Furbo 360 Dog Camera[7] та суміжної статті Furbo 360 Cat Camera[8].

Інтерфейс додатку схожий на інтерфейс раніше описаної камери Eufy, з додатковою кнопкою знизу посередині для видачі собаці частування, що можна побачити на рисунку 1.7.



The Furbo 360 has enough room for a 4-ounce bag of small training treats. (Photo: Angela Moscaritolo)

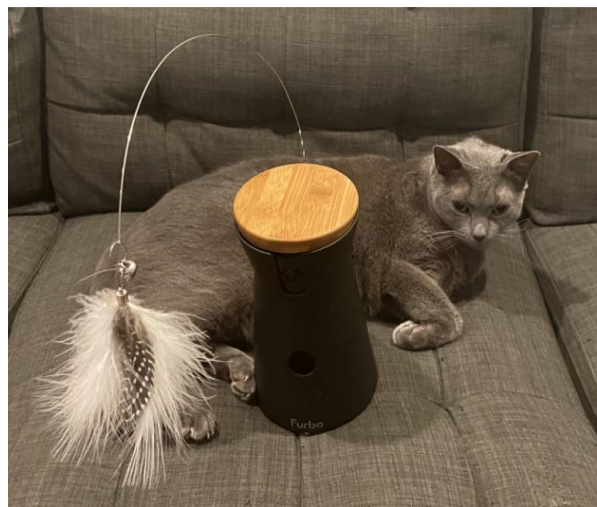
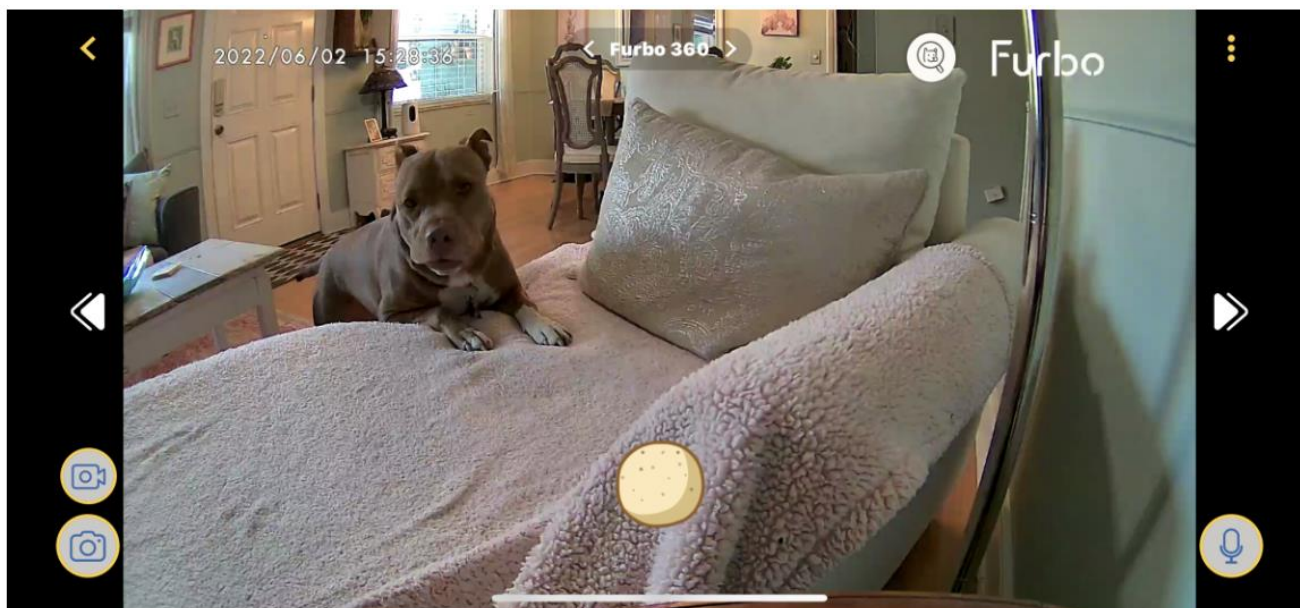


Рисунок 1.6 – Відділ для корму та вбудована іграшка

1.2.4 Мобільний рообот «ROLA PetPal Robot Pet Companion»

Стаціонарні камери, в залежності від їх кількості та розташування, можуть бути нездатні побачити тварину з певного ракурсу. Для вирішення цього питання

існують мобільні роботи, що завдяки здатності вільно пересувати по квартирі, можуть отримати відео тварини з будь-якого кута нагляду.



Press the arrow to the left or right of the video stream to pan in that direction.

Рисунок 1.7 – Частина інтерфейсу додатку

Одним з прикладів таких роботів є ROLA PetPal Robot Pet Companion[9], що один робот з раніше представленої колекції EBO Collections.

ROLA PetPal Robot Pet Companion аналогічно до попередньо розглянутої камери має також варіанти з контейнером для ласощів, та іграшками розрахованими для котів. Фото з офіційного ресурсу [9] демонстративно зображають їх використання на лівій та правій частині рисунку 1.8 відповідно.



Рисунок 1.8 – Робот з годівничкою та робот з іграшками

Даний домашній мобільний робот здатний розпізнавати собак та котів використовуючи технології штучного інтелекту для локалізації тварини за даними з камери та, за наявності модуля з контейнером для корму, автоматично видавати корм за графіком або отримавши сигнал від власника з додатку.

Модуль з іграшками пропонує можливість розважати домашніх тварин у період відсутності господаря. Це дозволить збільшити рівень активності тварин, що не тільки позитивно вплине на стан їх фізичного здоров'я, а й дозволить попередити деструктивні дії, що збереже власність господаря від знищення або пошкодження.

Роботом має декілька запрограмованих траєкторій руху, які рухають іграшку дразнилку спонукаючи кота до активності. Деякі з цих траєкторій представлено на рисунку 1.9.

Як можна бачити на рисунку 1.10 на додаток до вище переліченого робот має функції запису повідомлень та надає можливість здійснювати аудіо дзвінок з домашніми тваринами, як і попередньо розглянуті камери. Також додатковою незвичною функцією є кнопка для тварин, що дозволить домашнім улюбленцям надсилати повідомлення власникам, потенційно надзвичайно корисна функція для службових собак.



Рисунок 1.9 – Керування через камеру

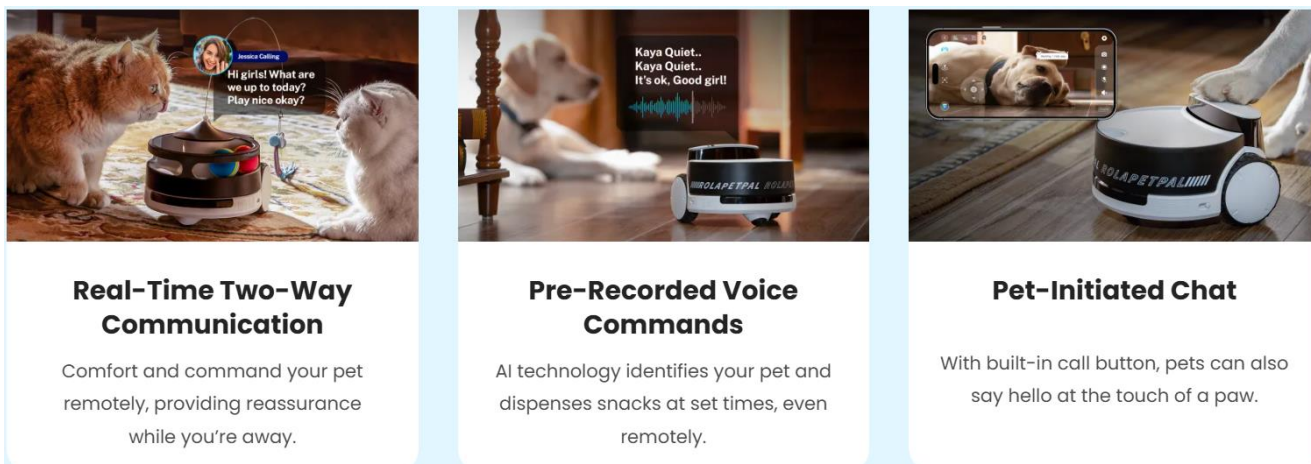


Рисунок 1.10 – Функції робота

1.2.5 Мобільний рообот «Skymee Owl Robot Pet Camera»

Ще одним роботом з схожим функціоналом але більш пристосованим для гри є Skymee Owl Robot Pet Camera[10].

Як можна бачити на зображенні з офіційного ресурсу [10] представленому на рисунку 1.11 робот має основний функціонал схожий до попередньо представлених камер та роботів, а саме:

- сенсор дотику для взаємодії людини з роботом;
- якісна камера для трансляції відео та дистанційного керування;
- мікрофон та динамік для двостороннього аудіо зв'язку;
- можливість видавати ласощі для заохочення домашніх собак до гри та позитивної активності;

Skymee Owl Robot Pet Camera має більш ергономічний дизайн та більші колеса, що дозволяє краще маневрувати, що робить його більш придатним для активної гри. Робот також може автоматично видавати ласощі для собак заохочуючи до інтеграції. На відміну від ROLA PetPal Robot цей робот не має ІІІ-функцій розпізнавання, але, має інші сильні сторони наприклад, завдяки міцним матеріалам, що використовуються в конструкції робота та більшому діаметру колес, робот може бути використаним на вулиці, забезпечуючи підключення та взаємодію з твариною навіть поза домом.



Рисунок 1.11 – Skymee Owl Robot Pet Camera

1.3 Моделі штучного інтелекту для розпізнавання емоцій

1.3.1 Моделі YOLOv8, SSD, and Faster-RCNN та їх порівняння

Галузь комп'ютерного відео-аналізу швидко розвивається та поєднує комп'ютерний зір і штучний інтелект (ШІ) для отримання інформації з відео. Ці технології мають багато можливих практичних застосувань і може революціонізувати спосіб нашої взаємодії з навколишнім середовищем.

Дослідження методів глибокого навчання зосереджено на дослідженні методів, способів та моделей, що дозволять підвищити точність, швидкість та загальну ефективність при виявленні, локалізації та класифікації об'єктів через високу важливість для програм, які інтерпретують зображень і відео. Виявлення об'єктів є важливою задачею комп'ютерного зору та тісно пов'язана з розробкою та використанням таких пристроїв, як камери відеоспостереження та автономні транспортні засоби.

Технології комп'ютерного зору, що дозволяють знаходити та класифікувати об'єкти на зображеннях або у відео, стрімко розвиваються. Спочатку ця технологія застосовувалась лише для розпізнавання предметів або, наприклад, лише локалізації обличчя людей, але тепер новіші моделі можуть крім того розпізнавати людські емоції.

Метод заснований на навчанні моделей штучного інтелекту розпізнавати певні візуальні шаблони, які відповідають об'єктам із заздалегідь визначених категорій. Архітектура, яка найчастіше використовується для цього, — це згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN). Ці моделі навчаються знаходити об'єкти на зображенні, позначати їх межі прямокутниками, що в агломовному просторі називаються bounding boxes, та призначати відповідний клас з певним рівнем впевненості.

Існує кілька популярних архітектур для виявлення об'єктів на зображеннях:

- Faster R-CNN — має високу точність, але працює повільніше;
- Single Shot MultiBox Detector (SSD) — швидший, але дещо поступається у точності;
- YOLO (You Only Look Once) — комбінує швидкість та точність, підходить для роботи в реальному часі, але через це потребує більше ресурсів;

YOLO працює розділяючи зображення на сітку та визначає об'єкти та їхні межі. Це відбувається за один прохід (forward pass) через нейронну мережу, що забезпечує швидкість обробки зображення та дозволяє проводити аналіз в реальному часі.

В статті Comparing YOLOv8, SSD, and Faster-RCNN for Real-Time Object Detection[11] було проведено порівняння цих трьох мереж, аналізуючи їх продуктивність за такими показниками, як mAP50, час висновку та FPS, та досліджено компроміс між швидкістю та точністю. Результати дослідження надані в статті представлені на рисунку 1.12

Model	mAP50 (%)	Inference Time (ms)	FPS
YOLOv8	 85.6	 10.3	 97
SSD	78.2	16.5	60
Faster-RCNN	89.3	120.4	8

Рисунок 1.12 – Результати порівняння

В таблиці результатів представлено три метрики:

- mAP50 (%): Середня середня точність при 50% перехрестя через з'єднання (Intersection-over-Union (IoU));

- Inference Time (мс): час, необхідний для обробки зображення;

- FPS: кількість кадрів за секунду для продуктивності в реальному часі;

В результаті дослідження наведено такі результати;

- YOLOv8: найкращий вибір для програм реального часу завдяки швидкості та ефективності;

- Faster-RCNN: ідеально підходить для завдань, що вимагають високої точності, незважаючи на його повільну продуктивність;

- SSD: збалансована модель для сценаріїв, які потребують поєднання швидкості та точності;

Ще одним важливою перевагою моделі YOLO це простота проведення додаткового тренування на специфічних датасетах. Розпізнавання емоцій у собак є більш складним завданням, ніж у людей, через відмінності у міміці та мові тіла. Модель YOLO, може бути додатково натренована для цього завдання, використовуючи спеціальні набори даних із зображеннями собак у різних емоційних станах.

1.3.2 Модель YOLO

Модель YOLO вважається однією з найкращих, якщо не найкращою моделлю комп'ютерного зору та відео аналізу. Як було згадано раніше модель YOLO проводить аналіз зображення за одне проходження мережі, спочатку розбиваючи зображення на сітку та проводить аналіз знаходячи межі та патерни властиві об'єктам і таким чином класифікує та локалізує зображення на фото чи відео кадрі.

Стаття You Only Look Once (YOLO): The Best Model for AI-Integrated Video Analytics? [12] надає рисунок, що представляє спрощену візуалізацію процесу, який модель YOLO проводить при детекції та класифікації об'єктів на зображенні представлену на рис. 1.13.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

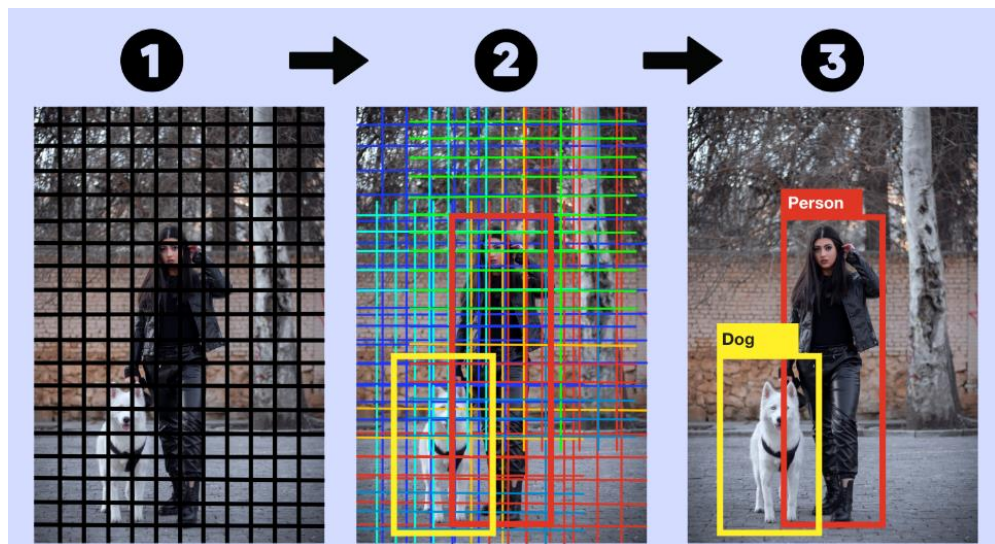


Рисунок 1.13 – Візуалізація процесу аналізу фото моделлю YOLO

YOLO (You Only Look Once) розроблена для швидкої та ефективної роботи, що робить її ідеальним варіантом для застосування при аналізі відео в реальному реальному часі. Згідно з інформацією наданою в статті ця модель може виявляти різну кількість об'єктів на зображеннях або відео зі швидкістю до 45 кадрів на секунду, що значно швидше, ніж інші моделі цієї галузі.

На додачу до швидкості, YOLO також має високу точність (mAP), що досягає 78,6%. Така швидкість і ефективність є дуже важливими, де пріоритизується моніторинг у реальному часі є надзвичайно важливим, наприклад для відеоспостереження та охорони. Ще однією важливою перевагою моделі YOLO є гнучкість, можливість додаткового тренування додатковими наборами даних, навчаючи модель розпізнавати нові класи об'єктів, що робить її придатною для застосувань у різних програмах для різних завдань.

YOLO постійно вдосконалюється та оновлюється, регулярно виходять нові версії та оновлення. Отже результати на сьогоднішній день не є фінальними та будуть покращені в майбутньому. YOLO має надійний алгоритм виявлення об'єктів для застосування у відео аналітиці. Швидкість, точність і простота використання зробили його популярним алгоритмом для виявлення об'єктів у різних сферах застосування. Оскільки сфера відео аналітики продовжує зростати, популярність YOLO, ймовірно також зростатиме.

Модель YOLO (You Only Look Once) має багато практичних застосувань у різних галузях, наприклад, як представлено в статті [12]:

– магазини роздрібної торгівлі: YOLO можна використовувати для аналізу поведінки та маршрутів покупців в магазині, надаючи інформацію, яка може потенційно допомогти при плануванні магазинів і покращення обслуговування клієнтів. Роботу моделі в цьому сценарії можна бачити на рисунку 1.14;

– відеоспостереження: YOLO може виявляти і відстежувати людей, машини та інші об'єкти в режимі реального часу, що робить її ідеальним рішенням для систем безпеки всередині та ззовні будинків або машин. На рисунку 1.15 можна бачити результат роботи моделі з відео з камер спостереження направлених на майданчик для паркінгу;

– автономні транспортні засоби: YOLO можна використовувати для виявлення та класифікації об'єктів у режимі реального часу, що робить його незамінним для автономних транспортних засобів, таких як безпілотні автомобілі;

1.5 Використання мобільних роботів в побутовому просторі

Роботи продовжують збільшувати свою присутність у нашому повсякденному житті: 64% австралійців володіють принаймні одним з так званих розумних приладів згідно з результатами дослідження загальнонаціонального австралійського опитування[13], проведеного додатком для цифрового читання Readly. Також зазначено, що серед молодих людей це значення особливо високе, майже половина має принаймні один smart home девайс. Тому можна стверджувати, що попит на домашніх роботів буде тільки зростати – в осяжному майбутньому на ринок з'явиться більше домашніх роботів на базі ІІІ, а розвиток технологій зробить ці пристрої доступнішими та розумнішими.

Домашні роботи автоматизують широкий спектр побутових проблем, включаючи прибирання пилу з підлоги, обслуговування та чистку басейну, садівництво, забезпечення безпеки та відео-спостереження, допомогу в медичних потребах та інше.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

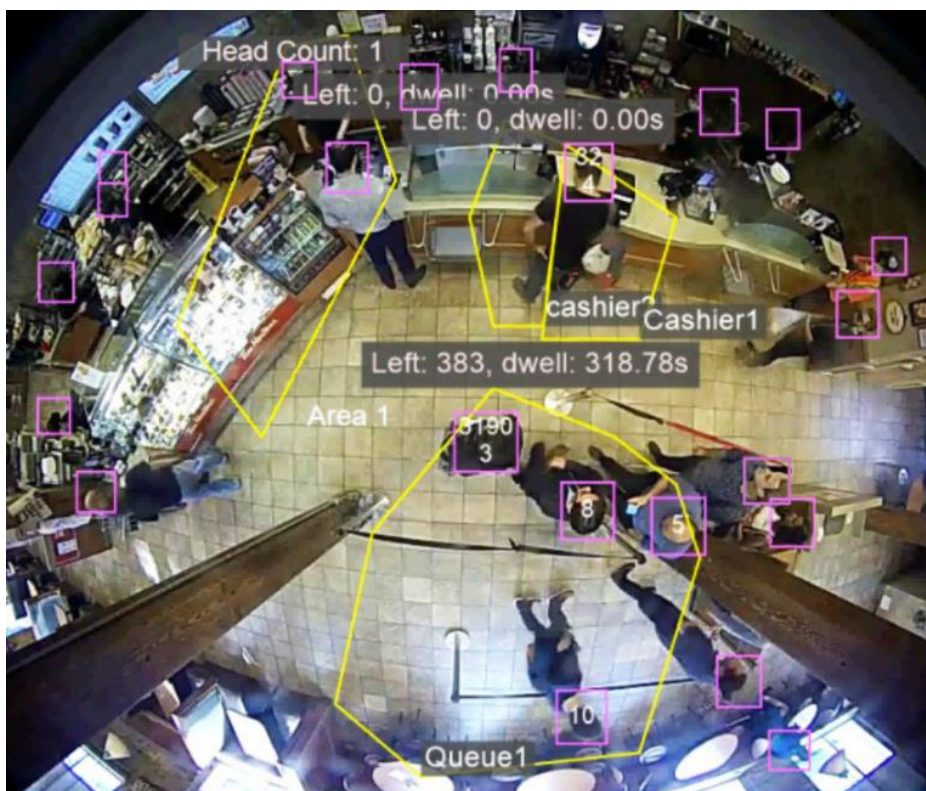


Рисунок 1.14 – Демонстрація роботи моделі для підрахунку кількості покупців та визначення можливих черг



Рисунок 1.15 – Робота моделі з відео з камери спостереження

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК11.250БАК.006 ПЗ

Арк.

23

Багато роботів також пропонують інтеграцію з системами розумного дому, щоб наприклад, керувати освітленням або регулювати параметри температури. Двома прикладами домашніх мобільних роботів є колекція мобільних роботів EVO Collections від компанії enabot та робот Scout від Moorebot. Роботи EVO Collections є маленькими мобільними роботами для використання в межах будинку. Наприклад, згідно інформації наданої офіційним сайтом дистриб'ютора [14] робот EVO Air 2 Plus Companion Robot пропонує широкий спектр можливостей, серед них є такі як:

- двосторонній аудіо-зв'язок та відео трансляція;
- покращене нічне бачення з інфрачервоним випромінюванням;
- можливість переміщення по всьому будинку;
- розумний патруль будинку за встановленим маршрутом;
- розумне відстеження об'єктів за допомогою технологій ШІ та слідування робота за ними;
- яскраве та якісне зображення з роздільною здатністю 3К;
- довга тривалість роботи від вбудованого акумулятора та автоматичне заряджання, робот самостійно знаходить свою зарядну станцію, отже власникам не потрібно турбуватися про заряд батареї;

На рисунку 1.16 можна побачити зображення робота з офіційного сайту, як можна бачити робот компактний, має станцію для автоматичної зарядки та може бути дистанційно контрольованим з мобільного додатку.

Також в лінійці присутня модель робота EVO SE Wireless Camera Robot, що пропонує доступність у порівнянні з іншими роботами з лінійки за рахунок скороченого функціоналом можливостей, що покладаються на елементи штучного інтелекту, але основні функції самого мобільного робота незміні, простіша модель робота вільно пересувається будинком, проводить відео та аудіо трансляцію, має нічне бачення та алгоритм, що дозволяє роботу знайти свій шлях до зарядної станції для автоматичної зарядки акумулятору та надає користувачу можливість дистанційно контролювати траєкторію руху мобільного робота за допомогою мобільного додатку.



Рисунок 1.16 – Companion Robot EBO

На іншому кінці спектру можливостей домашнього робота знаходиться EBO X-AI Family Companion Robot згідно з описом робота на офіційному сайті EBO X — це робот-охоронець, розроблений спеціально для сімей, у поєднанні з технологією візуальної навігації V-SLAM, камерою оснащеною автоматичним стабілізатором та якістю відео 4K HD та професійною системою налаштування Harman, EBO X може забезпечити ваш дім такими функціями:

- моніторинг безпеки та самопочуття мешканців (наприклад, моніторинг само почуття людей похилого віку, моніторинг крику про допомогу, виявлення незнайомих людей в будинку чи на території, нагадування про прийом ліків тощо);
- дистанційне спілкування (двостороннє в режимі реального часу). зв'язок, інтелектуальне відстеження, інтелектуальний особистий помічник тощо);
- а також функції для розваг, дозвілля та іншого (музика через вбудовані колонки Bluetooth, підключення до розумної колонки Alexa, тощо);

На додаток до цього робот має функції AI Talking з інтегрованою GPT-4o mini моделлю. Це демонструє високі можливості домашніх мобільних роботів незважаючи на компактний дизайн та побутове використання.

Ще одним вищезгаданим роботом для моніторингу будинку є Moorebot Scout – The Tiny AI-Powered Mobile Robot for Home Monitoring, якій здебільшого повторює можливості попереднього робота (рис. 1.17), але тим не менше має певні особливості. Як можна бачити на зображенні робота на офіційному сайті на рисунку 1.18 робот, розрахований також на можливе використання надворі та на території приватного будинку.

Однієї з найважливіших відмінностей цього мобільного робота від попередньо описаного Companion Robot EVO це як описано на офіційному сайті Moorebot Scout [15] open source програмне забезпечення та підтримка для створення розширень, з цього можна зробити висновок, що в майбутньому виробники роботів також можуть пропонувати покупцям можливість встановлювати додаткове програмне забезпечення на мобільні домашні роботи.



Рисунок 1.17 – Moorebot Scout

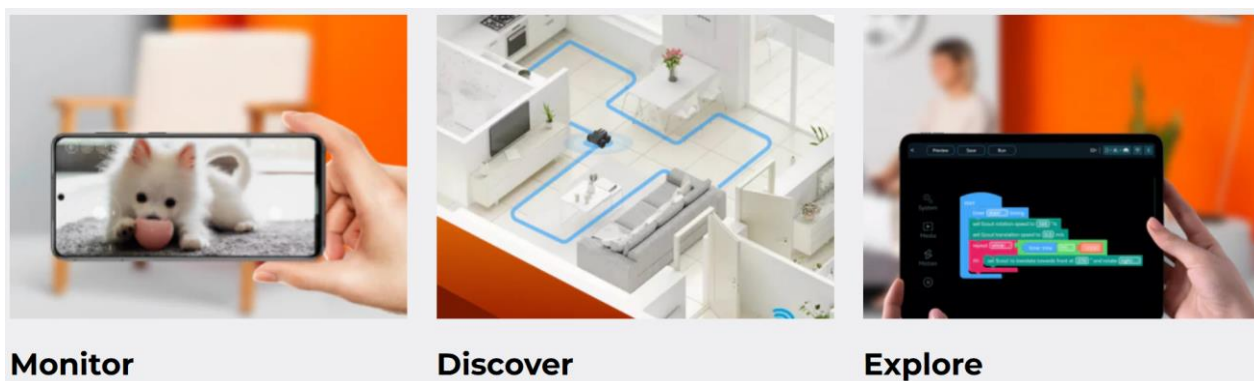


Рисунок 1.18 – Можливості Moorebot Scout

Висновок до розділу 1

В розділі проаналізовано наскільки затребуваною може бути можлива модель для розпізнавання емоційного стану домашніх тварин для мобільних роботів побутового призначення та роботизованих систем створених спеціально для догляду за домашніми тваринами.

Посилаючись на дослідження та статистичні дані було визначено популярність собак як домашніх тварин, так і позитивні сторони та проблеми, що можуть виникнути при утриманні собак власниками з недостатнім досвідом. Було наведено статистику, що доводить що у людей можуть бути проблеми з точністю визначення емоційного стану їх улюбленців.

Оскільки багато людей відсутні вдома більшу частину дня, це може викликати стрес у домашніх собак через їх природу як соціальних тварин, існує попит на системи для віддаленого спостереження та комунікації з тваринами.

Було оглянуто різні моделі що використовуються для фото аналізу на основі ІІІ та виявлено що, для забезпечення цілей проекту краще всього використовувати спеціально натреновану модель YOLO через високу точність та швидкість, що дозволяє проводити аналіз відео з камери в реальному часі.

Було розглянуто чотири різних приклади з вже існуючих рішень для нагляду, догляду та розваги домашніх тварин за відсутності господарів. Половина з них були стаціонарними, половина мобільними роботами. До того було розглянуто ще два мобільних робота побутового призначення, створених для більш загальних цілей, таких як віддалений моніторинг та спостереження за будинком за допомогою відео-трансляції та зв'язок з мешканцями, присутніми в будинку, за допомогою двох стороннього аудіо-зв'язку.

У всіх представлених рішень значна частина функціоналу схожа, усі представлені роботи надають такі можливості:

- функціонал, що дозволяє користувачу здійснювати віддалений контроль за камерою через мобільний додаток;

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- пряма трансляція на вищезгаданий додаток через Інтернет та запис з відеокамери;
- мікрофон та динамік для передачі аудіо в обох напрямках, дозволяючи не тільки чути тварину а і говорити з нею;
- зміна ракурсу камери тим чи іншим чином, повертаючи камеру навколо своєї осі або переміщуючи робота;

Було оглянуто різноманіття мобільних роботів, що використовуються у побуті, та причини вважати що мобільна робототехніка це галузь, що буде розвиватися в майбутньому.

Значна частина представлених роботів мала вбудований контейнер для корму, деякі камери та мобільні роботи, як наприклад моделі мобільних роботів Companion Robot EBO та ROLA PetPal Robot Pet Companion, а також стаціонарні розумні камери Furbo 360 Dog Camera та Eufy E220 Indoor Cam, мали різні функції розпізнавання об'єктів з відеокамери, що в основному використовуються для слідування камери або робота за твариною та відправлення повідомлень власнику на мобільний додаток при детекції в кадрі.

Аналіз предметно області, що було проведено в цьому розділі дозволяє встановити подальші вимоги та цілі III системи та подальше визначення технологій що буде використання для створення системи.

2 ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ

2.1 Функціональні вимоги до системи

Проаналізувавши широке різноманіття вже існуючих, професійно створених та доступних на ринку рішень можна скласти наступний список функціональних та нефункціональних вимог до створювальної в данному проекті системи візуального спостереження за домашніми тваринами та визначення їх емоційного стану за допомогою моделі штучного інтелекту YOLO версії v11 та додатково натренованої на відповідних та взаємосумісних наборах фотографій домашніх собак різних порід у різних ракурсах у чотирьох визначених емоційних станах, а саме , радість, страх, агресія, спокій.

Функціональні можливості системи повинні забезпечити не тільки базову детекцію, а й інтерактивну взаємодію з користувачем, динамічну адаптацію до умов зйомки та здатність інтеграції з іншими компонентами (роботами, мобільними додатками, системами сигналізації тощо).

Система має відповідати заданим функціональним вимогам:

а) система мусить мати можливість розпізнавання з камери. система має бути здатна проводити завдання об'єктної детекції на основі відеопотоку з підключеної до пристрою камери. Результат має бути продемонстрований користувачу в реальному часі. Система повинна забезпечити безперервне захоплення відео з камери та миттєве оброблення з використанням алгоритмів об'єктної детекції та класифікації емоційного стану;

б) обробка відеопотоку має відбуватись бажано без затримок у демонстрації результуючого відеопотоку користувачу, але якщо затримки уникнути не можливо, то із затримкою не більше ніж 1–2 кадри;

в) на екран повинна виводитись інформація у зручному вигляді: рамка навколо тварини, підпис емоційного стану, до цього індикатор впевненості, аби дати користувачу можливість оцінити точність зробленого моделю передбачення емоційного стану. Оскільки чим вища точність тим вища ймовірність правильності визначення, це є важливою інформацією для користувача. Спираючись на аналіз

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

існуючих рішень у першому розділі можна зробити висновок, що практично всі існуючі на даний момент рішення для системи віддаленого спостереження за домашніми тваринами забезпечені функцією відео трансляції, забезпечення коректного функціонування розпізнавання з відеопотоку може створити прецедент для створення можливої для інтеграції системи, що могла б бути використана уже існуючими на ринку рішеннями;

г) система мусить мати можливість визначення відносної відстані від камери до об'єкту: для створення можливості для подальшого автоматичного керування роботою системою розпізнавання. Для покращення спостереження за та взаємодії з домашньою твариною, яка є об'єктом спостереження, важливо знати не лише її місцезнаходження на зображенні, а й можливу відстань до неї. Це важливо з таких причин :

1) ця інформація дозволяє інтелектуально керувати поворотами та нахилами камери та відповідно координувати рухи мобільного робота у просторі, аналізувати зміни поведінки домашньої тварини у просторі, наприклад, швидке наближення як ознаку інтересу чи грайливості, або виявляти небезпечні ситуації, коли тварина перебуває дуже близько до об'єктива камери на мобільному роботі або рухається агресивно;

2) можливість визначити розташування тварини відносно камери, створює можливості для подальшого створення системи, що дозволить знаходити тварину та слідувати за неї для отримання найкращого ракурсу для підвищення точності визначення емоційного стану;

3) деякі з розглянутих раніше існуючих рішень уже мали таку функцію, що дозволяло їм створювати більш сфокусовані відеозйомка та більш ефективно використовувати ресурси системи. Для цього були використані моделі що локалізують та ідентифікують тварин і людей, але без функцій аналізу їх емоційного стану;

д) для збільшення кількості різних можливостей використання моделі, система має надати можливість користувачу завантажити вже існуючий файл, провести аналіз відеофайлу та отримати результат декції на екран. Система має

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяти користувачам аналізувати відео, зняте раніше. Це важливо у випадках, коли:

1) тварина залишалась вдома сама і була під наглядом відеореєстратора без інтегрованих функцій для розпізнавання емоцій. Це також надасть можливість використовувати систему, за необхідності, як додаток до однієї з вищеперечислених роботизованих систем нагляду за домашніми тваринами, аналізуючи відео, що були зняті без прямої інтеграції системи з камерою;

2) для оцінки змін у поведінці тварини упродовж дня або тижня;

3) а також для демонстрації відео ветеринарам або фахівцям із поведінки тварин;

е) система має мати змогу надати користувачу можливість віддаленого керування та завантаження відеофайлу з іншого пристрою підключеного до однієї локальної WiFi мережі з основним комп'ютером або сервером при підключенні до веб-сторінки локального серверу, це значно підвищить зручність використання оскільки користувачеві не потрібно буде переміщувати файл між пристроями. Іншими перевагами такої функції буде те, що користувач зможе, наприклад,

1) створити відео на телефоні і одразу надіслати його на обробку, і хоча система не забезпечує прямої відеотрансляції як роблять мобільні роботи та камери, що були розглянуті у роботі раніше, звіт що система створює після завершення обробки, тим не менше дозволить користувачу отримати інформацію про класи, що були визначені системою під час відеоаналізу завантаженого відео-файлу;

2) до тогож це забезпечить підтримку багатьох різних пристроїв (ноутбук, планшет, мобільний телефон), якщо вони мають підключення до інтернету та відеосховище;

е) у користувачів системи має бути можливість отримувати повідомлення про детекцію з камери поза межами локальної мережі через загальну мережу Інтернет, дозволяючи отримувати інформацію про самопочуття тварини на будь-якій відстані від системи розпізнавання, лише за умови, що і система і користувач є підключеними до мережі інтернет.

1) якщо на момент відправлення системою повідомлення, користувач є від'єднаним від мережі інтернет, то використання зовнішньої платформи має надати користувачу можливість отримати та прочитати повідомлення в момент підключення.

2) сповіщення мають надходити на мобільний застосунок (через push-повідомлення), що дозволить отримувати оповіщення про емоційний стан тварини як можна швидше та без обмежень через відстань;

2.2 Нефункціональні вимоги до системи

Нефункціональні вимоги відповідають за якість реалізації функціоналу, тобто наскільки зручно, швидко, безпечно та надійно працює система. Їх дотримання забезпечує позитивний досвід користування навіть при складних або нестабільних умовах експлуатації наприклад, слабка мережа, повільний комп'ютер, обмежений обсяг відео пам'яті тощо.

Система має відповідати таким нефункціональним вимогам:

а) швидкість : Система повинна миттєво реагувати на вхідні дані з камери або файлу та обробляти їх без відчутних затримок та працювати з відео в реальному часі та з відеофайлом без помітних для користувача затримок при відіграванні результуючого відео з результатами детекції. Ця вимога є однією з найважливіших вимог для цієї системи оскільки аналіз зображень проводиться в реальному часі, сильні затримки при проведенні відеодетекції створюють ризики пропустити деякі кадри з відео а отже і важливу інформацію. Така система не буде виконувати свою основну задачу постійного відеоспостереження та відео аналізу, а тому не матиме значної користі, на відміну від системи здатної на швидкий аналіз. Як було сказано раніше, під час аналізу та порівняння існуючих на сьогодні та сучасних моделей, модель YOLO створена для отримання максимального балансу між швидкістю та точністю відео аналізу;

б) точність: система має мати високу точність детекції емоційного стану домашніх собак на відео та проводити коректну класифікацію їх емоційного стану.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Як було вже сказано раніше , модель YOLO створена для отримання максимального балансу між швидкістю та точністю відео аналізу, тому може дозволити досягти виконання обох цих умов одночасно;

в) зручність у використанні : система має мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для забезпечення найбільш ефективної взаємодії системи з користувачем. Інтерфейс системи має бути адаптивним, чистим і зрозумілим навіть для користувачів без технічного досвіду;

1) користувач повинен мати змогу легко перемикатись між сторінками мікро сервісу, завантажувати файли та отримувати інтуїтивно зрозумілі результати відео аналізу;

2) для створення умов що забезпечують можливість використання моделі не тільки з комп'ютеру а й з мобільних пристроїв інтерфейс локального мікро серверу має бути відповідно масштабованим. Кнопки мають бути доволі великими для забезпечення зручності та комфорту у використанні користувачем системи не залежно від розмірів екрану пристрою;

3) користувач має бути здатний просто перемикатися між веб - сторінками умовного сайту, що створюється системою без необхідності використання способу переміщення до необхідної частини сайту при веденні адреси до URL строки;

4) доступність з браузера в локальній мережі: забезпечення доступу до системи іншим пристроям в локальній мережі значно спрощую використання системи користувачем, дозволяє завантажувати відеофайли з різних пристроїв та віддалено вмикати камеру;

Висновок до розділу 2

В цьому розділі, на основі огляду функціональних можливостей в представлених раніше існуючих рішеннях та аналізі бажаного функціоналу для забезпечення виконання функцій системи, було проведено аналіз та перераховано функціональні та нефункціональні вимоги до системи для оптимальної взаємодії

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

користувача з нею та досягнення базових цілей проекту створення візуального спостереження за домашніми тваринами за допомогою мобільного робота. Серед них було визначено як основні функціональні вимоги для системи, такі вимоги, як забезпечення можливості розпізнавання емоційного стану як з камери, так і з файлу, а також визначення відносної відстані від камери до об'єкту визначення, що в цьому випадку є домашньою твариною, та відносного розташування у просторі відносно камери спостереження або камери на автономному пристрої для створення можливості подальшого автономного керування маршрутом робота системою визначення.

Нефункціональними вимогами до системи було визначено швидкість та точність визначення та зручність та доступність у використанні користувачем.

Проведений аналіз для визначення функціональних та нефункціональних вимог для системи надає орієнтири для подальшого розвитку і розробки проекту і диктуватиме процес створення подальшої ІС на основі ІІІ.

Більш схематичне представлення функцій було зображено на Діаграмі варіантів використання системи, що представлена на кресленику ІК11.250БАК.006 Д1, де схематично та умовно було представлено функціонал та можливості його використання системи візуального спостереження за домашніми тваринами різними агентами, як, наприклад, самим користувачем, за допомогою створеного інтерфейсу та мобільним роботом.

3 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ

3.1 Вибір технологій

3.1.1 Використання YOLOv11 моделі

Ключова перевага моделі об'єктної детекції YOLOv11 полягає в її вдосконаленій архітектурі, яка полегшує виявлення тонких деталей і складних елементів у зображеннях. Згідно із інформацією наданою в статті YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements [16] YOLOv11 представляє кілька помітних покращень, порівняно з попередніми версіями,:

Підвищена точність зі зниженою складністю: варіант YOLOv11m досягає вищих середніх показників середньої точності (mAP) на наборі даних COCO, використовуючи на 22% менше параметрів, ніж аналог YOLOv8m, демонструючи покращену обчислювальну ефективність без шкоди для точності.

Універсальність завдань CV (комп'ютерного зору): YOLOv11 демонструє майстерність у різноманітних програмах CV, включаючи оцінку пози, розпізнавання об'єктів, класифікацію зображень, сегментацію екземплярів і виявлення орієнтованої обмежувальної рамки.

Система оптимізована для виконання вимог на швидкість і продуктивність. Завдяки вдосконаленим архітектурним дизайном і спрощеним конвеєрам навчання YOLOv11 досягає вищої швидкості обробки, зберігаючи баланс між точністю та обчислювальною ефективністю.

Оптимізований підрахунок параметрів мережі дозволяє зменшення параметрів, що сприяє швидшій продуктивності моделі майже не впливаючи на загальну точність YOLOv11.

Стаття також надає графік для порівняння YOLOv11 (рис. 3.1) з попередніми моделями й YOLO для більш наочної демонстрації вищих показників ефективності моделі для задач об'єктного визначення та класифікації.

На горизонтальному векторі графіку лежить шкала швидкості або часу необхідного моделі для обробки одного зображення, вертикальна шкала

відображає точність визначення, правильність класифікації та точність локалізації границь об'єкту.

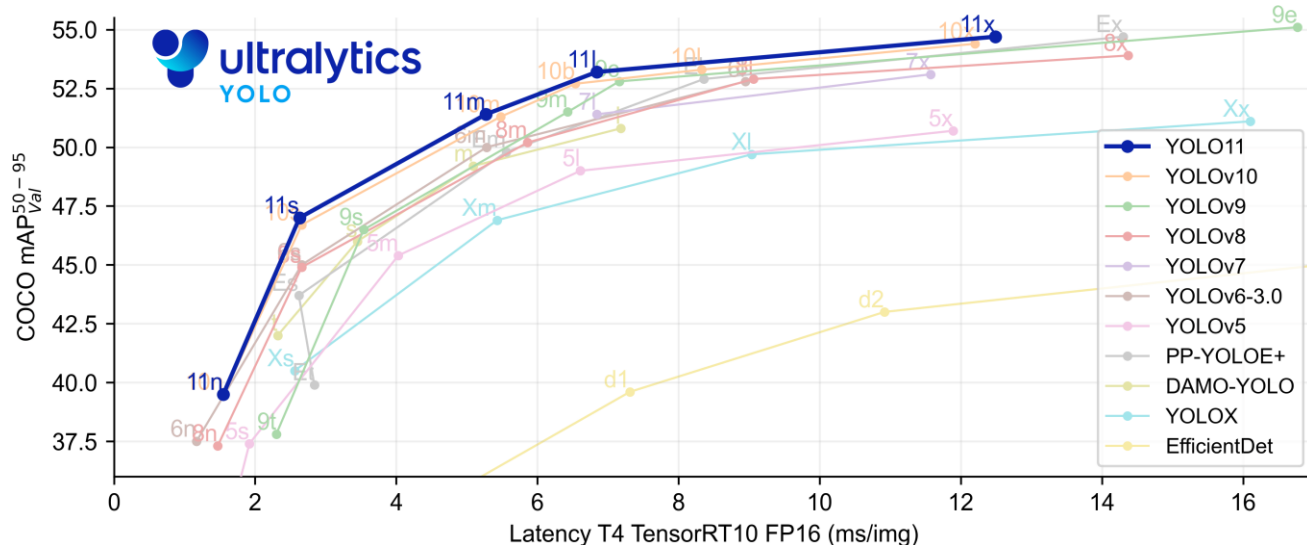


Рисунок 3.1 – Порівняння YOLOv11 з попередніми моделями

Так як система буде аналізувати відеопотік в реальному часі було обрано варіант YOLOv11s, що пріоритизує швидкість та помірне використання ресурсів, це дозволить створити систему у відповідності з встановленими вимогами.

3.1.1.1 Використання Roboflow для вибору датасетів

Веб платформа Roboflow надає широкий вибір інструментів та можливостей для створення та тренування програм комп'ютерного зору, в тому числі і широкий вибір дата сетів для тренування моделей Yolo, що були створені іншими користувачами та надані у вільний доступ. Для тренування моделі комп'ютерного для розпізнавання емоційного стану собак було використано три дата сети з цього веб-сайту, а саме: Kaagle Dog Emotion Computer Vision Project від Dogemotiondataset; Dog emotion Computer Vision Project від Dog emotion; emotions Computer Vision Project від TVAR.

Кожен з цих дата сетів має чотири класи у чітко визначеному порядку : angry,

happy, relaxed, sad. Ця уніформність класів дозволяє використовувати всі три дані для тренування моделі, що значно підвищує шанси створення моделі з високою точністю визначення за рахунок збільшення кількості тренувальних даних. На рисунку 3.2 можна бачити фрагмент даної набору, що був використаний для тренування. Тренувальні дані містять зображення собак в різних ракурсах та різних порід.

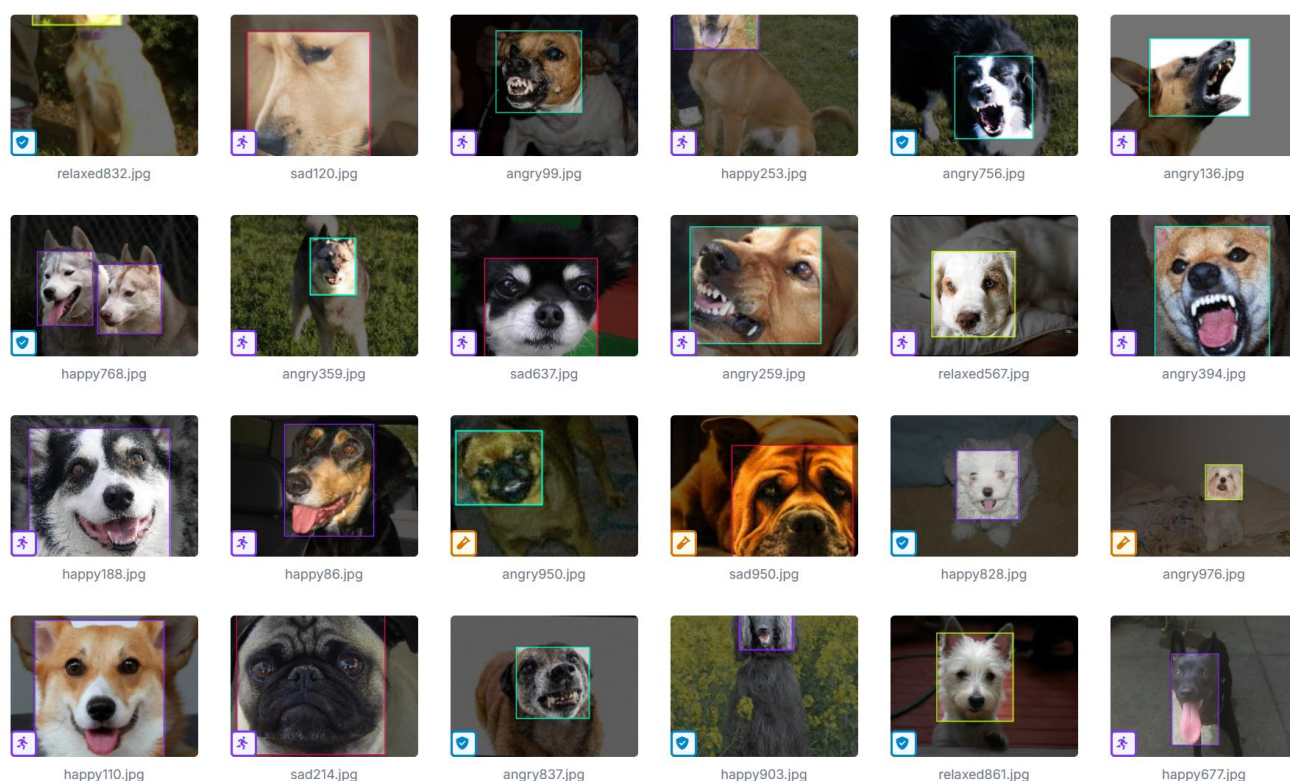


Рисунок 3.2 – Фрагмент датасету

3.1.1.2 Використання Google Colab для тренування

Хмарне середовище Google Colaboratory скорочено як Google Colab, — це хмарне середовище, на базі середовища виконання для програмної мови python, Jupyter Notebook, яке не потрібно встановлювати налаштовувати, можна користуватися прямо з браузера будь-якого пристрою. Ще однією значною перевагою цього середовища є можливість автономного запуску окремих частин коду за умови наявності у пам'яті процесу, що надається на серверах Google та є

більш ніж достатньою для виконання поставленої задачі, необхідних параметрів. Цей потужний інструмент особливо популярний для машинного навчання через доступ до обчислювальних ресурсів, включаючи GPU і TPU, які мають велике значення для інтенсивних обчислювальних завдань, наприклад навчання моделей глибокого навчання YOLO.

3.1.1.3 Зчитування та відображення відео з OpenCV

Бібліотека OpenCV (англ. Open Source Computer Vision Library) — це бібліотека функцій та алгоритмів для виконання завдань комп'ютерного зору, обробки зображень і інших алгоритмів з відкритим кодом.

Бібліотека надає засоби для обробки і аналізу вмісту зображень, у тому числі розпізнавання об'єктів на фотографіях (наприклад, осіб і фігур людей, тексту тощо), відстежування руху об'єктів, перетворення зображень, застосування методів машинного навчання і виявлення загальних елементів на різних зображеннях [17].

3.1.2 Використання Flask для локального серверу

Фреймворк Flask — це мікро фреймворк для веб додатків, створений з використанням мови програмування Python.

Flask називають мікро фреймворком, оскільки він не вимагає спеціальних засобів чи бібліотек. Основний набір функціоналу Flask мінімальний, але має підтримку різних розширень, які надають додаткові властивості та інтегруються в основний функціонал, роблячи цей фреймворк гнучким та здатним до масштабування. Існують розширення для встановлення об'єктно-реляційних зв'язків, перевірки форм, контролю процесу завантаження, підтримки різноманітних відкритих технологій аутентифікації та декількох поширених засобів для фреймворку [18]. Безпосередньо була використана бібліотека Socket IO для забезпечення асинхронного зв'язку між клієнтом та сервером та обміну даними без потреби перезавантаження сторінки.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.3 Мобільний додаток на Android

Програмне забезпечення Android Studio — це інтегроване середовище розробки (IDE) для створення застосунків Android. Для пришвидшення та спрощення процесу розробки застосунків надана колекція типових елементів інтерфейсу і редактор для їхнього компоновання, що надає зручний попередній перегляд інтерфейсу застосунку в розробці. Програмне забезпечення Android Studio має вбудований функціонал, що дозволяє інтегрувати функції повідомлень через інтернет використовуючи платформу Firebase.

Інтернет платформа Firebase — це комплексна платформа для розробки мобільних і веб-додатків, від компанії Google. Одним з багатьох запропонованих сервісів є сервіс Firebase Cloud Messaging (FCM), який надає можливість створення функціоналу для надсилання та отримання push-сповіщень для додатків на різних платформах, в тому числі і Android. Сервіс FCM просто налаштувати та підключити, та має високу швидкість та надійність доставки сповіщень та дозволяє швидко відкрити додаток при натисканні на повідомлення.

3.2 Розробка архітектури системи

Використовуючи технології, програмні забезпечення та веб-платформи описані у попередньому підрозділі було створено систему з наступною архітектурою. Створена система розділена на дві основні частини, а саме частину, яка демонструється користувачу та за допомогою якої користувач може взаємодіяти з моделлю, що виконує основний функціонал системи, та на серверну частину, яка, отримавши відповідні сигнали від користувача, виконує необхідні операції для отримання інформації з моделі ІІІ та перетворення її у зручний для користувача вигляд. На кресленику ІК11.025БАК.006 Д4 зображено детальну схему архітектури системи, що створюється в цьому проекті. На ньому можна бачити, що інтерфейс користувача містить три основні частини: веб-сторінка, CV2 вікно та отримання push notifications на мобільний додаток.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

З веб-сторінки користувач запускає відповідні частини програми на серверній частині, сервер запущений за допомогою фреймворку Flask, що був описаний у попередньому підрозділі, він же отримує відеофайл від користувача або з камери пристрою. Бібліотека CV2 мови програмування python, розділяє відео потік на кадри та поступово передає ці кадри для обробки моделлю YOLOv11, після чого отримує необхідну інформацію з результатів виконання аналізу та оброблює її для демонстрації користувачу у спливаючому вікні, що також створюється бібліотекою.

По кадровий аналіз відео потоку дозволяє краще відстежувати отримувану інформацію та надає можливість створювати додаткові функції. Наприклад, система має функцію, що, за допомогою веб-платформи Firebase, надсилає користувачу повідомлення, якщо клас sad було визначено. Також є функція, що використовуючи інформацію про місцезнаходження рамки об'єкту на кадрі визначає приблизне розташування об'єкту у просторі та демонструє користувачу пропонування поворот камери чи рух робота.

3.3 Розробка програмної симуляції

3.3.1 Опис програмної реалізації

Для ініціалізації системи, як описано в кресленику ІК11.025БАК.006 Д1 необхідно створити сам сервер, підключити бібліотеку для динамічної зміни повідомлень на користувацькому інтерфейсі та завантажити ваги натренованої моделі. Аналіз зображення виконується тією ж програмою, що і відправка повідомлень, тому, для забезпечення їх одночасності, необхідно використовувати технологію багато поточності, це та ініціалізацію системи можна бачити на рисунку 3.3.

Після цього відбувається зчитування кадрів вхідного відео, як можна бачити на рисунку 3.4, система зчитує кадр за кадром та надає їх на аналіз моделі отримуючи результат. На рисунку 3.5 можна бачити, як з отриманих результатів програма отримує координати обмежувальної рамки та клас об'єкту визначення.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

```

app = Flask(__name__)

socketio = SocketIO(app,
                    cors_allowed_origins="*",
                    async_mode='threading',
                    logger=True,
                    engineio_logger=True)

model = YOLO('new\\best.pt')

```

Рисунок 3.3 – Фрагмент коду

```

cap = cv2.VideoCapture(0)

try:
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            break

        results = model.predict(frame, conf=0.45)

```

Рисунок 3.4 – Фрагмент коду

```

if results and results[0].boxes:
    for box in results[0].boxes:
        x1, y1, x2, y2 = map(int, box.xyxy[0]) # x1 left and x2 right || y1, y2 top and bottom

```

Рисунок 3.5 – Фрагмент коду

Після отримання координат рамки система порівнює їх зі значеннями розміру вікна або кадру відео, визначає відносне значення відстані та розташування, записує результат у текстове поле та відправляє на веб-сторінку (рис. 3.6), для подальшого можливого використання роботом для отримання інформації про можливе подальше переміщення, як видно на кресленику ІК11.025БАК.006 Д1.

```

# This sends it to the browser
# Emitting the status through SocketIO
socketio.emit('status', {
    'message': distance_status,
    'message2': position,
    'message3': position2,
    'timestamp': time.time()
}, namespace='/')

```

Рисунок 3.6 – Фрагмент коду

Отримавши повідомлення програма надає текстовий опис отриманих повідомлень (рис. 3.7) та змінює інтерфейс користувача для кращої візуалізації, як наприклад зміна кольору текстового поля на червоний при близькій відстані, як показано на рисунку 3.8 та зміна символу стрілки, як показано на рисунку 3.9.

```
socket.on('status', data => {
  console.log('Received status:', data);
  const statusElement = document.getElementById('status');
  statusElement.textContent = `Distance status: ${data.message} ||| Position status: ${data.message2} - ${data.message3}`;
```

Рисунок 3.7 – Фрагмент коду

```
if (data.message.toLowerCase().includes('close')) {
  statusElement.style.backgroundColor = '#ffcccc';
```

Рисунок 3.8 – Фрагмент коду

```
if (vertDir.includes('top') && horizDir.includes('right')) {
  moveElement.textContent = ' ↗ '; // NE arrow
```

Рисунок 3.9 – Фрагмент коду

Для отримання класу настрою домашньої тварини з результатів аналізу система використовує код представлений на рисунку 3.10.

```
# Checking for the target class in the detected objects
detected = False
if results and results[0].boxes:
    for box in results[0].boxes:
        class_id = model.names[int(box.cls[0])]
        if class_id == TARGET_CLASS:
            detected = True
            break
```

Рисунок 3.10 – Фрагмент коду

Отримавши інформацію про визначення шуканого класу система відправляє повідомлення на мобільний пристрій користувача. Процес створення android програми, що дозволяє підключення пристрою до системи складався в більшості з підключення програмного забезпечення Android Studio до веб сервісу Firebase та вставлення в шаблонний код додатку декілька додаткових фрагментів коду з сайту,

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

тому код мобільного додатку не буде представлено. Для надсилання повідомлення використовується код наведений нижче, на рисунку 3.11, як можна бачити код адаптований під можливу зміну шуканого класу в системі, за замовчуванням встановлено клас `sad` як цільовий.

```

if detected and not notification_sent:
    detection_count += 1
    print(f"{TARGET_CLASS} detected {detection_count} times.")
    if detection_count >= DETECTION_THRESHOLD:
        sendPushSingleDevice(
            f"Detection Alert!",
            f"A {TARGET_CLASS} dog has been detected!",
            device_token
        )
        notification_sent = True
        last_notification_time = current_time
        detection_count = 0 # Reseting the detection count after

```

Рисунок 3.11 – Фрагмент коду

Після завершення додаткового аналізу отриманих координат, створюється рамка визначення та вікно, що демонструє результат відео аналізу користувачу.

```

# Visualizing results
annotated_frame = results[0].plot()
cv2.imshow('Live Camera Detection', annotated_frame)

```

Рисунок 3.12 – Фрагмент коду

Програмна реалізація, що проводить аналіз з відеофайлу не сильно відрізняється від коду необхідного для проведення аналізу відео з камери. Основними відмінностями є відсутність детального аналізу координат та функціонал що дозволяє завантажувати файли в систему отримані від користувача.

На рисунку 3.13 продемонстровано для завантаження файлу з пам'яті сеансу в пам'ять пристрою на якому виконується програма серверу. Після чого директорія у яку записано відеофайл передається на обробку моделі. Процес аналізу відеофайлів аналогічний до процесу аналізу з відео потоку. На рисунку 3.14 можна бачити код, що створює інтерфейс для завантаження відео у систему користувачем.

```

@app.route('/video', methods=['GET', 'POST'])
def video_processor():
    if request.method == 'GET':
        return render_template_string(UPLOAD_HTML)

    if 'video' not in request.files:
        return "No file part", 400

    file = request.files['video']
    if file.filename == '':
        return "No selected file", 400

    video_path = os.path.join(app.config['UPLOAD_FOLDER'], file.filename)
    file.save(video_path)

    screen_width = 1132
    screen_height = 818

    # frame by frame processing
    cap = cv2.VideoCapture(video_path)

    detections = []

```

Рисунок 3.13 – Фрагмент коду

```

</head>
<body>
    <h1>Upload Video for Object Detection</h1>
    <form method="post" enctype="multipart/form-data">
        <input id="button" type="file" name="video" accept="video/*" required >
        <button id="button" type="submit"> Process Video </button>
    </form>
</body>
</html>

```

Рисунок 3.14 – Фрагмент коду

3.3.2 Опис інтерфейсу користувача

Програми написані за допомогою мови програмування python можуть бути запуснені з терміналу. Варто лише вказати коректний шлях до файлу з кодом, або перейти до нього самостійно та відкрити термінал з відповідної директорії, як продемонстровано на рисунку 3.15.

PS C:\Users\user> python script.py

Рисунок 3.15 – Можливий варіант запуску програми мовою python

Після запуску програми підключається локальний сервіс, на основній сторінці (рис. 3.16) є дві кнопки для аналізу відео з камери та з відеозапису наданого користувачем

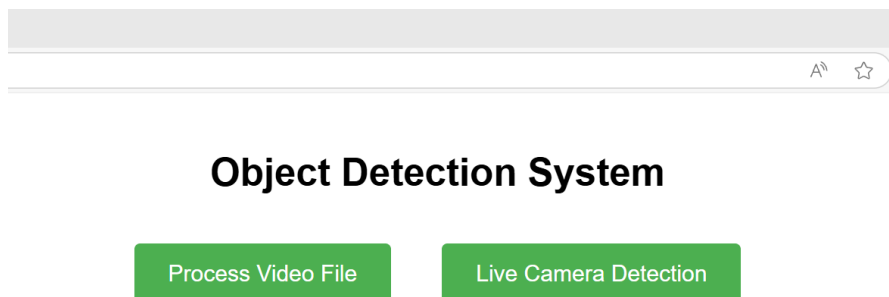


Рисунок 3.16 – Головна сторінка

Натиснувши на кнопку для відео запису користувачу необхідно лише завантажити необхідне відео з пристрою та натиснути другу кнопку для початку обробки(рис. 3.17 та рис. 3.18)

Upload Video for Object Detection



Рисунок 3.17 – Завантаження відеозапису з пристрою

Upload Video for Object Detection



Рисунок 3.18 – Відеозапис готовий до обробки

В мобільному додатку системи є кнопка (рис. 3.19) що відкриває вікно інтернет браузера та автоматично підключає до локального серверу. Сторінка дозволяє завантажити відео (рис. 3.20 та рис. 3.21) та отримати звіт з виконання аналізу відео.

При перегляді веб-сторінки локального серверу з мобільного пристрої кнопки та звіт можна збільшити чи зменшити використовуючи вбудований функціонал інтернет браузера, що був обраний користувачем на пристрої як інтернет браузер за замовчуванням. Це дозволить значно збільшити зручність використання системи користувачем без впровадження змін, що можуть вплинути на зручність використання системи користувачем з комп'ютеру.

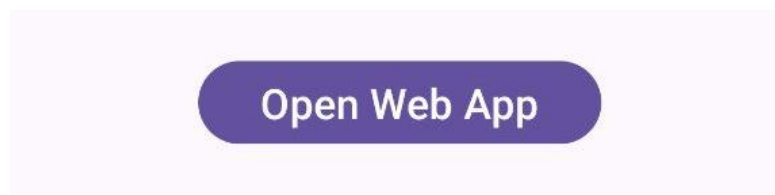


Рисунок 3.19 – Кнопка

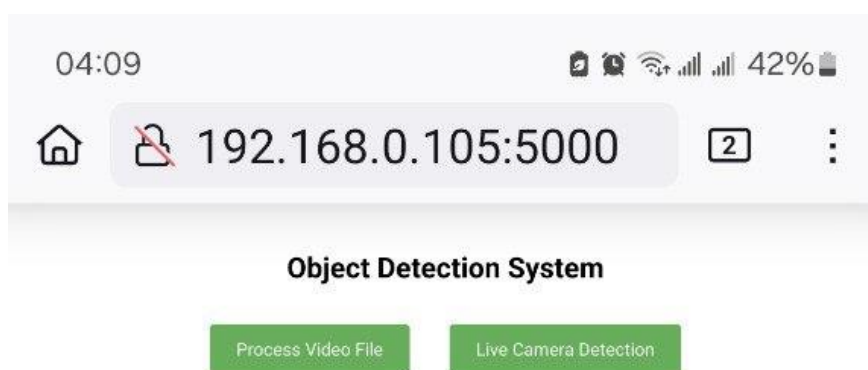


Рисунок 3.20 – Головна сторінка

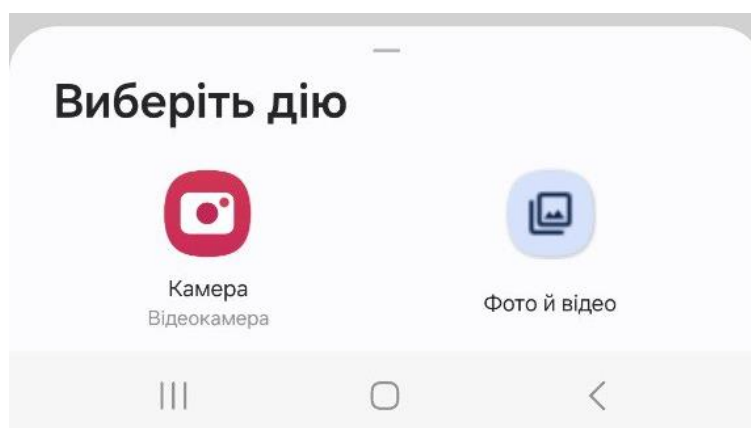


Рисунок 3.21 – Опції завантаження файлу

Веб сторінка для відображення результатів відео аналізу з камери пристрою містить два поля що змінюються під одночасно з проведенням відео аналізу. Ці два поля можна бачити на рисунку 3.22, ці поля мають сірий відтінок фону. Як можна бачити перше поле виводить на екран текстовий опис відстані та розташування, друге бажаний напрям камери для того щоб камера була спрямована на об'єкт дослідження.

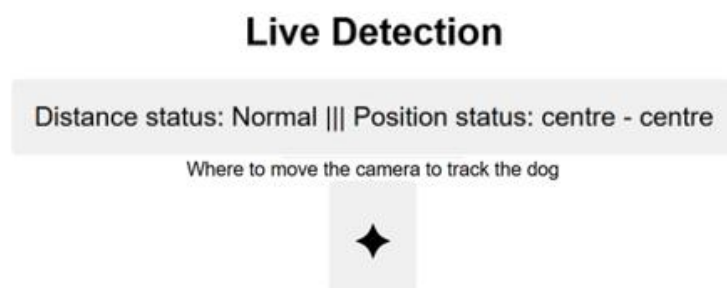


Рисунок 3.22 – Інтерфейс розпізнавання з відео камери

Висновок до розділу 3

Після проведення аналізу та перелічення функціональних та нефункціональних вимог до системи, в цьому розділі було розглянуто технології, використання яких забезпечить створення системи, що відповідає раніше сформованим вимогам. Усі технології представлені в цьому розділі є сучасними та широко використовуються у сучасному світі.

Було наведено більш детальний опис конкретної версії моделі YOLO, що було обрано для використання при створенні системи та яка дозволить зустріти вимоги на швидкість та точність класифікації об'єктів на зображенні під час аналізу відео потоку з камери пристрою, та описано технології та сервіси, що будуть використанні для тренування обраної моделі та створення системи що дозволяє користувачу користуватися створеною моделлю.

4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ

4.1 Аналіз точності моделі

Було проведено три тренування системи на трьох вищезгаданих сетах даних, два з них є основними через свій значний розмір, в ході другого тренування модель почала проявляти прояви незначного перенавчання, для вирішення цієї проблеми було прийнято провести ще одне коротке тренування на додатковому датасеті. Алгоритм за яким було здійснено тренування моделі можна побачити на кресленику ІК11.025БАК.006 ДЗ, де детально представлений алгоритм за яким було проведено тренування та аналізи їх результатів. В сумі модель було натреновано на більш ніж 5 тисячах різних фото.

Для визначення точності моделі та успішності тренувань будуть проаналізовані 6 графіків, для всіх наборів даних окрім найменшого, оскільки це тренування було проведено, лише для зменшення пере навченості спричиненого тренуванням на попередньому значно більшому наборі даних, що автоматично створюються бібліотекою Ultralytics для аналізу успішності проведеного тренування моделей YOLO. Серед цих графіків є графіки загальних результатів, матриця confusion matrix та чотири графіки кривих F1-confidence, Precision-confidence, Precision-Recall, Recall-confidence.

На рисунку 4.1 представлені графіки, що описують загальні результати першого тренування, серед них: train/box_loss, train/cls_loss, train/df_l_loss (Втрати для DFL - Distribution Focal Loss), val/box_loss, val /cls_loss, val /df_l_loss, metrics/precision(B), metrics/recall(B), metrics/mAP50(B) (mean Average Precision at IoU=0.50), metrics/mAP50-95(B) (mean Average Precision averaged over IoU thresholds from 0.50 to 0.95).

Ці показники можна умовно розділити на дві групи, функції втрат та функції кількості правильних передбачень зроблених моделлю під час тренування.

Перша група займає три стовпчики зліва, друга – два правих стовпці. Функції втрат при оптимальному результаті тренування моделі мають спадати, при цьому

якщо втрати на валідаційній вибірці, представленої на нижньому рядку групи, починають значно зростати це може свідчити про перенавчення моделі.

Розглянемо значення кожного графіку більш детально:

– графік `box_loss`, що можна перекласти з англійської як втрати при визначені обмежувальних рамок показує, наскільки добре модель навчається передбачати координати та розміри рамок (bounding boxes) навколо об'єктів на тренувальних даних. "Втрати" - це міра "помилки": чим нижчі втрати, тим краще модель прогнозує рамки.

– графік `cls_loss`, що можна перекласти з англійської як втрати при класифікації відображає, наскільки добре модель навчається класифікувати об'єкти (тобто правильно визначати, який об'єкт знаходиться всередині рамки) на тренувальних даних.

– графік `dfl_loss`, де `dfl` розшифровується як Distribution Focal Loss, та можна перекласти з англійської як Розподілена Фокусна Втрата, це більш сучасний спосіб визначення точності передбачення розташування координат що визначають рамку меж об'єкта.

– Precision (точність) це показник того, скільки з передбачених моделлю об'єктів на аналізованих зображеннях насправді були правильними.

– Recall (повнота) це показник того, скільки з реальних об'єктів на аналізованих зображеннях модель зуміла виявити.

– показник `mAP@0.50` вимірює середню точність для всіх класів, де обмежувальна рамка вважається "правильною", якщо її Intersection over Union (IoU) з істинною рамкою становить щонайменше 0.50 (50%). Цей показник є дуже поширеним аналізу моделей для виявлення об'єктів.

– схожим показником є показник `mAP50-95` (mean Average Precision averaged over IoU thresholds from 0.50 to 0.95). Це ще більш строгий та загальний показник, ніж `mAP50`. Він усереднює `mAP`, розрахований на різних порогах IoU (від 0.50 до 0.95). Вимірює не лише правильність класифікації а й точність знаходження меж об'єкту. Цей показник показує скільки визначень було правильними не тільки в класифікації а і в точній локалізації обмежувальних рамок об'єкту.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

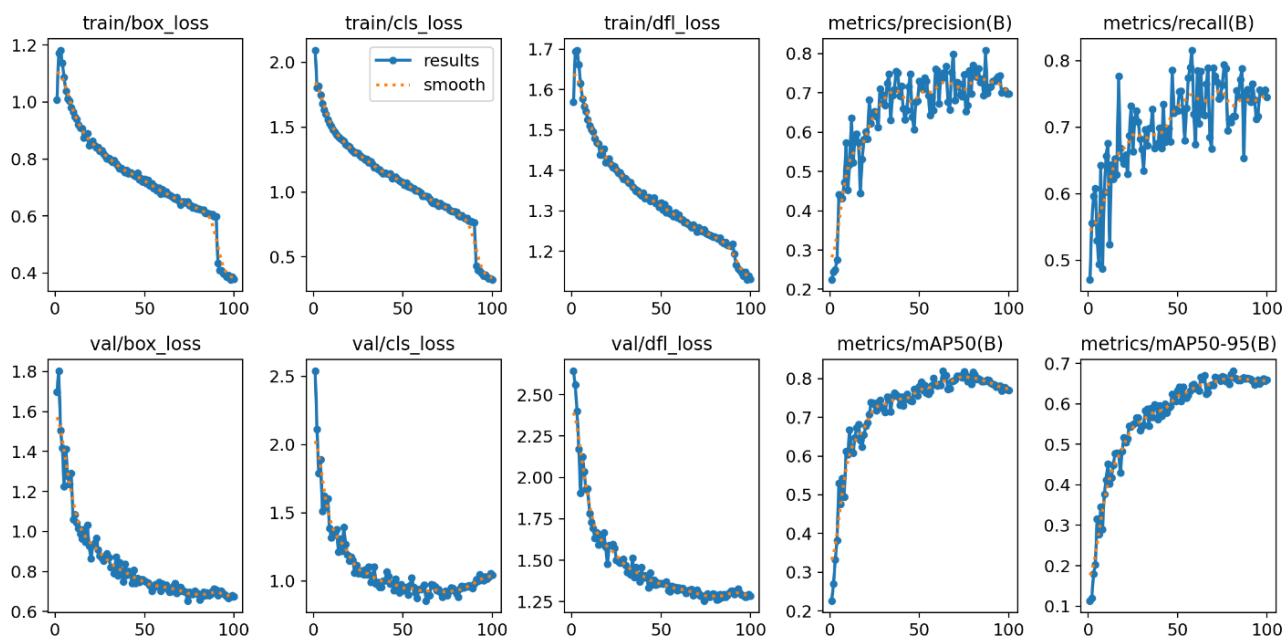


Рисунок 4.1 – Загальні результати

Аналізуючи результати можна стверджувати, що тренування було успішним та модель має високі показники, на це є наступні причини:

а) Всі втрати (loss) на тренувальних та валідаційних даних стабільно зменшуються, що вказує на ефективне навчання моделі і її здатність до конвергенції.

б) Показники Precision та Recall на тренувальних даних зростають і стабілізуються на високих рівнях, що свідчить про те, що модель добре навчається виявляти об'єкти та уникати помилок.

в) Ключові показники якості (mAP50 та mAP50-95) на валідаційних даних також зростають і стабілізуються на високих рівнях.

1) Значення `mAP50` на останніх епохах досягає значень близько 0.75-0.80 — це відмінний результат.

2) Показник `mAP50-95` показує результат близько 0.62-0.64 - це дуже сильний показник, що свідчить про високу точність локалізації об'єктів.

г) Немає явних ознак значного перенавчання. Втрати на валідаційних даних не починають стрімко зростати, а показники mAP продовжують покращуватися або, як можна бачити на останній епохах, стабілізуються, не падаючи.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Це означає, що модель добре проводить узагальнення даних всередині класу. На рис. 4.2 можна бачити матрицю confusion matrix, згідно цієї матриці негативні емоції визначаються достатньо добре та модель не плутає їх з іншими, в той час як доволі часто пропускає нейтральний вираз. Чим темнішим є віконце в матриці тим частіше функція визначає клас на горизонтальній осі як клас на вертикальній. Такий розподіл точності визначень є доволі вигідним для функціоналу системи.

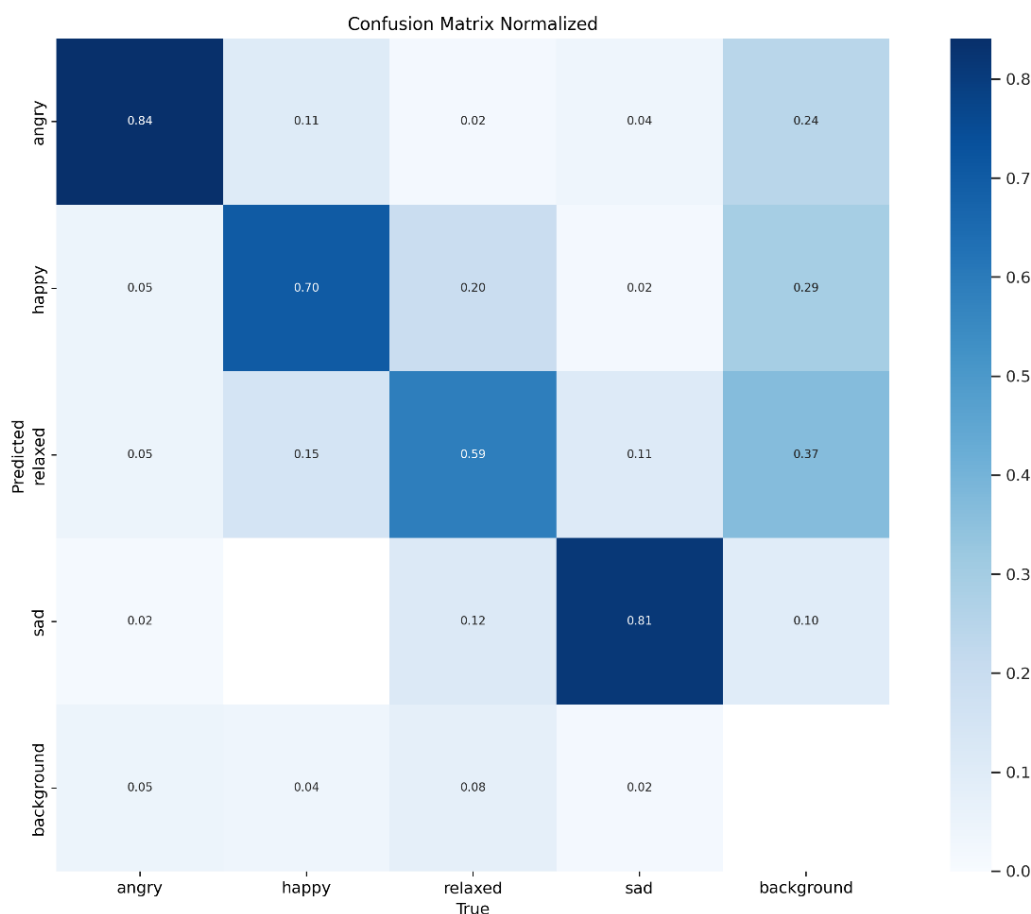


Рисунок 4.2 – Матриця confusion matrix

Далі проаналізуємо чотири, раніше названих, графіки кривих. Ці криві показують значення різних показників системи при різних значеннях впевненості:

- точність (P): Скільки з усіх випадків, які модель передбачила як позитивні, насправді є позитивними? Висока точність означає менше хибних спрацьовувань. Це значить що модель добре справляється з тим, щоб не робити помилкових позитивних прогнозів.

– повнота (R) : Скільки з фактично позитивних випадків модель знайшла та правильно ідентифікувала? Високий показник Recall означає менше помилкових спрацьовувань. Модель добре знаходить всі позитивні випадки.

– оцінка F1: Середнє гармонійне значення між точністю та повнотою.

Крива Precision-Confidence Curve (рис. 4.3) показує, як змінюється точність (Precision) моделі залежно від порогу впевненості. При підвищенні порогу впевненості, Precision зростає або залишається високим. Це тому, що модель, видає результат лише при високій впевненості у ньому, тому результат частіше є правильними.

Крива Recall-Confidence Curve (рис. 4.4) показує, як змінюється повнота (Recall) моделі залежно від порогу впевненості. При підвищенні порогу впевненості, Recall знижується, оскільки модель стає більш вибірковою, пропускаючи більше справжніх позитивних випадків, якщо модель має низьку впевненість у правильності детекції.

Крива Precision-Recall Curve (рис. 4.5) показує внутрішній компроміс між точністю та повнотою. Чим більша площа під цією кривою, тим краща робота моделі в цілому, оскільки вона може досягати високої точності та високої повноти одночасно.

Крива F1-Confidence Curve (рис. 4.6) показує, як F1-показник (баланс між точністю та повнотою) змінюється залежно від порогу впевненості, який ви встановлюєте для прогнозування моделі. Графік F1-Confidence Curve також надає пікове значення в легенді, при порозі впевненості у 0.45 можна досягнути середньої точності у 0.74%.

Аналізуючи надані графіки можна стверджувати, що модель має відносно високу точність, особливо враховуючи специфіку сфери застосування. Як можна бачити негативні емоції sad та angry мають помітно вищі результати на всіх графіках, отже графіки підтверджують різницю у точності визначення емоційного стану залежно від класу, що була раніше описана у попередньому розділі, де було до тогож приведено графік згідно точність та правильність визначення настрою собак учасниками дослідження залежала від виду емоції.

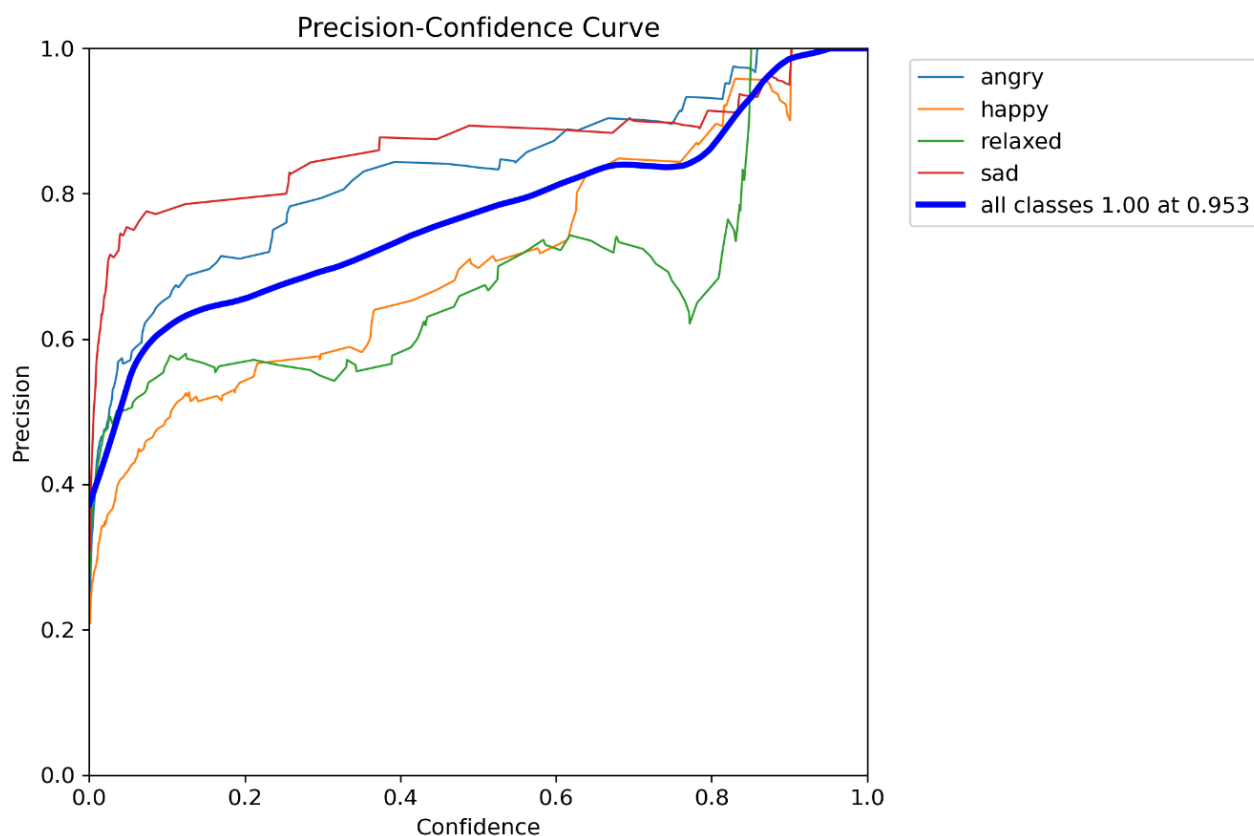


Рисунок 4.3 – Precision-Confidence Curve

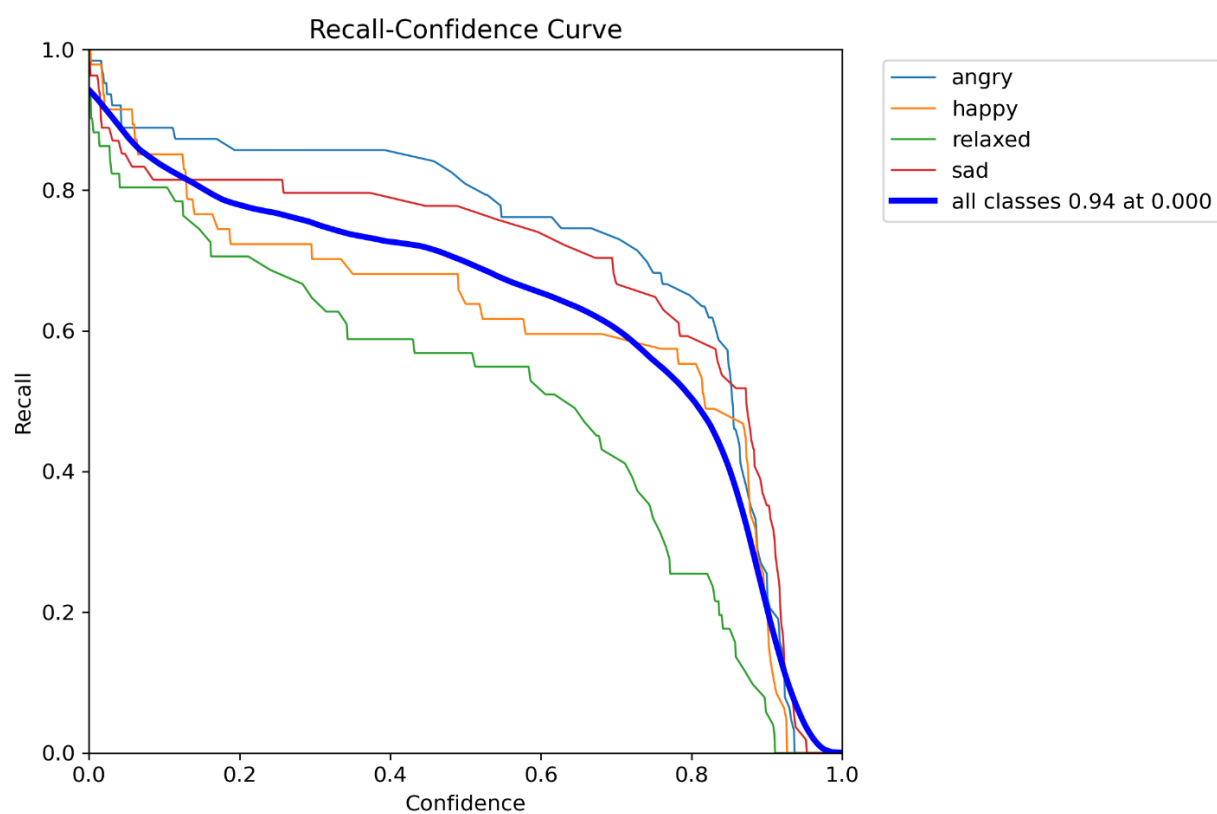


Рисунок 4.4 – Recall-Confidence Curve

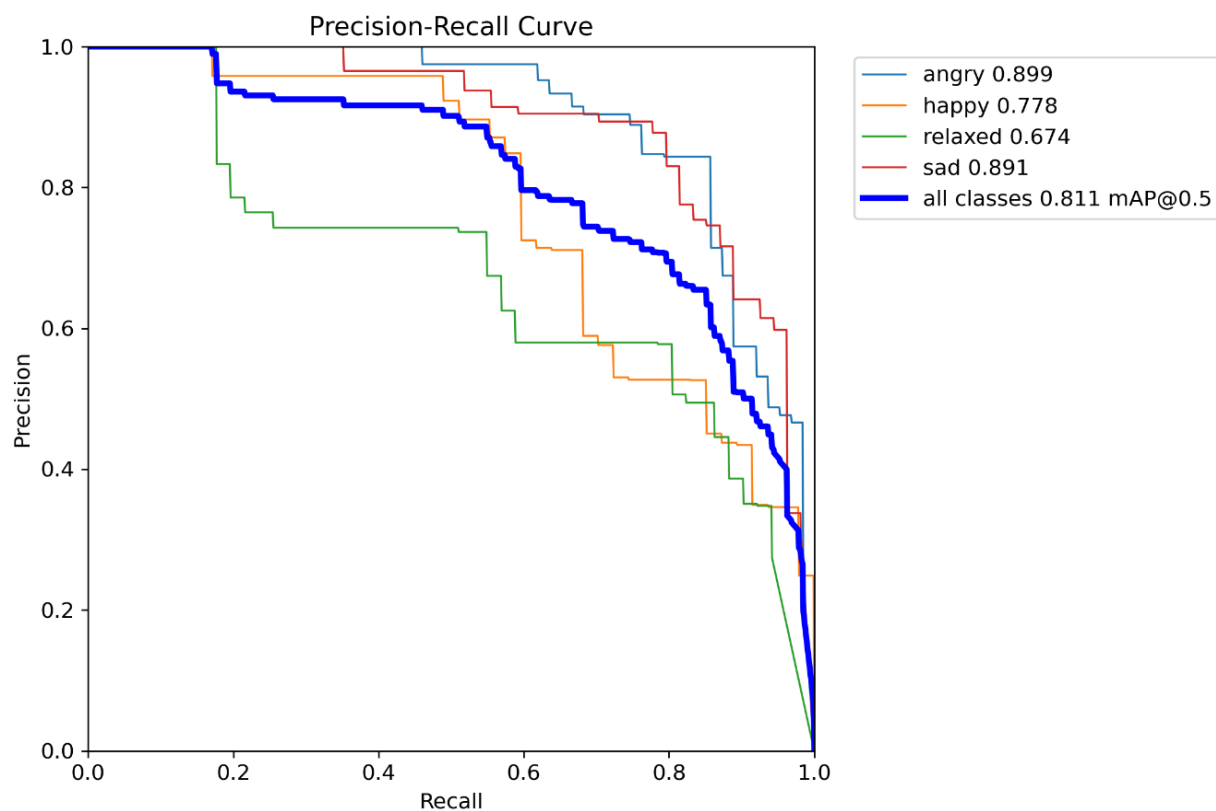


Рисунок 4.5 – Precision-Recall Curve

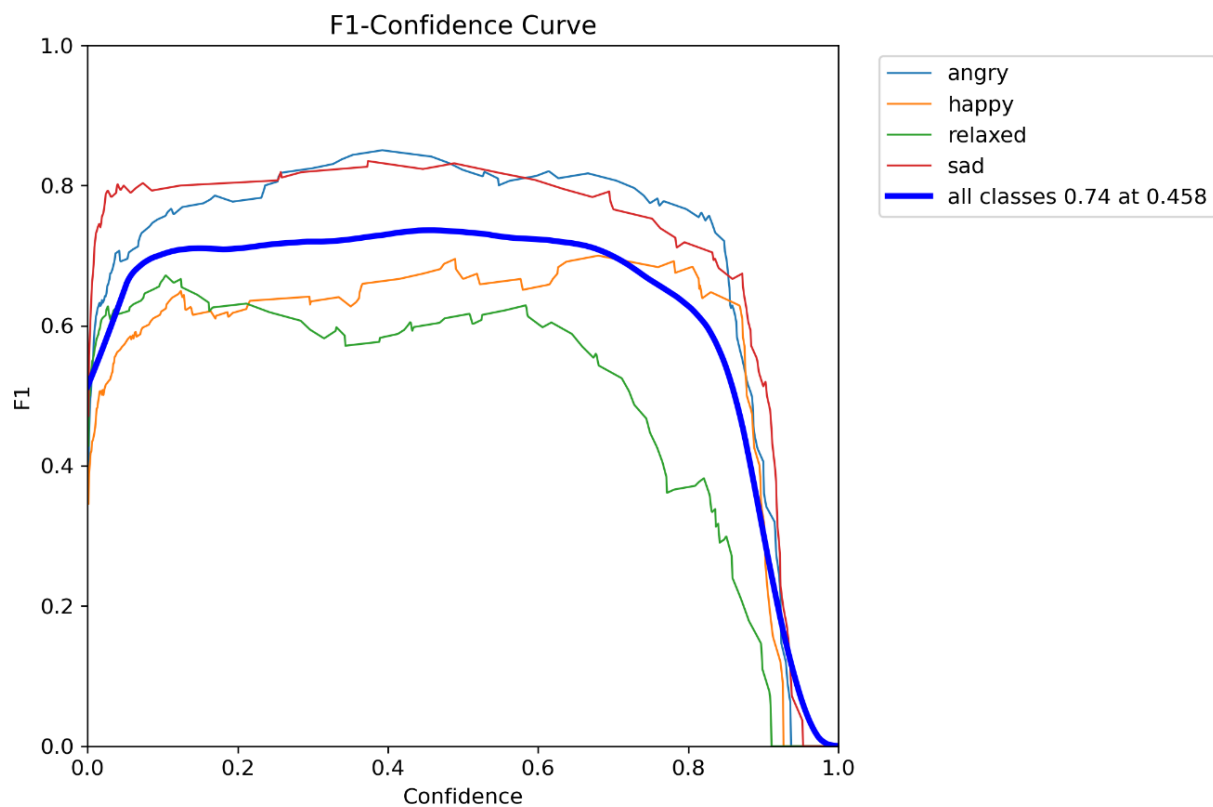


Рисунок 4.6 – F1-Confidence Curve

Для покращення результатів було проведено друге тренування. Порівнюючи загальні результати(рис. 4.7) можна побачити що результати на тренувальних даних значно кращі, але можна бачити зростання втрат на валідаційному наборі після 50 епох, це свідчить про перенавчення. Тим не менше метрики залишаються високими та навіть вищими за попередніми, що дає привід вважати, що перенавчення незначне.

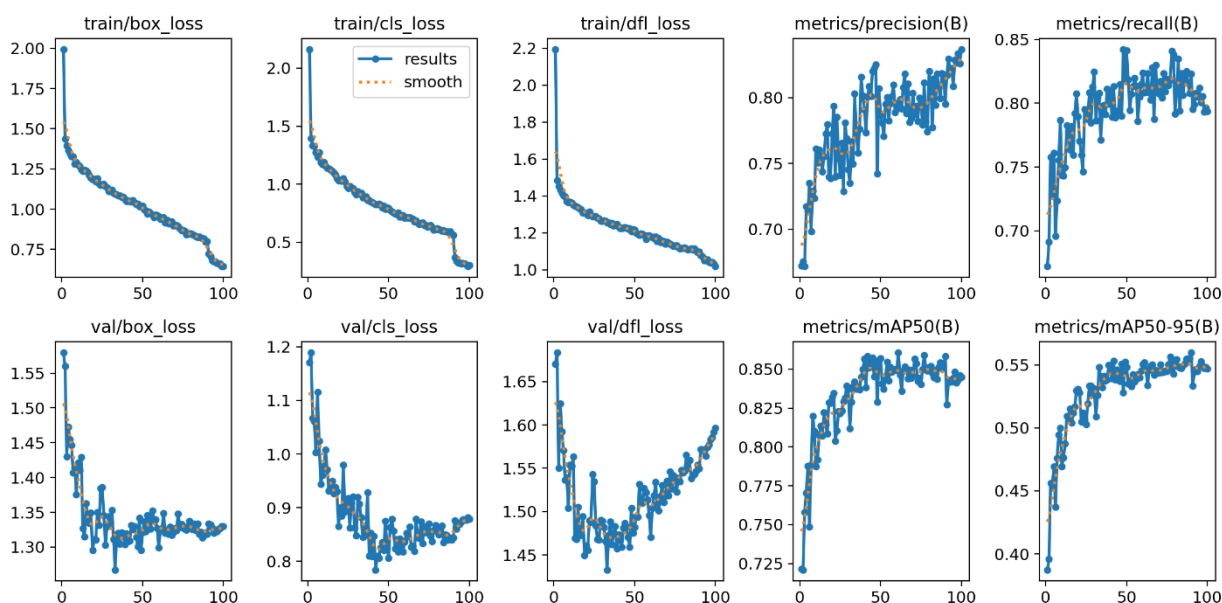


Рисунок 4.7 – Загальні результати для другого тренування

Матриця confusion matrix (рис. 5.8) також дає кращі результати, але після другого тренування можна помітити що клас sad тепер має значно гірші результати. Це має критичне значення для коректного та найбільш оптимального виконання поставленої задачі. При віддаленому візуальному спостереженні за домашніми тваринами можливість визначити негативні емоції є найбільш важливою складовою системи.

При аналізі кривих (рис. 4.9, рис. 4.10, рис. 4.11, рис. 4.12) також можна помітити значно вищі з попередніми результати. Як можна бачити з графіку функції F1-Confidence Curve, модель має високі результати та відносну стабільність, точність детекції не сильно залежить від порогу впевненості.

Для покращення результатів детекції класу sad необхідно виправити можливе перенавчення моделі.

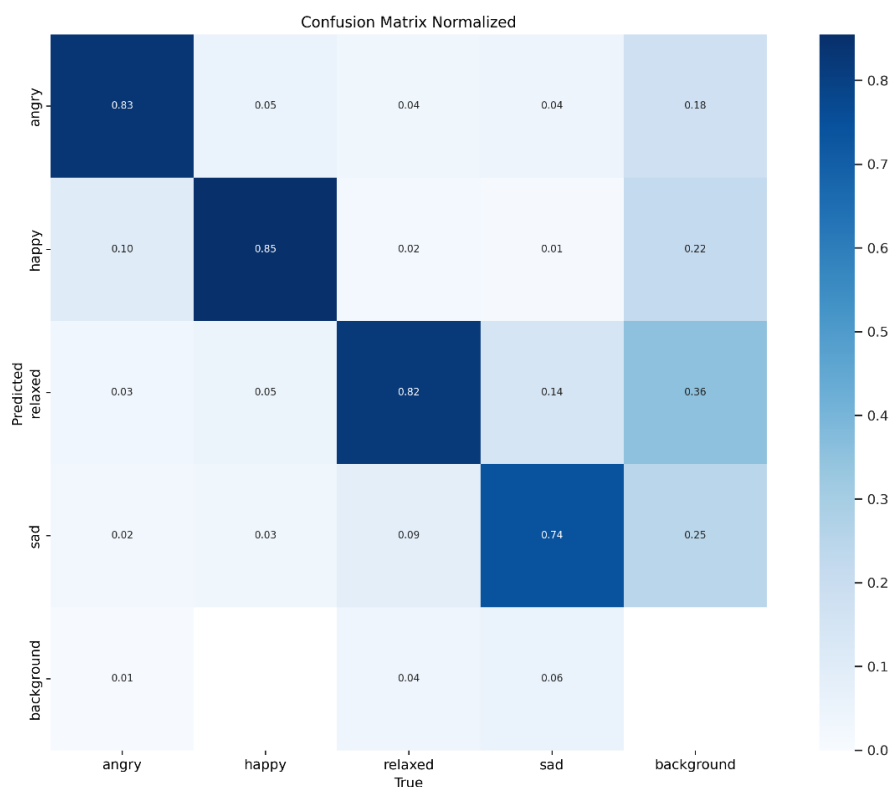


Рисунок 4.8 – Матриця confusion matrix

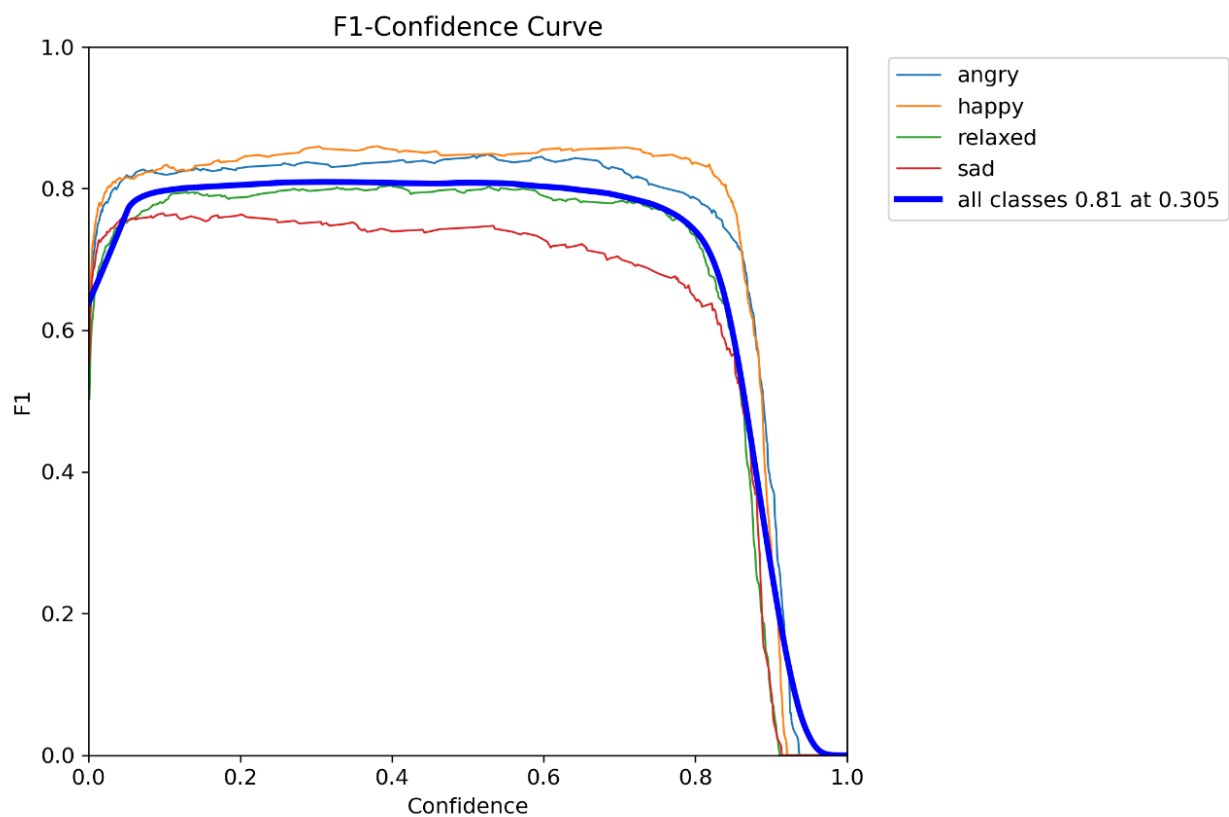


Рисунок 4.9 – F1-Confidence Curve

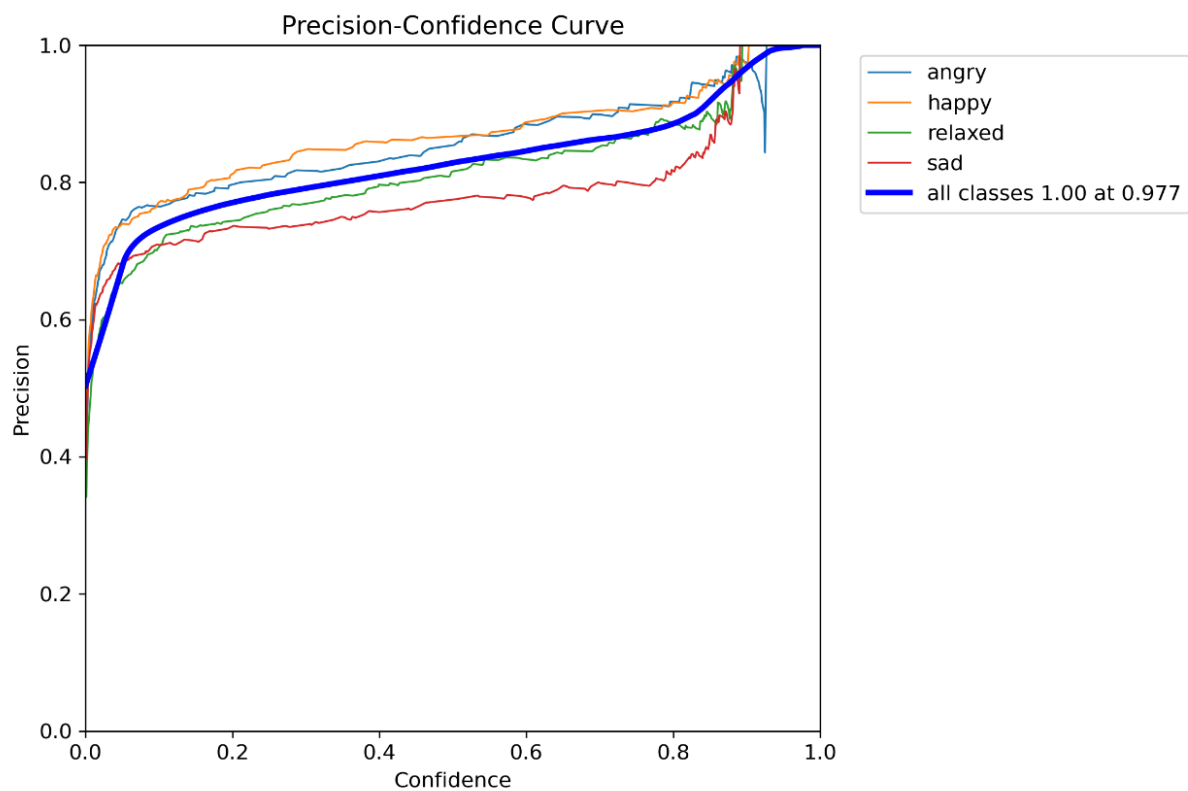


Рисунок 4.10 – Precision-Confidence Curve

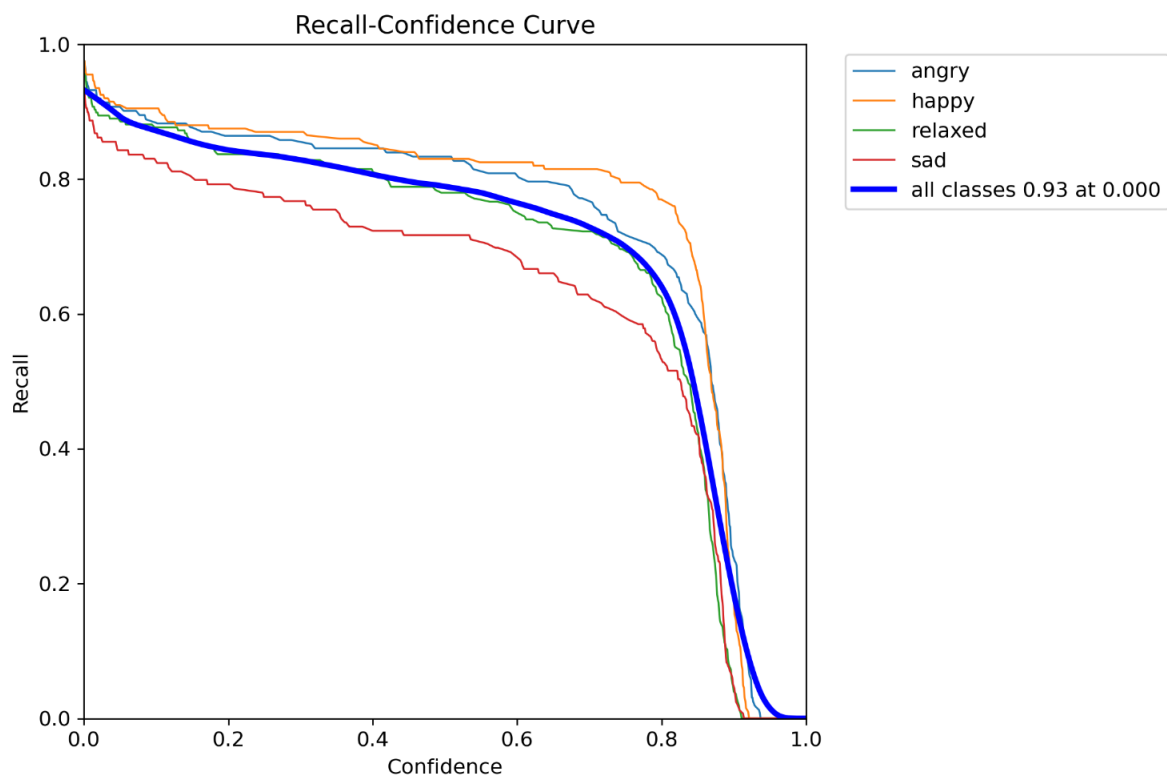


Рисунок 4.11 – Recall-Confidence Curve

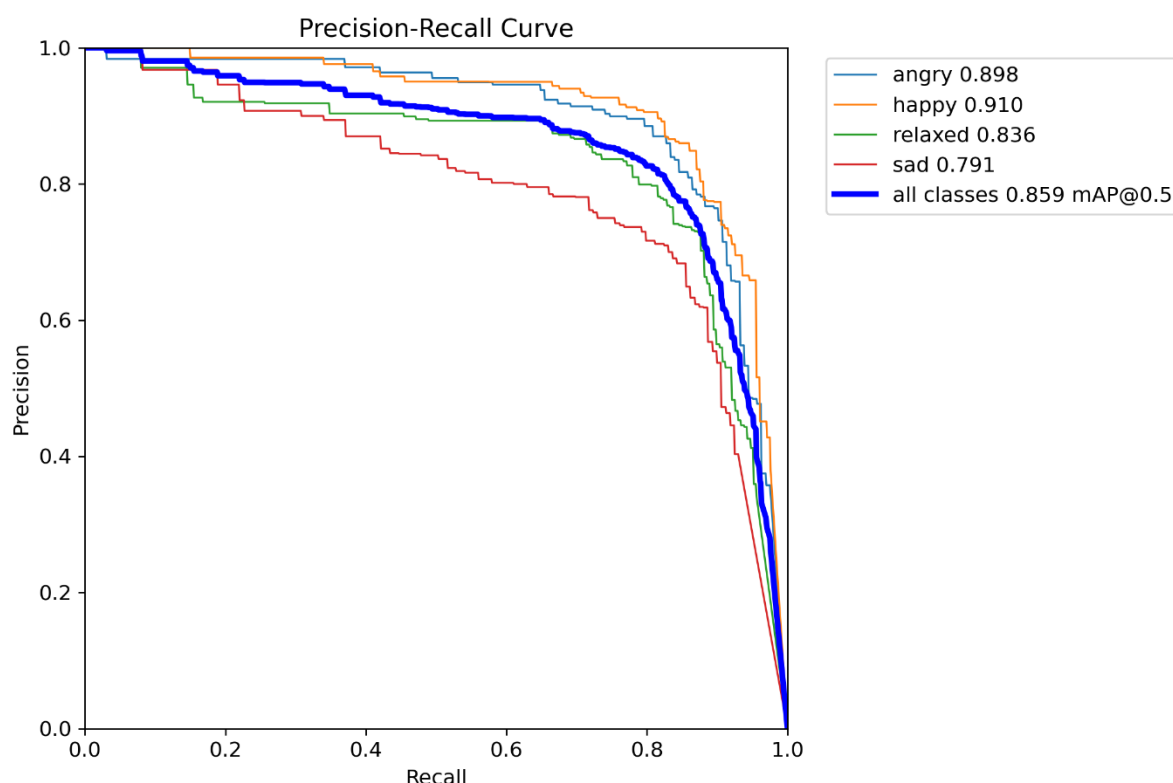


Рисунок 4.12 – Precision-Recall Curve

Одним з можливих способів прибрати можливе перенавчання, це додаткове тренування моделі на меншому дата сеті, для цього, як вже було описано раніше було взято третій менший дата сет, що мав необхідні параметри для сумісності з існуючою моделлю. Враховуючи набагато менший розмір набору даних було проведено лише 3 епохи тренування, як можна бачити на рисунку 4.13, що представляє результати тренування, точність зросла швидко та досягла високих результатів валідаційні дані також показують схожий результат, отже можна зробити висновок, що додаткове тренування на додатковому маленькому наборі допомогли моделі позбутися невеликого перенавчання, що з'явилося під час другого тренування.

На рисунку 4.14 продемонстровано, що при збільшенні кількості епох до п'яти хоча можна отримати вищі результати точності на тренувальному сегменті даних, валідаційні дані вказують на те що такі результати можуть вказувати на перенавчання, що враховуючи малий розмір дата сету дуже ймовірно. Задля уникнення цього в подальшому буде використано попередню ітерацію моделі.

Таким чином можна знизити рівень перетренування на минулому наборі даних, забезпечуючи коректну роботу моделі на нових даних при використанні у системі для дистанційного нагляду за домашніми тваринами.

Ще однією помітною проблемою, що можна побачити аналізуючи результати другого тренування, це низька точність при визначенні класу sad.

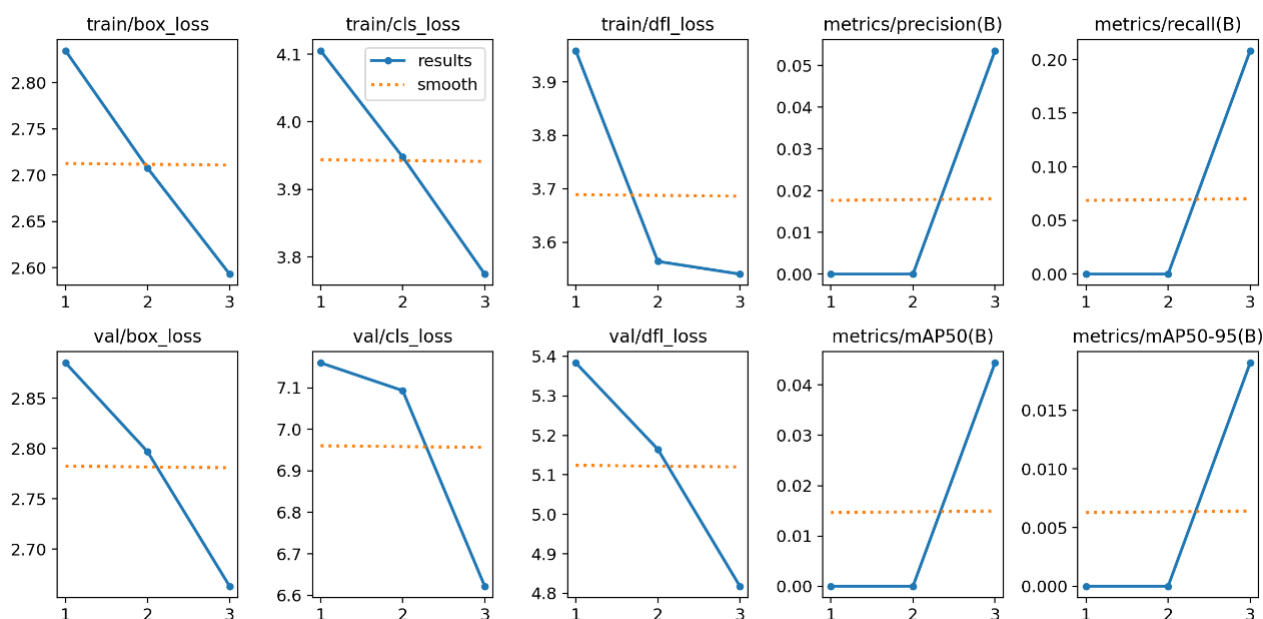


Рисунок 4.13 – Загальні результати для першої версії третього тренування

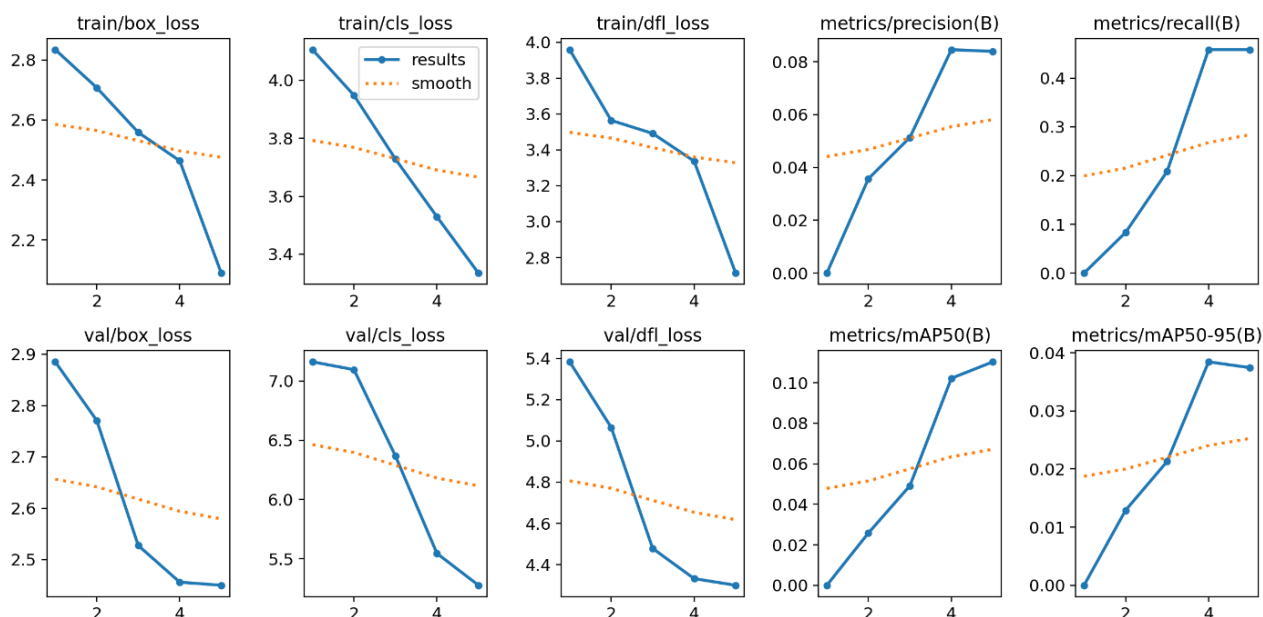


Рисунок 4.14 – Загальні результати другої версії для третього тренування

Оскільки можливість визначення негативний стан тварини є критично важливим при створенні системи візуальної діагностики було проведено, ще одне тренування. Проаналізувавши матрицю confusion matrix на рисунку 4.2, можна зробити висновок, що за першого навчання модель часто плутає клас sad з класом relaxed, тому буде створено набір даних з що фокусується на цих двох класах, щоб підвищити точність розпізнавання моделлю цих двох класів.

Спираючись на досвід попереднього тренування було використано обмежену кількість епох тренування, всього 15. Результати представлені на рисунку 4.15. Як можна бачити, хоча результати демонструють в загальному позитивний результат, результати сильно відрізняються за епохами та мають багато, так званого, шуму. Враховуючи це було прийнято рішення провести це тренування повторно зі значно більшою кількістю епох – 50. Результати представлені на рисунку 4.16.

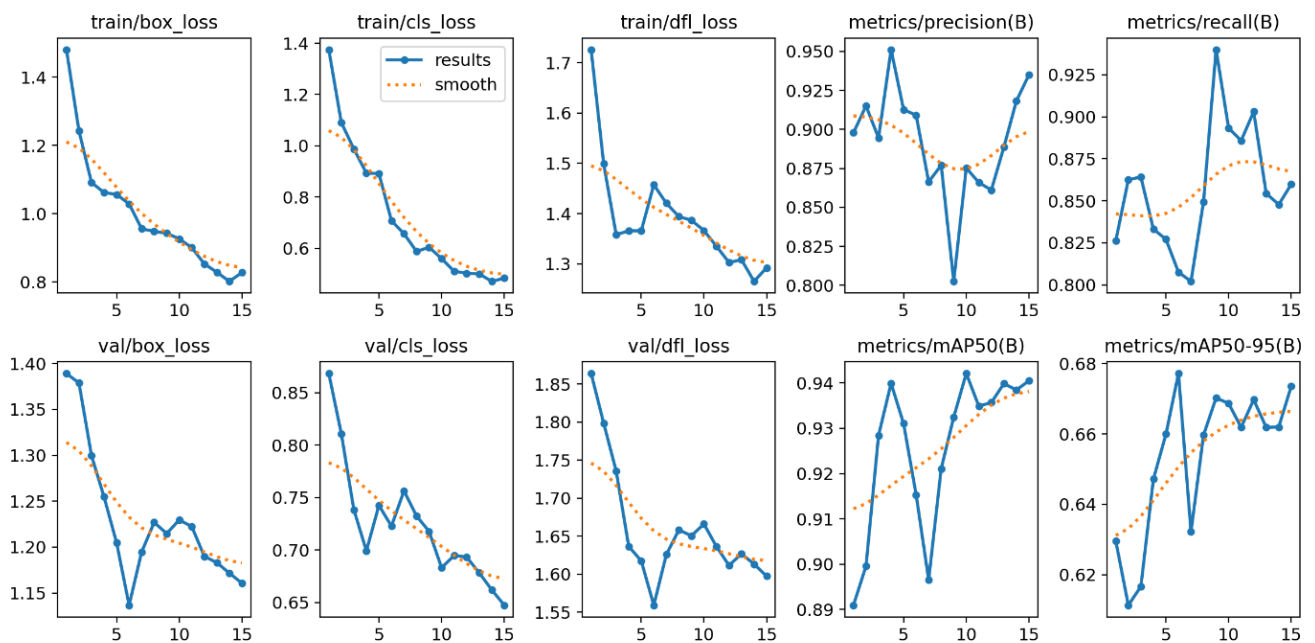


Рисунок 4.15 – Перша версія четвертого тренування

Як можна бачити зі збільшеною кількістю епох, змінення значень відбувається більш рівномірно. Тим не менше при більш детальному дослідженні результатів представлених на рисунку 4.16 можна побачити, що результати цього тренування не є найбільш оптимальними та вимагають змін. На графіках втрат на

тренувальних даних можна бачити різке падіння після 40 епохи, в той же час показники втрат при визначенні валідаційних даних починають рости після 30/35 епохи.

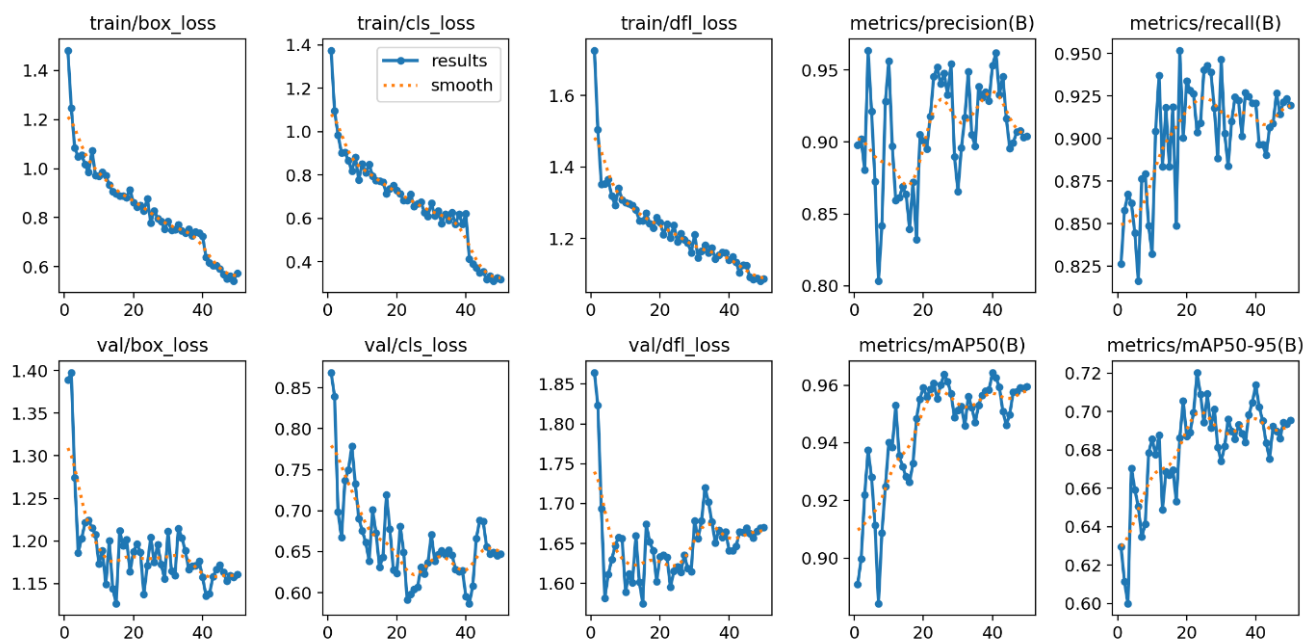


Рисунок 4.16 – Друга версія четвертого тренування

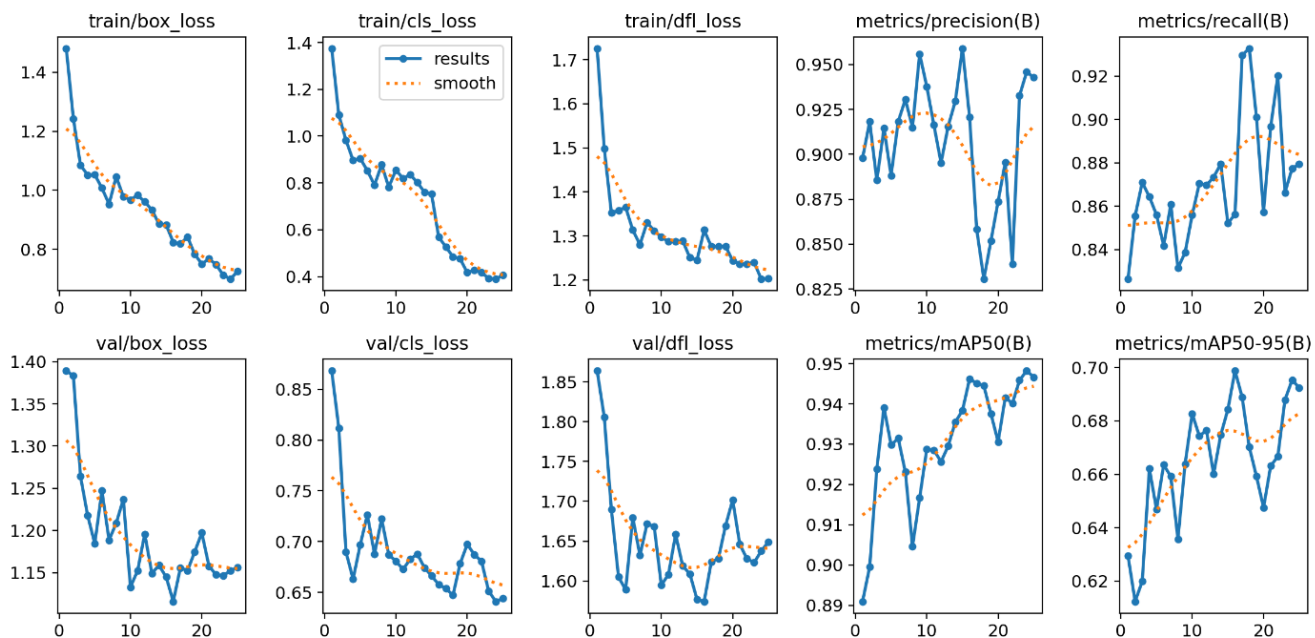


Рисунок 4.17 – Третя версія четвертого тренування

Можна констатувати факт перенавчення моделі, тому ця ітерація моделі теж не буде використана, а метод тренування буде змінено для проведення успішного

тренування використовуючи інформацію отриману з неуспішних спроб.

Для забезпечення цього замість зміни кількості епох було змінено швидкість навчання моделі на кожній епосі (learning rate) тобто зменшивши силу з якою модель змінює свої ваги при навчанні на нових даних, таким чином отримаємо результати, що мають загалом доволі позитивний результат, без явних проявів перенавчення. Втрати відносно рівномірно знижуються на тренувальних та на валідаційних, в той час як значення інших метрик, хоча і все ще не стабільно, зростають. Результати можна більш детально побачити на рисунку 4.17. Для більш детального розуміння змін внесених до моделі за четвертого тренування варто ознайомитися з графіками функцій. На рисунку 4.18 представлений графік F1-Confidence кривої. Порівнюючи її з графіком кривої отриманої при попередньому керуванні(рис. 4.9), можна бачити позитивне збільшення точності при визначенні всіх класів, з оптимальним значенням впевненості моделі 0.45, при якому модель надає коректні результати класифікації у 87% випадках.

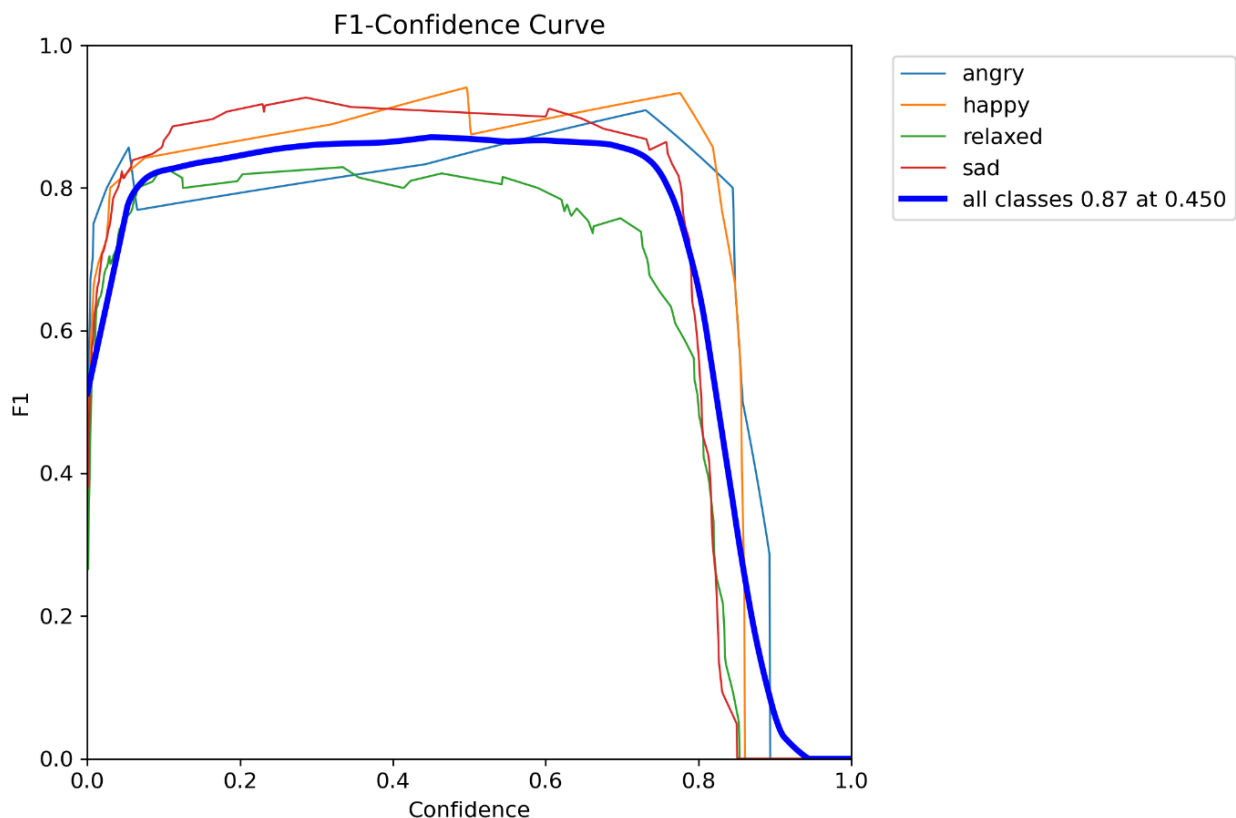


Рисунок 4.18 – F1-Confidence Curve

Ще однією кривою на якій видно покращення роботи моделі після останнього тренування є крива Precision-Confidence Curve представлена на рисунку 4.19.

Згідно інформації наданої на цьому графіку всі передбачення, що модель з впевненістю 0.852 або більше є правильними.

Для порівняння для минулої версії моделі значення впевненості визначення моделі мало бути близько 0.97 для досягнення подібного результату як можна бачити на рисунку 4.10.

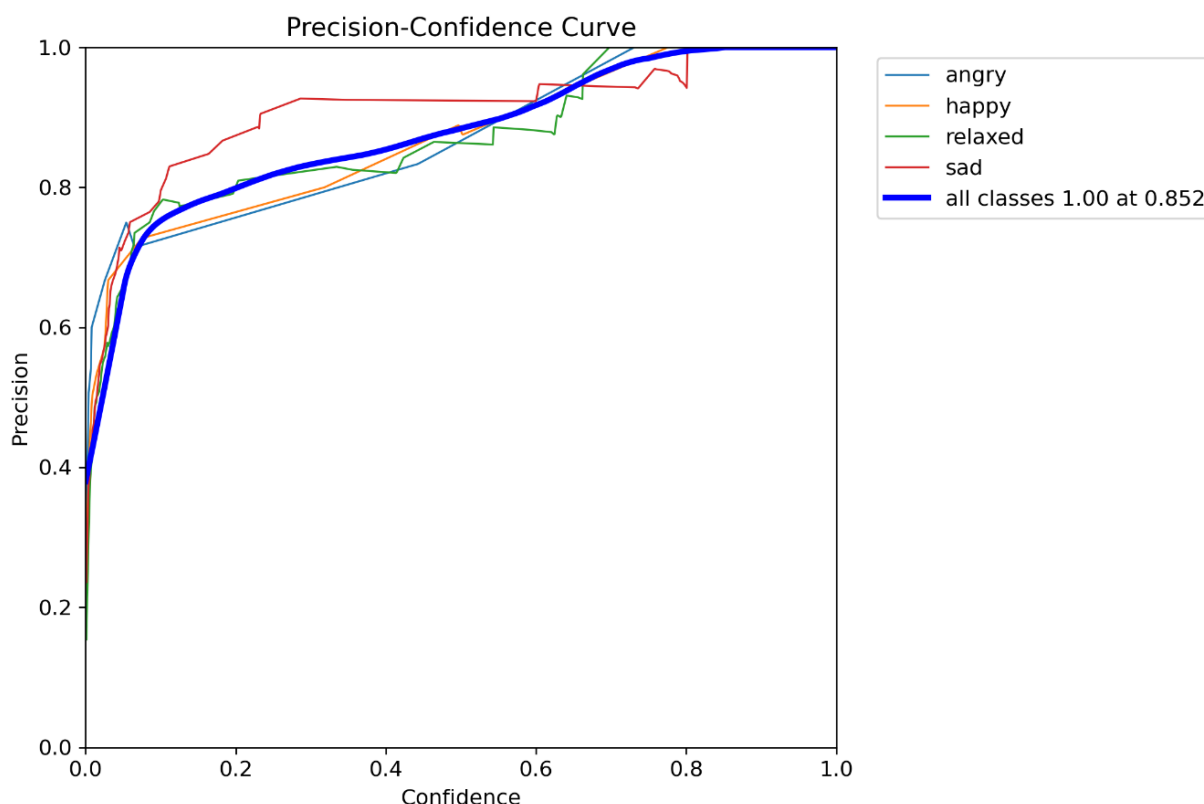


Рисунок 4.19 – Precision-Confidence Curve

На рисунку 4.20 представлено результати роботи моделі для більш наочної візуалізації результатів. На рисунку можна бачити колаж з 16 різних фото собак в різних емоційних станах з валідаційної вибірки набору. Незважаючи на різні ракурси, відмінні породи собак та трохи варіативне освітлення на фото, модель коректно визначає емоційний стан тварин і при цьому робить це з високою впевненістю. Це також свідчить про високу точність моделі та задовільні значення тренування.

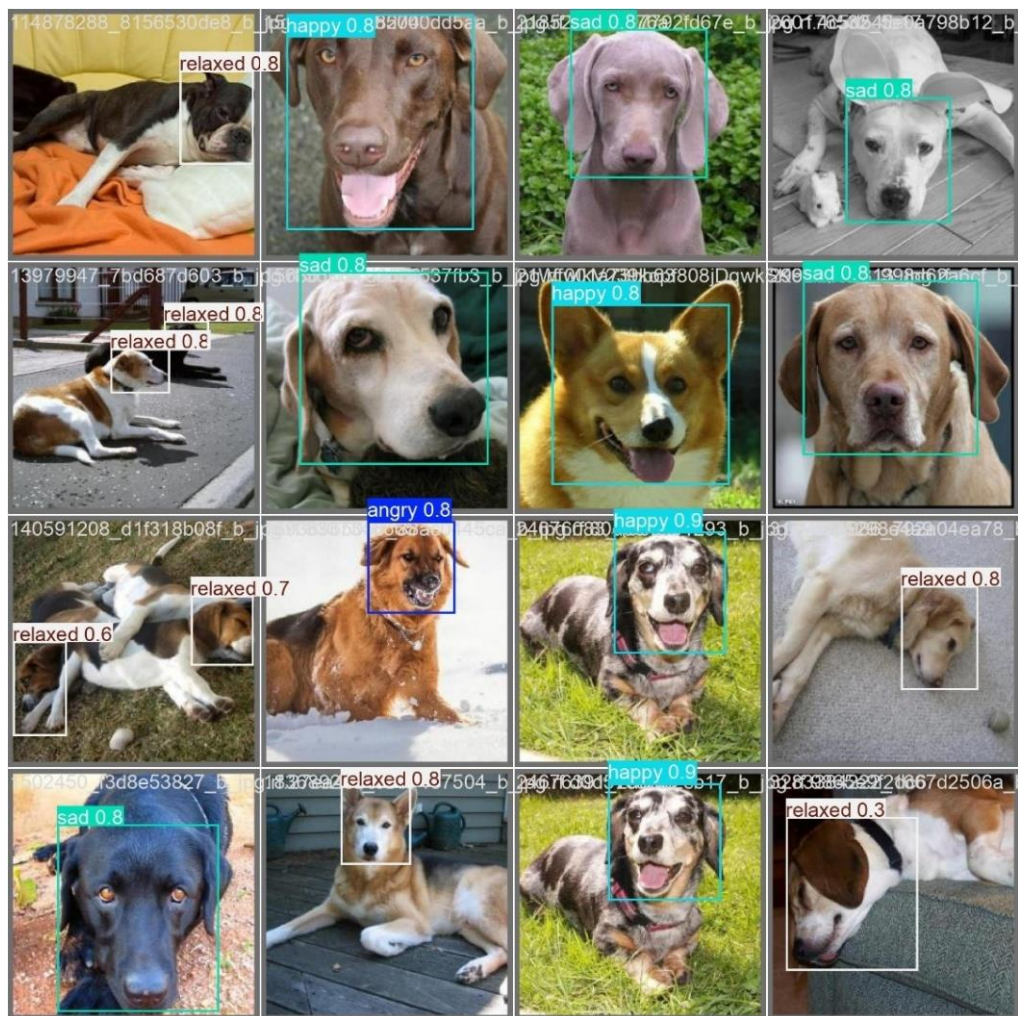


Рисунок 4.20 – Демонстрація роботи моделі

4.2 Функціональне тестування системи

4.2.1 Тестування функції визначення емоційного стану з відеозапису

На екрані пристрою на якому відбувається аналіз з'явиться віконце та почнеться аналіз відеозапису в реальному часі(рис. 4.21 та рис. 4.22). Користувач має змогу бачити клас що модель визначила та з якою впевненістю було зроблено передбачення. Після завершення аналізу з'явиться відповідний список (рис. 4.23) з переліком всіх визначених класів та з відповідним часом визначення цих класів.

Завантажити відео можна з будь-якого пристрою підключеного до локального серверу, тобто будь-якого пристрою, що знаходиться в одній мережі з сервером. Оскільки в будинках та в квартирах всі пристрої зазвичай підключені до одної мережі, це дозволяє спростити завантаження відео для аналізу, оскільки

немає потреби переміщувати відеофайл між пристроями, щоб завантажити його на сервер.

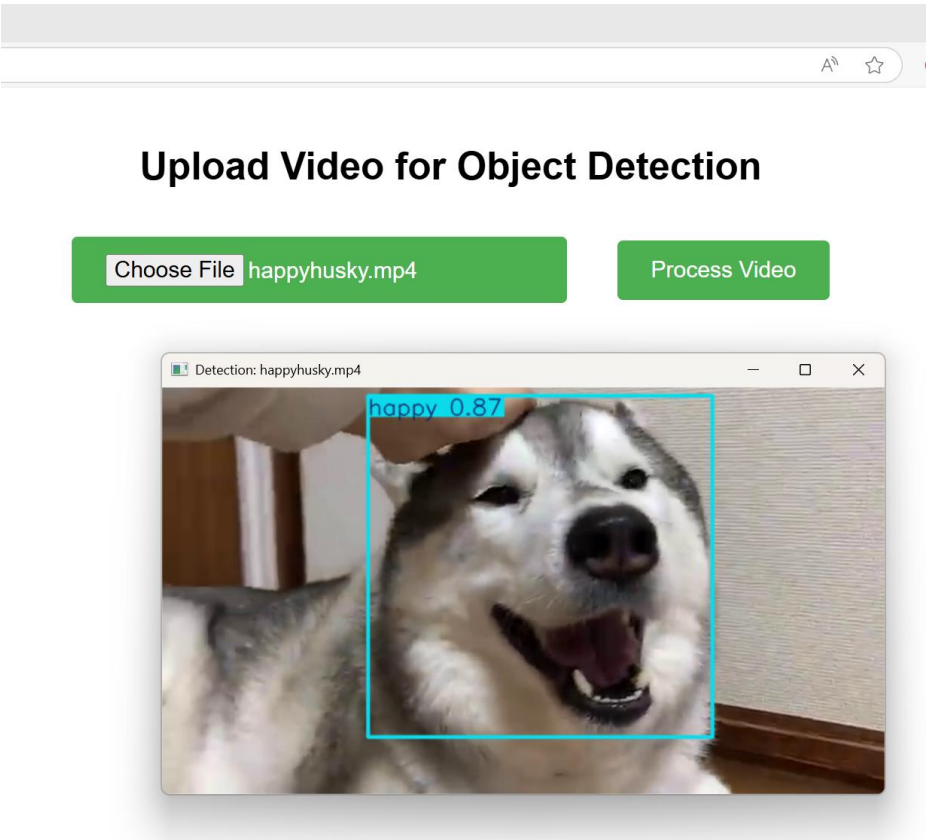


Рисунок 4.21 – Аналіз відео

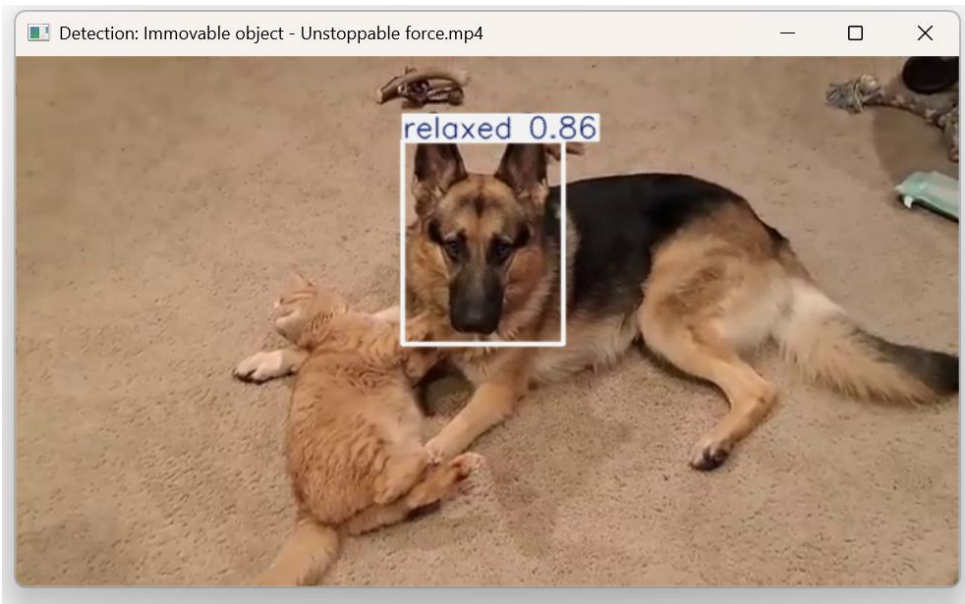


Рисунок 4.22 – Аналіз відео

Detection Summary

Processed: happyhusky.mp4

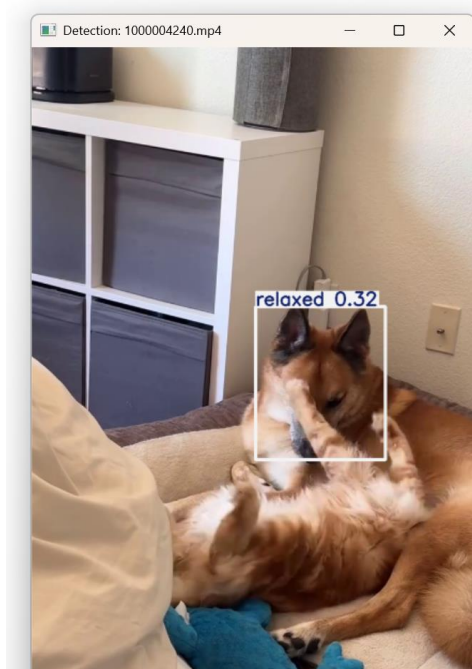
[back to the home page](#)

1. 0.0s	sad
2. 0.03s	happy
3. 0.03s	sad
4. 0.07s	sad
5. 0.1s	sad
6. 0.13s	sad
7. 0.17s	sad
8. 0.2s	sad
9. 0.23s	sad
10. 0.27s	happy
11. 0.3s	sad
12. 0.33s	sad
13. 0.37s	sad
14. 0.4s	angry
15. 0.43s	angry
16. 0.47s	angry
17. 0.5s	angry
18. 0.53s	happy
19. 0.53s	angry
20. 0.57s	happy
21. 0.6s	happy
22. 0.63s	happy
23. 0.63s	angry
24. 0.67s	happy
25. 0.7s	happy
26. 0.73s	happy
27. 0.77s	happy
28. 0.8s	happy
29. 0.8s	angry
30. 0.83s	happy
31. 0.87s	happy
32. 0.9s	happy
33. 0.93s	happy
34. 0.97s	happy
35. 1.0s	happy
36. 1.03s	happy
37. 1.07s	happy

Рисунок 4.23 – Звіт аналізу відео

Схожим чином відбувається аналіз відео завантаженого на сервер з іншого пристрою, наприклад з мобільного пристрою.

На рисунку 4.24 можна бачити результат аналізу відео, як можна бачити, незважаючи на те що зображення не чітке та частково перекрите, модель здатна коректно знайти та ідентифікувати об'єкт. Нижче на рисунку 4.25 можна бачити звіт з аналізу. Звіт аналізу надається на пристрій, з якого було завантажено відео, щоб навіть у випадку неможливості перегляду аналізованого відео користувач мав змогу отримати інформацію про визначення настрою хоча б у текстовому форматі.



Object Detection System

Process Video File

Live Camera Detection

Рисунок 4.24 – Аналіз відео

04:12 41%

192.168.0.105:5000/vi

Detection Summary

Processed: 1000004240.mp4

[back to the home page](#)

1. 0.33s	relaxed
2. 0.5s	relaxed
3. 0.53s	relaxed
4. 0.57s	relaxed
5. 0.6s	relaxed
6. 0.7s	relaxed
7. 0.73s	relaxed
8. 0.77s	relaxed
9. 0.8s	relaxed
10. 0.83s	relaxed
11. 0.87s	relaxed
12. 0.97s	relaxed
13. 1.07s	relaxed
14. 1.1s	relaxed
15. 1.13s	relaxed
16. 1.2s	relaxed
17. 1.3s	relaxed
18. 1.33s	relaxed
19. 1.37s	relaxed
20. 1.4s	relaxed
21. 1.43s	relaxed
22. 1.47s	relaxed
23. 1.5s	relaxed

Рисунок 4.25 – Звіт аналізу відео

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК11.250БАК.006 ПЗ

Арк.

67

4.2.2 Тестування функції визначення емоційного стану з відеокамери

При виборі опції відео аналізу з камери, ввімкнеться веб-камера то почнеться аналіз відео, крім цього на сторінці знаходиться текстове поле, що визначає відстань від камери до об'єкта дослідження та його розташування відносно центру камери, а також поле що демонструє напрям у якому слід рухати камеру для розміщення об'єкту дослідження у центрі кадру та забезпечення найвищих шансів на отримання достовірних результатів визначення стану тварини.

Для проведення тестування буде потворено дії користувача описані діаграмою послідовності на кресленику ІК11.025БАК.006 Д2 та продемонстровано результати використання програми, що і користувачу у цьому сценарії.

Для відкриття камери системі необхідний час, тривалість затримки залежить від технічних характеристик, але не має тривати більше кількох секунд. В цей час, поки користувач чекає, текстове поле виводить повідомлення про успішне з'єднання, як можна бачити на рисунку 4.26.

Live Detection

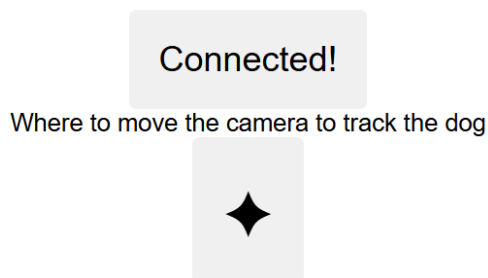


Рисунок 4.26 – Підключення успішне

Далі на рисунках 4.27 – 4.29 можна бачити приклади роботи системи з відео з камери, та відповідні повідомлення про відносне розташування об'єкту.

На рисунках 4.27, 4.28 та 4.29 можна бачити три різних варіанти визначення відстані від камери до об'єкту. Ці стани визначаються обраховуючи розміри визначених границь об'єкту відносно розміру кадру з відеофайлу. Схожим чином вираховується в розташування об'єкту відносно центру.

На рисунку 4.27 можна бачити що в другому текстовому полі знаходиться стилізований ромб, цей символ вказує на те що тварина знаходиться прямо перед камерою, і у випадку встановлення системи на робота асистента, дає програмі знати що камера роботу знаходиться у оптимальному положенні та, на разі, не потребує подальших рухів.

На рисунках 4.28 та 4.30 можна бачити що стилізований ромб замінився на прості стрілки, горизонтальну та вертикальну, на рисунку 4.29 можна бачити що система також має змогу визначати більш складні напрями. Всього є вісім можливих напрямів стрілки для повороту камери робота для переміщення у положення, що буде найбільш оптимальним та вигідним для визначення емоційного стану домашніх тварин.

Live Detection

Distance status: Normal ||| Position status: centre - centre

Where to move the camera to track the dog

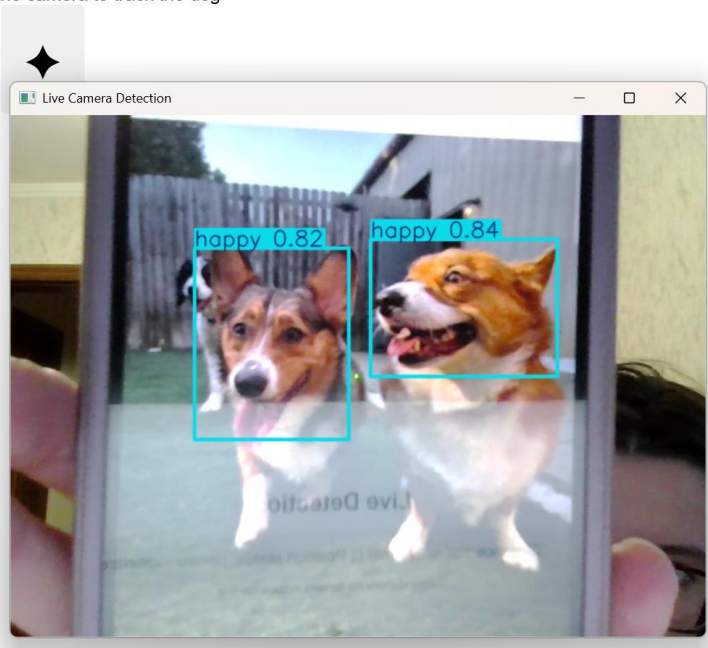


Рисунок 4.27 – Приклад визначення

При визначенні попередньо заданого класу на смартфон буде надіслане повідомлення, при натисканні на повідомлення можна одразу відкрити додаток. На рис. 4.31 можна бачити фрагмент скріншоту, що демонструє повідомлення.

Також система має елементарний функціонал що дозволяє користувачу побачити

Live Detection

Distance status: Close ||| Position status: left - centre

Where to move the camera to track the dog

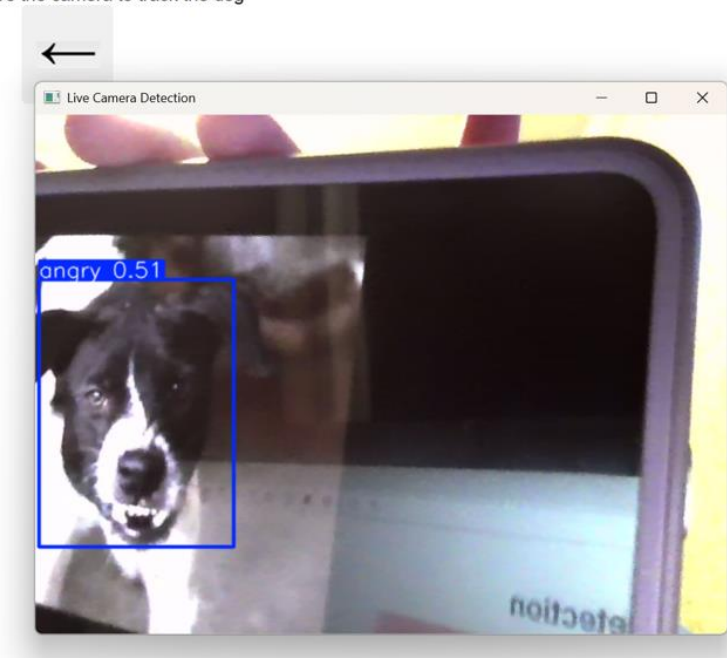


Рисунок 4.28 – Приклад визначення

Live Detection

Distance status: Normal ||| Position status: right - top

Where to move the camera to track the dog

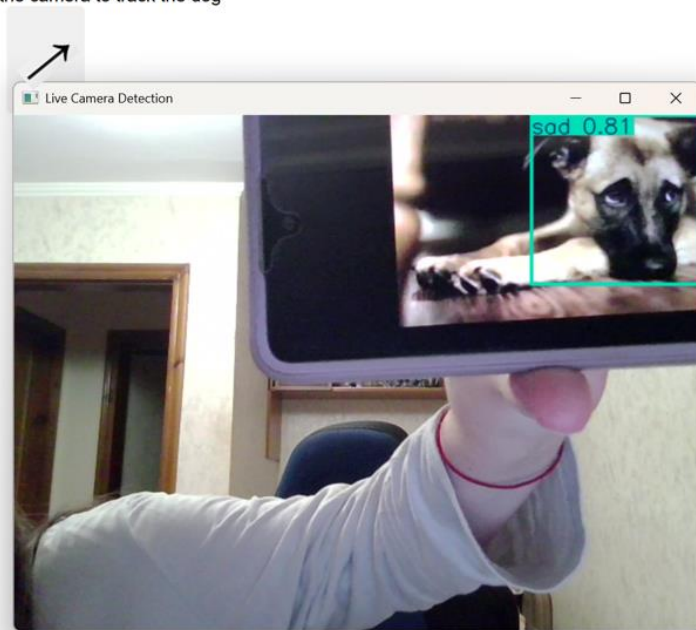


Рисунок 4.29 – Приклад визначення

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ІК11.250БАК.006 ПЗ

Арк.

70

текст, що повідомляє про помилку що виникла в системі. На рисунку 4.32 зображено повідомлення, що висвітилося на сторінці сервера, після вимкнення програми, що виконує роботу серверної частини системи.

Live Detection

Distance status: Far ||| Position status: centre - top

Where to move the camera to track the dog

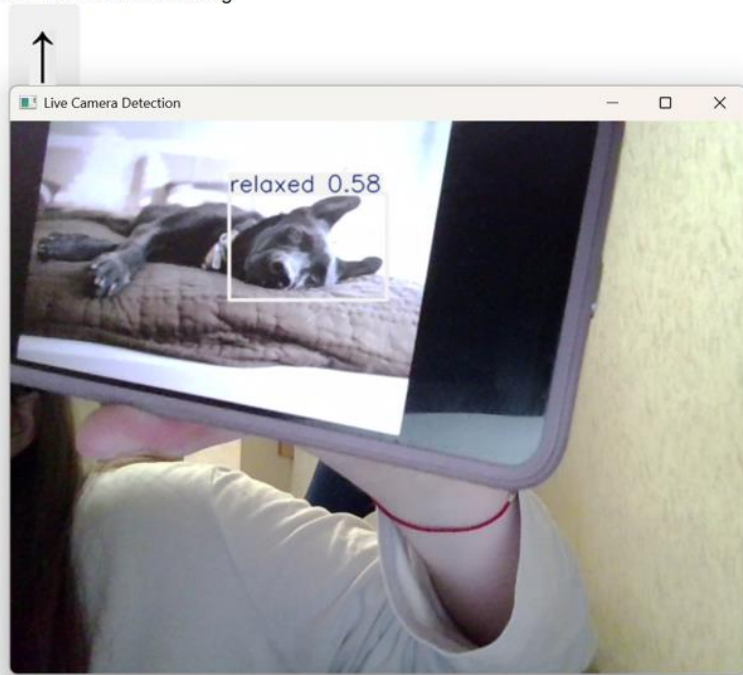


Рисунок 4.30 – Приклад визначення

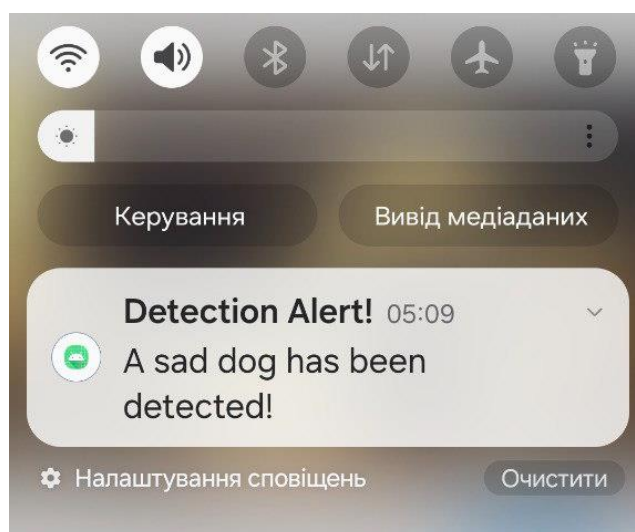


Рисунок 4.31 – Повідомлення

Live Detection

Connection Error: websocket error

Where to move the camera to track the dog



Рисунок 4.32 – Підключення завершено

Висновок до розділу 4

На основі наданих результатів тренування, наданих спеціальною бібліотекою від розробників основної моделі, натренованої моделі було проведено аналіз точності створеної моделі. В цьому розділі було проведено детальний аналіз результатів тренування моделі для визначення емоційного стану собак та тестування функціональності системи.

Було розглянуто графіки точності, яка було продемонстрована моделлю під час тренування та загальні графіки функцій відношення основних показників якості детекції моделі та показника впевненості у зроблених моделлю детекцій.

Проаналізувавши результати можна стверджувати, що модель показує високі результати точності та якості детекції та крім того має високу впевненість у зроблених передбаченнях класів та їх розташування. Тренування було проведено з успішним результатом.

У другому пункті розділу було оглянуто різні можливі варіанти використання системи користувачем. Процес тестування функції аналізу відео потоку, що є основною функцією системи, представлена у вигляді UML діаграми послідовності на кресленику ІК11.250БАК.006 Д2.

На згаданій діаграмі можна бачити різноманіття запропонованого системою функціоналу від класифікації до вимірювання відстані та розташування домашньої

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

тварини в кадрі, що розраховується використовуючи параметри вікна що відображає результат детекції та координати обмежувальної рамки.

Ці координати були отримані та розраховані через бібліотеку CV2 мови програмування python і базується на припущенні що обмежувальні рамки будуть коректно розташовані на морді собаки, а результати раніше проведених досліджень точності дозволяють зробити таке припущення з певною впевненістю. Таким чином чим ближча собака тим більшою буде обмежувальна рамка, що класифікуватиме емоційний стан собак. Відстані було розділено на три можливі: близько, нормально, далеко, для спрощення можливої подальшої ітерації з мобільним роботом. Схожим чином проводиться визначення розташуванням на кадрі.

Створена та функціонально протестована модель дозволяє користувачу проводити відео аналіз з камери та отримувати сповіщення про виявлення специфічного класу, також представлена можливість аналізу вже записаного відео для більш гнучкого спектру можливостей використання системи. Відео можна завантажити з майже будь-якого пристрою за умови перебування з сервером у одній локальній мережі та підключення до веб-сторінки цього локального серверу.

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В цьому проекті було детально розглянуто та визначено ступінь можливої необхідності та можливого попиту на створення інформаційної системи для визначення емоційного стану домашніх собак.

Було розглянуто причини які роблять таку систему необхідною та можуть спростити догляд за домашніми тваринами та підвищити його якість, створюючи умови для надання вищезгаданого догляду та нагляду дистанційно. Потреба у дистанційному нагляді за домашніми тваринами може виникнути при відсутності власників, через неможливість прямої комунікації власників з підопічними тваринами. В роботі також розглянуті дослідження що вказують на можливі проблеми що недосвідчені власники можуть мати з виявленням та класифікацією емоцій свої собак.

Розглянуто декілька різних вже існуючих рішень популярних на ринку на даний момент, було досліджено та описано основний функціонал представлених робототехнічних систем, що невідпосередковано стосується нагляду та догляду за домашніми собаками та котами. Було відзначено, що деякі моделі використовують моделі об'єктної детекції III, для визначення присутності або локалізації котів та собак у просторі, тим не менше жодне з представлених рішень не пропонує проведення більш детальної класифікації емоційного стану тварин, пропонуючи власнику самостійно визначати настрій своїх улюбленців за допомогою відеотрансляції. Деякі з представлених рішень застосовують технології штучного інтелекту для детекції звуків гавкання та скиглення собак, що свідчить про зацікавленість у технологіях для визначення емоційного стану домашніх тварин.

У розділах було розглянуто функціональні та нефункціональні вимоги до описаної інформаційної системи і різні технології, платформи та засоби, використання яких допоможе досягнути заданих вимог до системи. Основою системи є модель III для об'єктної детекції на фото та відео YOLO. Була обрана версія v11, так як на даний момент це найсучасніша версія та має найкращі заявлені розробниками результати на датасеті COCO, та розмір s (скорочене англійське

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

слово small, тобто маленький). Вибір маленького розміру зобумовлений тим що пріоритетно функцією системи є аналіз з відеокамери та отримання результатів аналізу з найменшою можливою затримкою в часі. Використання цієї моделі дозволяє задовольнити нефункціональну вимогу швидкості системи.

Для тренування моделі під задачу проекту було обрано різні набори даних, для отримання найкращого результату за рахунок збільшення кількості тренувальних даних. Всі набори мали однакові параметри класів, що було необхідно для їх сумісності. Було проведено декілька послідовних тренувань з відстеженням проміжних результатів та корекції параметрів з якими проводилися тренування у разі незадовільного результату. Загальний алгоритм за яким було здійснено тренування можна побачити на кресленику ІК11.250БАК.006 Д3

Також було створено програму що створює інтерфейс, що дозволяє взаємодіяти з моделі у більш зручний спосіб. Користувач може запустити детекцію з камери або завантажити відео з будь-якого пристрою, що підключений до сервера, лише натиснувши кнопку, це задовольняє встановлені раніше нефункціональну вимогу зручності.

Було проведено тестування якості та точності передбачень моделю, та визначено такі результати як більш ніж задовільні.

Загальну структуру моделі можна бачити на кресленику ІК11.250БАК.006 Д4, на схемі систему умовно розділено на користувацьку та серверні частини, розподіляючи функції та можливості між ними, а також зображено функціональні зв'язки між ними.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Health for Animals global animal health association: Global State of Pet Care: Stats, Facts and Trends URL: <https://healthforanimals.org/reports/pet-care-report/global-trends-in-the-pet-population/#ownership>
2. vca animal hospitals: Separation Anxiety in Dogs URL: <https://vcahospitals.com/know-your-pet/separation-anxiety-in-dogs>
3. Kinship: We're not as good at reading our dogs' emotions as we thought, study finds. URL: <https://www.kinship.com/news/humans-reading-dog-emotions-study>
4. ScienceDaily Humans' ability to read dogs' facial expressions is learned, not innate URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/11/191111105001.htm>
5. Psychiatrist.com Humans Struggle to Accurately Read Dogs' Emotions URL: <https://www.psychiatrist.com/news/humans-struggle-to-accurately-read-dogs-emotions/>
6. PCMag: Eufy E220 Indoor Cam Review URL: <https://www.pcmag.com/reviews/eufy-indoor-cam-2k-pan-tilt>
7. PCMag: Furbo 360 Dog Camera Review URL: <https://www.pcmag.com/reviews/furbo-360-dog-camera>
8. PCMag: Furbo 360 Cat Camera Review URL: <https://www.pcmag.com/reviews/furbo-360-cat-camera>
9. enabot: ROLA PetPal Robot Pet Companion URL: <https://www.enabot.com/products/rola-petpal-robot-pet-companion>
10. Smartpaw: Skymee Owl Robot Pet Camera & Pet Treats Dispenser
URL: <https://www.sgsmartpaw.com/products/skymee-owl-robot-camera-treats-dispenser>
11. Ready: Tensor Comparing YOLOv8, SSD, and Faster-RCNN for Real-Time Object Detection URL: <https://app.readytensor.ai/publications/comparing-yolov8-ssd-and-faster-rcnn-for-realtime-object-detection-IbA4gAvuaYW8#conclusion>
12. i3international: You Only Look Once (YOLO): The Best Model for AI-Integrated Video Analytics? URL:

<https://www.i3international.com/resources/media/yolo-the-best-model-for-ai-integrated-video-analytics>

13. Appliance: Retailer Two-thirds of households own at least one smart home device URL: <https://www.applianceretailer.com.au/two-thirds-of-households-own-at-least-one-smart-home-device/>

14. EBO Air 2 Plus Companion Robot URL: <https://www.enabot.com/collections/ebo-robots/products/ebo-air-2-plus-family-companion-robot>

15. Moorebot: Moorebot Scout - The Tiny AI-Powered Mobile Robot for Home Monitoring URL: https://www.moorebot.com/products/moorebot-scout?srsltid=AfmBOormYfQyb8J1DN7dHCb7edK8_dArWPs8MMcPzmUR-PByNfXhDab1

16. arxiv: YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements URL: <https://arxiv.org/html/2410.17725v1>

17. Вікіпедія: OpenCV URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/OpenCV>

18. Вікіпедія: Flask URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Flask>

					ІК11.250БАК.006 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		